

Jens Schröter, Tristan Thielmann u.a. (Hg.)
Navigationen: Display II – digital
2007

<https://doi.org/10.25969/mediarep/2146>

Veröffentlichungsversion / published version
Teil eines Periodikums / periodical part

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Schröter, Jens; Thielmann, Tristan (Hg.): *Navigationen: Display II – digital*, Jg. 7 (2007), Nr. 2. DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/2146>.

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under a Deposit License (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual, and limited right for using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute, or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the conditions of use stated above.

Jg. 7, H. 2, 2007

NAVI

GATIONEN

Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften

Tristan Thielmann / Jens Schröter (Hrsg.)
Display II: Digital

NAVI GATIONEN

Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften

IMPRESSUM

HERAUSGEBER:

Peter Gendolla
Sprecher des Kulturwissenschaftlichen
Forschungskollegs 615
"Medienumbrüche"

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT:

Knut Hickethier, Klaus Kreimeier,
Rainer Leschke, Joachim Paech

REDAKTION:

Andreas Käuser, Christoph Meibom,
Susanne Pütz, Georg Rademacher

UMSCHLAGGESTALTUNG UND

LAYOUT: Susanne Pütz
TITELBILD: Samsung Electronics GmbH

DRUCK:

Majuskel Medienproduktion, Wetzlar

REDAKTIONSADRESSE:

Universität Siegen
SFB/FK 615 "Medienumbrüche"
57068 Siegen
Tel.: 0271/740 49 32
Info@fk615.uni-siegen.de

Schüren Verlag GmbH
Universitätsstraße 55
D-35037 Marburg
www.schueren-verlag.de

Erscheinungsweise zweimal jährlich

Preis des Einzelheftes: € 13,-
Preis des Doppelheftes: € 22,-
Jahresabonnement: € 20,-
Jahresabonnement
für Studierende: € 14,-

ISSN 1619-1641
ISBN 3-89472-548-8

Diese Arbeit ist im Kulturwissenschaftlichen Forschungskolleg 615 der Universität Siegen entstanden und wurde auf seine Veranlassung unter Verwendung der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellten Mittel gedruckt.

Tristan Thielmann / Jens Schröter (Hrsg.)



DISPLAY II
DIGITAL

SCHÜREN

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

INHALT

Jens Schröter und Tristan Thielmann	
Display II: Digital – Einleitung	7
Arno Schubbach	
„... a display (not a representation)...“	
Zur Sichtbarmachung von Daten	13
Ivan E. Sutherland	
Das ultimative Display	29
Jens Schröter	
Von grafischen, multimedialen, ultimativen und operativen Displays.	
Zur Arbeit Ivan E. Sutherlands.....	33
Martina Leeker	
Die Bühne als Display. Prekäre Trennschärfen zwischen	
kontinuierlichem Messen und diskretem Zählen	49
Andreas Kolb, Christof Rezk-Salama, Jochen Venus	
Displaying Interplay. Entwicklungstrends der	
Mensch-Maschine-Interaktion	71
Dennis Ray Vollmer	
Does it have to be 3D? Zum Phänomen der 3D-Technologie	
in Computerspielen	87
Axel Volmar	
Die Anrufung des Wissens. Eine Medienepistemologie	
auditorischer Displays und auditiver Wissensproduktion	105
Jochen Koubek	
E-Paper is Tomorrow.....	117
Robert A. Freitas Jr.	
Das nanorobotische Hautdisplay	133

Tristan Thielmann
 Nanomedien: Der dritte Medienbruch?
 Ein Interview mit dem Nanoforscher Robert A. Freitas Jr..... 139

Fokus Medienumbrüche 147

Rüdiger Campe
 Medium als Selbstaffektion..... 149

Andreas Käuser
 Moderne – Medien – Ästhetik 165

Autoren 185

DISPLAY II: DIGITAL – EINLEITUNG

VON JENS SCHRÖTER UND TRISTAN THIELMANN

Nimmt man die Warteschlangen campender Fans vor Verkaufsstarts oder Premieren als Indiz für die gesellschaftliche Bedeutung eines Mediums, so musste das *Apple iPhone* eine neue Medienrevolution einläuten.¹ Nicht weniger verspricht (sich) Steve Jobs von *Apples* erstem Mobiltelefon, das seit dem 29. Juni 2007 in den USA erhältlich ist.²

Doch was steckt hinter dem „Durchbruch bei den Mini-Computern“³ und den Lobeshymnen auf die Handy-Revolution: Es ist keine besonders leistungsstarke Kamera, keine besonders ausgereifte Mail-Funktion oder Sprachqualität, noch nicht einmal MMS-Versand und -Empfang ist mit dem *iPhone* möglich. Die eigentliche Neufindung ist das berührungsempfindliche 3,5 Zoll Display, über das die Bedienung ausschließlich erfolgt. Der Finger ist die Maus, Tasten gibt es keine.⁴ So schafft die Blätterfunktion „per Fingerwisch“ sowie die Zoomfunktion per Greifbewegung von Daumen und Zeigefinger auf dem Display ein neues „Bedienerlebnis“,⁵ welches vielmehr Ivan Sutherlands *ultimate display*⁶ entlehnt zu sein scheint als dem, was wir von traditionellen Handy-Displays kennen. Dies ist nur ein Beleg für die Bedeutung, die das Display in Zusammenhang mit den digitalen⁷ Technologien, die unseren Medienalltag mehr und mehr bestimmen, erhält.

-
- 1 Die *Süddeutsche Zeitung* vergleicht die *iPhone*-Einführung mit dem Rummel um *Windows 95*. Vgl. Martin-Jung, Helmut: „iPhone. Ein Held mit Macken“, in: *sueddeutsche.de*, <http://www.sueddeutsche.de/computer/artikel/154/120999/>, 17.07.2007. Die *Welt* zieht einen Vergleich mit *Playstation 3*, *Harry-Potter*-Büchern oder einem *Krieg-der-Sterne*-Film. Vgl. Winckler, Lars: „Was Apples iPhone wirklich kann“, in: *Welt Online*, http://www.welt.de/webwelt/article979379/Was_Apples_iPhone_wirklich_kann.html, 17.07.2007.
 - 2 Vgl. Dettweiler, Marco: „Apples iTüpfelchen“, in: *FAZ.NET*, <http://www.faz.net/s/Rub117C535CDF414415BB243B181B8B60AE/Doc~EA30E8625E871462E9E39DAB54FD06C53~ATpl~Ecommon~Sspezial.html>, 17.07.2007.
 - 3 *Wall Street Journal* zitiert nach Winckler (wie Anm. 1).
 - 4 Der Trend zu tastenlosen Interfaces beginnt jetzt selbst bei Computer-Tastaturen. So kann das Layout der *Optimus Maximus* Tastatur nach den eigenen Bedürfnissen gestaltet werden, da jede Taste aus einem kleinen organischen, selbstleuchtenden Display (OLED) besteht, deren Funktion individuell zugewiesen wird. Vgl. Klaß, Christian: „Optimus Maximus – OLED-Tastatur für 1.564. US-Dollar“, in: *Golem.de*, <http://www.golem.de/0704/51972.html>, 17.07.2007.
 - 5 Burr, Hans-Martin: „i of the Tiger“, in: *Computer Bild*, Nr. 15, 2007, S. 3.
 - 6 Vgl. Ivan E. Sutherland und Jens Schröter in diesem Heft.
 - 7 Zur Schwierigkeit der Unterscheidung analog/digital siehe Schröter, Jens: „Analog/digital – Opposition oder Kontinuum?“, in: ders./Böhnke, Alexander (Hrsg.): *Analog/Digital – Opposition oder Kontinuum? Zur Geschichte und Theorie einer Unterscheidung*, Bielefeld

Auch in die Entwicklung des elektronischen Papiers ist zuletzt Bewegung gekommen.⁸ So bringen derzeit auf der Basis der *E-Ink*-Technologie immer mehr Hersteller E-Paper zur Marktreife, die sich u.a. wie Papyrus entrollen lassen und somit je nach Verwendungszweck unterschiedliche Leseflächen bieten. Dies ist auch mit dem wachsenden ökologischen Bewusstsein begründet. Durch die energieeffizienten und auch bei grellem Tageslicht lesbaren elektronischen Papiere hofft man für die erwartete Energie- und Klimakrise besser gerüstet zu sein. E-Paper, für die Marktstudien auch dieses Jahr eine rosige Zukunft vorhersagen,⁹ sind insbesondere für mobilen Anwendungen zur Darstellung von Texten, Diagrammen und Landkarten interessant. Mit dem Motorola *Motofone* ist bereits das erste Handy mit E-Paper-Display auf dem Markt. Zugleich geht der Trend zum „Zweitdisplay“¹⁰, wie auch die immer häufiger anzutreffenden Preview-Displays an Druckern belegen. Die Ubiquität und die Entgrenzung des Displays bis hin zu urbanen Großflächendisplays¹¹ zeigen, dass sich generell durch Displays die medialen Anwendungsgebiete ausweiten und zugleich deren Mobilität erhöht.¹² Offenbar kann man die gegenwärtige Medienkultur nicht mehr begreifen, wenn man ihre *Displays* nicht mehr versteht.

Im ersten Heft *Display I: Analog* wurde das ‚Display‘ in allgemeiner Weise als „die je verschiedene Seite des Mediums, die es dem je und je situierten Rezipienten zuwendet“¹³ bestimmt. Das lässt sich etwa am Beispiel von Fußballübertragungen verdeutlichen: Man konnte die verflossene Fußball-WM – z.B. live in der ARD – im Wohnzimmer oder auf einer Fanmeile oder auf dem Handy sehen. Das Medium ‚Fernsehen‘ blieb gleich, der Ort, die Form seiner Erscheinung war es nicht. Das Display entscheidet damit auch über die mögliche Kombination von Medien: Mit meinem Fernseh-Handy kann nicht nur auf das Fernsehprogramm, sondern auch auf die Telefonnetze zugegriffen werden: „Das Display ist die [...] die Anordnung, die Dis-Position, das Dispositiv, das erlaubt, auf diese verschiede-

2004, S. 7-30. Wir sind uns bewusst, dass ‚analog‘ und ‚digital‘ nur eine heuristische und keine ontologische Unterscheidung markieren.

- 8 Vgl. Jochen Koubek in diesem Heft.
- 9 Vgl. NanoMarkets: „OLED Display and Lighting Markets to Expand to \$10.9 Billion by 2012“, http://www.nanomarkets.net/news/pr_detail.cfm?PRID=200, 17.07.2007.
- 10 Ernst, Nico: „IDF: Notebook mit Zweitdisplay als E-Paper“, in: *Golem.de*, <http://www.golem.de/0704/51697.html>, 17.07.2007.
- 11 Vgl. Döring, Jörg: „Über Medienfassaden. Zur Konstruktion sozialer Räume durch das Display“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 65-83.
- 12 Vgl. Thielmann, Tristan: „Statt einer Einleitung: Eine Mediengeschichte des Displays“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 13-30.
- 13 Schröter, Jens: „Statt einer Einleitung: Versuch zur Differenz zwischen dem Medialen und dem Display“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 7-12, hier S. 9.

nen medialen Elemente neben- und miteinander zuzugreifen.“¹⁴ Dabei wurde festgehalten, dass die Anwendung des Begriffs des Displays auf analoge Medien wie z.B. das Fernsehen eigentlich eine ‚Rückprojektion‘ darstellt – beim Fernsehen spricht man eher von einem ‚Schirm‘, im Englischen bezeichnet ‚Screens‘ die Projektionsfläche im Kino sowie für Fernsehen.¹⁵ Zumindest im deutschen Sprachraum scheint sich der Begriff des ‚Displays‘ erst im Zusammenhang mit digitalen Computern ausgebreitet zu haben.¹⁶ Das ist wenig verwunderlich, *fallen doch in digitalen Medien Display und Medium selbst zusammen*. Dies unterscheidet programmierbare, ‚digitale‘ von nicht oder nur sehr wenig programmierbaren, ‚analogen‘ Technologien weit mehr als z.B. ihre Referentialität.

Haben wir im ersten Heft *Display I: Analog* die verschiedenen multimedialen Orte und Dispositive – Peepshows und Schattentheater¹⁷, urbane Membranen¹⁸, Videokunstinstitutionen¹⁹ und die sozialen Orte der Fußballweltmeisterschaft²⁰ – skizziert, an denen mediale Elemente, Körper und Gebrauchsanweisungen unter dem Display-Begriff zusammentreten, wird in diesem Heft das Display als ‚Interface‘ zu den digitalen Potentialen untersucht. Ohne ‚Oberflächen‘ und ‚Interfaces‘ sind Computer schlicht nicht zu gebrauchen. Kein mit Rechnern erzeugtes Wissen könnte verwendet oder gar angewandt werden, würde es nicht irgendwie dargestellt. Genauer: Jede Spezifizierung von Computern, z.B. als bild-, klang-²¹ oder textverarbeitende Maschine – ergo als ‚Medium‘ – setzt eine je andere Oberfläche voraus. Die „homogene Behandlung [...] von Ziffern, Zahlen und Buchstaben [...] als binäre Einheiten in und durch Computer“²² fordert geradezu die Diffe-

14 Schröter (wie Anm. 13), S. 11.

15 Zur Differenz von ‚Screen‘ und ‚Display‘ vgl. Lange-Berndt, Petra: „Expanded Television. Die Mobilisierung des Bildschirms bei Pipilotti Rist, Nam June Paik und Tony Oursler“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 104-125, hier S. 110. Vgl. auch Thielmann (wie Anm. 12), S. 14, 29.

16 Vgl. hierzu ausführlich Martina Leeker in diesem Heft.

17 Vgl. Huhtamo, Erkki: „Elements of Screenology: Toward an Archaeology of the Screen“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 31-64.

18 Vgl. Bühlmann, Vera: „Für eine Architektur kommunikativer Milieus“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 85-103.

19 Vgl. Lange-Berndt (wie Anm. 15).

20 Vgl. Stauff, Markus: „displaced – Die Fußballweltmeisterschaft als Display des zukünftigen Fernsehens“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 127-144.

21 Vgl. den Beitrag von Axel Volmar in diesem Heft.

22 Latour, Bruno: „Drawing Things Together. Die Macht der unveränderlichen mobilen Elemente“, in: Belliger, Andréa/Krieger, David J. (Hrsg.): *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld 2006, S. 259-308, hier S. 282. Merkwürdig – oder bezeichnend, dass Latour ‚Ziffern‘ und ‚Zahlen‘ erwähnt, aber nicht Bil-

renzierung von Displays, die diesen medialen Elementen je – idealiter – optimale Benutzungsmöglichkeiten zustellen. Daher sind Displays nicht nur die Orte des Zugriffs auf Medien, sondern auch technisch-diskursive Hybride. Dies wird bei digitalen Technologien erst so recht kenntlich. So gibt es keine multifunktionalen und -medialen Handys ohne eine ‚Daumenkultur‘²³ – und diese mag gerade mit Apples *iPhone* verschwinden und etwas Neuem Platz machen. Displays – und nicht Medien, es bleibt ja beim mobilen Telefon – entscheiden eben über solche Koppelungen. Sie sind mithin Hybridformen mit menschlichen und technischen Anteilen.²⁴ Statt ‚Subjekt trifft auf Objekt‘ haben wir es also ganz im Sinne Bruno Latours mit *corporate bodies* zu tun.²⁵ Besonders deutlich wird das an den ange-dachten *Dermal Displays*, die den Zugriff auf mediale Elemente unmittelbar auf die Haut der Nutzer verlagern sollen.²⁶

Aber auch historisch ist dem Display offenbar die technisch-diskursive Hybridität von Beginn an eingeschrieben. So zeigt Martina Leeker in ihrer „Theatergeschichte des Computers“, dass Inszenierungsweisen von Displays die Computer-geschichte entscheidend mitgeprägt haben. In ihrer Genealogie wird die Camou-flage zur „Kulturtechnik der Erzeugung von Medien“²⁷, die über Displays organi-siert und diskursiviert wird. Das Display ist hier nicht der Ort der Anzeige, son-der der Ort der Verdeckung des technischen Wandels vom analogen zum digi-talen Computer und der unklaren Trennschärfen in der Mensch-Maschine-Inter-aktion. Dieser Aspekt wird auch von anderen Beiträgern betont. Daher ist wohl die Aussage von Claus Pias, dass seit der Entwicklung von Computerdisplays – beginnend mit den Vektorbildschirmen des *Whirlwind*-Computers bzw. des Luft-verteidigungssystems SAGE – die Daten von ihrer Darstellung entkoppelt worden wären,²⁸ zu überdenken. Wie Arno Schubbach anhand seiner Epistemologie der Informationsvisualisierung zeigt, muss stattdessen das Display als „komplexe und

der oder Klänge... Dazu wie man Latours Überlegungen in Bezug auf Displays weiter-denken kann vgl. Thielmann, Tristan: „Der ETAK Navigator: *Tour de Latour* durch die Mediengeschichte der Autonavigationssysteme“, in: Kneer, Georg u.a. (Hrsg.): *Bruno Latours Kollektive. Kontroversen zur Entgrenzung des Sozialen*, (voraussichtlich) Frankfurt a.M. 2008.

- 23 Vgl. Glotz, Peter u.a. (Hrsg.): *Daumenkultur: Das Mobiltelefon in der Gesellschaft*, Bielefeld 2006.
- 24 Bühlmann (wie Anm. 18), S. 100ff. spricht auch von „Quasi-Spezies“ oder „oiko-biotischen Organismen“.
- 25 Vgl. Latour, Bruno: *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wis-senschaft*, Frankfurt a.M. 2002, S. 211ff. Lange-Berndt (wie Anm. 15), S. 111 versteht Displays auch als ‚plastische Körper‘.
- 26 Vgl. den Beitrag von Robert A. Freitas Jr. und sein Interview mit Tristan Thielmann in diesem Heft.
- 27 Martina Leeker in diesem Heft.
- 28 Vgl. Pias, Claus: „Punkt und Linie zum Raster“, in: Brüderlin, Markus (Hrsg.): *Ornament und Abstraktion*, Köln 2001, S. 64-69. Vgl. auch Pias, Claus: *Computer Spiel Welten*, München 2002, S. 67ff.

irreduzible Kopplung zwischen Daten, ihrer algorithmischen Sichtbarmachung und den sichtbaren Bildern gefasst werden.“²⁹ Auch Dennis Ray Vollmer weist in seinem Beitrag auf diesen Widerspruch hin und fragt: Warum müssen Computerspiele 3D sein, wenn doch „spätestens seit der Entwicklung von Vektorbildschirmen [...] sich die Computergrafik als reine Ausgabe auf dem Bildschirm von ihrem Datenraum zu entkoppeln“ beginnt? Die strukturelle Hybridität der Displays wird interessanterweise insbesondere bei der auditiven Wissensproduktion evident. Obwohl die digitalisierten Signale auditorischer Displays eine ‚indexikalische‘ Beziehung zur Welt besitzen, bestehen sie doch aus ‚symbolischen‘ Zeichen.³⁰ Sollten in digitalen Medien nicht nur das ‚Display‘ mit dem ‚Medium‘, sondern auch beide mit den ‚symbolischen Maschinen‘³¹ zusammenfallen?

Unser Anliegen war mit den Heften *Display I: Analog* und *Display II: Digital* die sonst immer unter schwammigen Begriffen wie ‚Schirm‘, ‚Screen‘, ‚Oberfläche‘, ‚Interface‘ oder ‚Interaktivität‘ subsumierten Übergänge zwischen menschlichen und nichtmenschlichen Elementen – oder ‚Akteuren‘, wenn man so will – genauer ausdifferenzieren. Wir hoffen, dass die in beiden Heften versammelten Beiträge einen Anstoß liefern das *boundary object* ‚Display‘ als Gegenstand medienwissenschaftlicher Forschung relevant werden zu lassen.

Die Zusammenstellung der Beiträge in *Display II: Digital* strukturiert sich mehr oder weniger historisch: Die Ausgabe beginnt mit der Geschichte der Computerdisplays in den 1950er Jahren, dargelegt im Beitrag von Arno Schubach zur „Sichtbarmachung von Daten“. Dem schließt sich der wegweisende, erstmals ins Deutsche übersetzte Aufsatz von Ivan E. Sutherland „Das ultimative Display“ an, auf den sich drei weitere Beiträger ausführlich beziehen.³² Es folgt die Auseinandersetzung mit Lee Harrisons *hybrid graphic animation computer ANIMAC* (1962)³³ und eine Geschichte der Entwicklung der 3D-Grafiktechnologie, beginnend mit Ataris Computerspiel *Battlezone* (1980)³⁴. Dann folgt ein Beitrag zu dem sich in den 1990er Jahren etablierenden Begriff des ‚auditory display‘.³⁵ Schließlich widmen sich die letzten Aufsätze den aktuellen Entwicklungen um elektronisches Papier³⁶ und den Visionen nanorobotischer Hautdisplays³⁷. Die Reihe „Fokus Medienumbrüche“ beschließt mit Beiträgen von Rüdiger Campe und Andreas Käuser diese Navigationen-Ausgabe.

29 Arno Schubach in diesem Heft.

30 Vgl. hierzu Axel Volmar in diesem Heft.

31 Vgl. hierzu Dennis Ray Vollmer in diesem Heft.

32 Vgl. hierzu Jens Schröter, Martina Leeker sowie Andreas Kolb/Christof Rezk-Salama/Jochen Venus in diesem Heft.

33 Vgl. hierzu Martina Leeker in diesem Heft.

34 Vgl. hierzu Dennis Ray Vollmer in diesem Heft.

35 Vgl. hierzu Axel Volmar in diesem Heft.

36 Vgl. hierzu Jochen Koubek in diesem Heft.

37 Vgl. hierzu Robert A. Freitas Jr. in diesem Heft.

Wir danken der DFG im Allgemeinen und dem FK 615 ‚Medienumbrüche‘ der Universität Siegen im Besonderen für die finanzielle und ideelle Hilfe. Ebenso möchten wir uns bei den Autoren und dem Koordinationsbüro des FK 615 für die hervorragende Zusammenarbeit bedanken.

„... A DISPLAY (NOT A REPRESENTATION)...“

Zur Sichtbarmachung von Daten¹

VON ARNO SCHUBBACH

Der Begriff des Displays ist in mehrerlei Hinsicht von Interesse. Zum einen ist seine Geschichte eng verknüpft mit der Entwicklung von Darstellungstechniken, die meist in Konkurrenz zueinander stehen und stets auch das Verhältnis zwischen Mensch und Maschine verändert haben.² Zum anderen scheint der Begriff geeignet, um die neuen computerisierten von älteren Bildtechniken abzuheben. Denn auf Displays erscheinen trotz ihrer Ursprünge in der Radartechnik längst Bilder, die auf Algorithmen und Daten verschiedenster Art beruhen. Daraus wurde die These abgeleitet, dass diese Bilder sich von einer Wirklichkeit, die sich in optisch-chemische Photographien vielleicht noch hätte einschreiben können, gelöst oder sie durch Simulationen gar ersetzt hätten.³ Obwohl sich diese These also darauf stützt, dass Bilder berechnet werden, wurden die konkreten Verfahren und Algorithmen in den verschiedensten Feldern der Visualisierung kaum auf differenziertere Weise diskutiert. Eine solche Diskussion ist jedoch notwendig, um Displays zu charakterisieren, die auf der Basis von Daten und Algorithmen etwas sichtbar machen, damit der Nutzer möglichst leichthändig mit dem Computer interagieren kann. Displays lassen sich weder ausschließlich auf die zugrunde liegenden Algorithmen und Daten zurückführen noch auf ihre jeweils zu sehenden Ausgaben. Sie sind Scharniere zwischen vielfältigen algorithmischen Sichtbarmachungen durch den Computer und der phänomenalen Sichtbarkeit für den Nutzer.⁴

-
- 1 Dieser Text geht auf einen Vortrag zurück, den ich an der Tagung „DISPLAY. Die kulturelle Entfaltung digitaler Bilder“ (14./15. Juli 2006) gehalten habe. Ich danke Hans-Christian von Herrmann und allen TeilnehmerInnen für zahlreiche Anregungen.
 - 2 Vgl. dazu Thielmann, Tristan: „Statt einer Einleitung: Eine Mediengeschichte des Displays“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 13-30.
 - 3 Vgl. z.B. Kittler, Friedrich: „Fiktion und Simulation“, in: Barck, Karlheinz u.a. (Hrsg.): *Aisthesis. Wahrnehmung heute oder Perspektiven einer anderen Ästhetik*, Leipzig 1998, S. 196-213, hier S. 200ff. Vgl. auch Baudrillard, Jean: *Simulacres et Simulation*, Paris 1981, S. 12ff., allerdings ohne expliziten Bezug auf technische Medien.
 - 4 Vgl. dazu auch Schröter, Jens: „Statt einer Einleitung: Versuch zur Differenz zwischen dem Medialen und dem Display“, in: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. v. Jens Schröter/Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006, S. 7-12, hier S. 7f. Den Begriff der Sichtbarmachung entlehne ich den Arbeiten von Hans-Jörg Rheinberger. Vgl. z.B. Rheinberger, Hans-Jörg: „Objekt und Repräsentation“, in: Heintz, Bettina/Huber, Jörg (Hrsg.): *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*, Zürich u.a. 2001, S. 55-61.

I DAS DISPLAY: DATEN, ALGORITHMEN, BILDER

Die wesentlichen Funktionen des Displays zeigen sich von Beginn an. Es wurde erstmals im Luftverteidigungssystem SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*) der USA im großen Maßstab eingeführt, um Daten zu visualisieren, die via Telefonleitung von Radarstationen übermittelt und vom Computer verarbeitet wurden. An zahlreichen Arbeitsplätzen wurde auf diese Weise ein Verteidigungssektor mitsamt Flugzeugen und ihren Bewegungen übersichtlich dargestellt, um eine schnelle Reaktion des militärischen Bedienungspersonals zu ermöglichen und diese zeitnah in neue Ausgaben umzusetzen. Eine solche Interaktion war zuvor unmöglich gewesen, weil die Eingabe mittels Lochkarten und die Ausgabe von kaum verständlichen Papierausdrucken zeitlich weitgehend voneinander entkoppelt waren.⁵ Die Displays von SAGE haben somit ein neuartiges Zusammenspiel von algorithmischer Datenverarbeitung und menschlicher Entscheidung eröffnet und damit das Bedienungspersonal auf neue Weise in das Luftüberwachungssystem eingebunden.

Das Display hat aber auch die Form der Ein- und Ausgabe selbst verändert: Es löste die bis dahin vorherrschende alphanumerische Ausgabe ab und präsentierte in erster Linie Graphiken. Mit dem Display hält das Bild Einzug in die Welt von Computer und Nutzer. Dies zeigt eindrücklich der zwölfminütige Film *ON GUARD!*, der ungefähr 1956 von der *Military Products Division* der *IBM Corporation* gedreht wurde.⁶ In propagandistischer Absicht führt er neben anderen neuen Kriegstechnologien auch SAGE vor und setzt dessen bahnbrechende Displays ins Bild. Nachdem die Datenverarbeitung des begehren Computers vor Augen geführt wurde, bereitet die männliche Off-Stimme den Schnitt auf einen einzelnen Arbeitsplatz vor: „Beyond the fantastic capacity for calculation and memory, SAGE possesses the newest and most revolutionary advance in data processing: the display scope, a computer generated visual display, on call as needed.“⁷ Um diesen revolutionären Fortschritt ins Bild zu setzen, folgt ein Rückblick auf die um 1956 noch gegenwärtige Vergangenheit: Der Film zeigt in zwei Einstellungen Frauen, die um einen Drucker herumgehen und sich um dessen Stapelausdrucke

5 Vgl. zum so genannten *batch processing* Ceruzzi, Paul E.: *A History of Modern Computing*, Cambridge, Mass. u.a. 2003, S. 71-78. Die Technik der Interaktion geht dem Begriff jedoch voraus: „Construction of a realistic direction center depended heavily on the development of a versatile display console that provided the operators the information they needed to make decisions and also provided them the means to send commands to the computer. (The modern term *interactive* applies but was not in common use in the early 1950s.)“, so Wieser, C. Robert: „The Cape Cod System“, in: *Annals of the History of Computing*, Jg. 5, Nr. 4, 1983, S. 362-369, hier S. 367.

6 Der Film entstand in Zusammenarbeit mit dem *Department of Defense* der USA, der *U.S. Air Force* und der *Boeing Airplane Company* und ist in verschiedenen Formaten verfügbar unter <http://www.archive.org/details/OnGuard1956>, 09.07.2007. Ich entnehme auch die angeführten Angaben dieser Website.

7 *ON GUARD!* (USA ca. 1956, IBM Corporation), ab 3'45".

zu kümmern scheinen. Die Off-Stimme unterstreicht, wie ungenügend diese Technik ist: „Until SAGE the miracle of the computer was its ability to calculate in split seconds and then provide printed information. But SAGE needed more than this.“ Einige Sätze später wird dagegen die schon gegenwärtige Zukunft des Displays hervorgehoben:

Air defense required split second presentation as well as split second calculation. Given this objective, IBM filed the latest extension of data processing: the display scope, a giant picture tool, on which computer results are instantaneously and continuously translated into graphic images. In SAGE, airmen have the battle visualized for them on the computer generated display.⁸

Wir sehen unterdessen zunächst den riesigen Rechenraum und sodann zwei IBM-Ingenieure, die an einer Arbeitsstation von SAGE lehnen. Die Kamera gleitet schließlich an ihnen hinab, bis das kreisrunde, leere und reflektierende Display in frontaler Aufnahme nahezu das ganze Bild füllt.⁹ Nach einem Blick in einen abgedunkelten Raum voller Arbeitsplätze, an denen das Bedienungspersonal mit Lightguns hantiert, wird das Display, das ca. alle 2 ½ Sekunden aufgefrischt wird, nochmals in Funktion gezeigt.

ON GUARD! führt so vor Augen, wie die graphische Ausgabe zu einem besseren Überblick über die verfügbaren Daten verhilft. Der Film spielt die Stärke seiner bewegten Bilder aus, um die Vorteile der interaktiven Visualisierung von SAGE zu zeigen. Er bestimmt aber trotz aller propagandistischen Absichten recht präzise, dass diese Visualisierung darstellt, was der Computer berechnet hat. Denn während wir erneut militärisches Personal an den Arbeitsplätzen sehen, charakterisiert die Off-Stimme die Funktion der Displays durchaus zutreffend: „Although they look like the offspring of a marriage between a television tube and a radar screen, display scopes do not show physical images transmitted from elsewhere. They display the results of the computer’s findings.“ Displays sind Orte der Sichtbarmachung von Berechnungen und Daten.

Bereits bei SAGE haben Displays somit zwei Seiten: Zum einen präsentieren sie Bilder, damit der Nutzer die Lage möglichst schnell erfassen, eine Entscheidung treffen und sie dem Computer zur Weiterverarbeitung leicht mitteilen kann. Zum anderen beruhen sie oft auf sehr umfangreichen Datenmengen, die der Computer erfasst, algorithmisch verarbeitet und darstellt.¹⁰ Der praktische Sinn

8 ON GUARD! (wie Anm. 7), 4’14”.

9 Auf die Rollen, die Frauen und Männern in dieser Schnittfolge zugewiesen wird, wie auch auf andere politisch-ideologische Implikationen des Films kann hier nicht eingegangen werden.

10 Vgl. zu dieser Doppelseitigkeit von Bildern Nake, Frieder: „Das doppelte Bild“, in: *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, Jg. 3, Nr. 2, 2005, S. 39-50, hier insbesondere S. 45ff. und ders.: „The Display as a Looking-glass: Zu Ivan E. Sutherlands früher Vision der grafischen Datenverarbeitung“, in: Hellige, Hans-Dieter (Hrsg.):

solcher Displays ist die Ermöglichung eines produktiven Zusammenspiels von Mensch und Maschine. Denn der Nutzer wird entlastet von der mühseligen und manuell oft unmöglichen Erfassung und Verarbeitung von Daten und kann umso besser darauf reagieren, was ihm der Computer übersichtlich darstellt. Die Visualisierungen zielen somit auf die Entscheidungen des menschlichen Nutzers ab und sind deshalb nur notwendig, wenn der Computer aufgrund der Komplexität oder des Umfangs der Daten nicht auch die notwendigen Maßnahmen errechnen kann. In diesem Sinn ‚sieht‘ der Computer nicht das dargestellte Bild, anhand dessen der Nutzer Entscheidungen trifft.¹¹ Das Display muss deshalb als komplexe und irreduzible Kopplung zwischen Daten, ihrer algorithmischen Sichtbarmachung und den sichtbaren Bildern gefasst werden.

Im Hinblick auf diese Bestimmung des Displays versprechen gegenwärtige Forschungen genauere Einblicke. Alle bildgebenden Verfahren setzen mit Hilfe komplexer Algorithmen Daten in Bilder um. Der hochgradig berechnete, also vermittelte Charakter der Bilder tritt jedoch oft in den Hintergrund zugunsten einer Darstellung von anscheinend realen Gegenständen, weshalb das Display, wenn nicht wie ein Fernsehapparat oder Radarschirm, so doch wie ein Fernrohr, Mikroskop oder Röntgenapparat zu funktionieren scheint. Eine präzisere Bestimmung des Verhältnisses von Daten und Bildern eröffnet dagegen die Informationsvisualisierung. Sie verfolgt seit Ende der 1980er Jahre in verschiedensten Anwendungsbereichen den Ansatz, Daten zu visualisieren, um Einsichten in ihre inneren Zusammenhänge zu gewinnen.¹² Die Informationsvisualisierung bezeichnet also „a computer-aided process that aims to reveal insights into an abstract phenome-

Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive, Berlin 2004, S. 339-365, hier insbesondere S. 345ff. Nake beschreibt den Bezug der algorithmischen und phänomenalen Seite des Bildes jedoch mitunter als Entsprechung und identifiziert dann meist mit Rekurs auf den Begriff des Zeichens, was der Mensch sieht und der Computer in Daten erfasst. Vgl. ebd., S. 360f. Anhand der Visualisierung von Informationen möchte ich im Folgenden dagegen zeigen, dass hier der Mensch *idealiter* gerade sehen soll, was der Computer nicht formal zu erfassen vermag.

- 11 Displays haben somit dort einen praktischen Sinn, wo der Computer berechnet, was er weder in symbolischen Gesetzen erfassen noch in einem *pattern recognition* synthetisieren kann – und wo deshalb nicht auf den Menschen zu verzichten ist. Vgl. dagegen Kittler, Friedrich: „Die Welt des Symbolischen – eine Welt der Maschine“, in ders.: *Draculas Vermächtnis: Technische Schriften*, Leipzig 1993, S. 58-80, hier insbesondere S. 58-62 und 72ff. Der jüngere Aufsatz „Schrift und Zahl. Die Geschichte des errechneten Bildes“, in: Maar, Christa/Burda, Hubert (Hrsg.): *Iconic Turn. Die neue Macht der Bilder*, Köln 2004, S. 186-203 trägt der Rolle von Visualisierungen stärker Rechnung, löst sie aber vom menschlichen Blick, um sie zumindest *idealiter* in die Reflexivität und Subjektivität von Computern einzufassen, die ihre Bilder selbst sehen und analysieren würden. Vgl. ebd., S. 199ff.
- 12 Folgende Einführungen geben mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten eine umfängliche und aktuelle Übersicht über die Informationsvisualisierung: Chen, Chaomei: *Information Visualization. Beyond the Horizon*, London ²2004; Spence, Robert: *Information Visualization. Design for Interaction*, Harlow u.a. ²2007; Ware, Colin: *Information Visualization. Perception for Design*, Amsterdam u.a. ²2004.

non by transforming abstract data into visual-spatial forms“¹³. Die entstehenden Bilder nutzen somit die genuine Funktion graphischer Displays zur Sichtbarmachung von Daten und sind deshalb nicht als Abbilder zu betrachten. Eine Reflexion auf die Methoden und Verfahren der Informationsvisualisierung hilft deshalb diese Funktion genauer zu fassen.

Die Informationsvisualisierung umfasst ein umfangreiches Feld, das von der einfachen Präsentation weniger Daten (z.B. Infographiken¹⁴) bis hin zur interaktiven visuellen Erkundung großer Datenmengen (z.B. Kartographierung wissenschaftlicher Disziplinen¹⁵) reicht. Ihr Ansatz gewinnt vor allem dort an Bedeutung, wo man es mit äußerst komplexen Datenmengen zu tun hat, die anders kaum mehr auszuwerten sind: „visualization helps one see patterns that cannot be readily absorbed in any other way“¹⁶. Wo statistische und numerische Verfahren versagen, setzt die Informationsvisualisierung somit auf ein geschultes Auge und erstellt daher Bilder, die in äußerst unterschiedlichen, konkreten wie abstrakten Formen gestaltet sind. Seit Beginn der 1990er Jahre hat die Anzahl der Publikationen in diesem Feld rasant zugenommen,¹⁷ weshalb in der Informationsvisualisierung durchaus ein Trend zu sehen ist, der sich in den USA auf Grund der finanziellen Förderung im Rahmen der politischen Agenda der *National Home Security* wohl noch verstärken wird.¹⁸ Jenseits spezialisierter Anwendungen in staatlichen und industriellen Rechenzentren konnte sich die Informationsvisualisierung bislang aber kaum durchsetzen.

Das Ziel der Visualisierung ist stets, innere Zusammenhänge von Daten in informativen Bildern einsichtig zu machen, damit der Nutzer mit Überblick entscheiden kann, wo die Berechnungen des Computers keine befriedigende Lösung

-
- 13 So definiert der Herausgeber der 2002 gegründeten Zeitschrift *Information Visualization* im Editorial der ersten Ausgabe. Vgl. Chen, Chaomei: „Editorial: Information Visualization“, in: *Information Visualization*, Jg. 1, Nr. 1, 2002, S. 1-4, hier S. 1.
- 14 Als jüngeres Beispiel sei hier auf die mittlerweile verbreiteten *tag clouds* verwiesen, z.B. zu den „Themen des Tages“ auf der Eingangsseite von Spiegel-Online. Vgl. auch die Erläuterungen: „Die Wolke mit dem Wichtigsten“, <http://www.spiegel.de/spiegeldigital/0,1518,444591,00.html>, 09.07.2007.
- 15 Vgl. z.B. Chen, Chaomei: *Mapping Scientific Frontiers: The Quest for Knowledge Visualization*, London u.a. 2003 und die Internetpräsenz der von der Informatikerin Katy Börner kuratierten Ausstellung *Places & Spaces: Mapping Science*, <http://scimaps.org/>, 09.07.2007.
- 16 Buzydlowski, Jan W. u.a.: „Term Co-occurrence Analysis as an Interface for Digital Libraries“, in: Börner, Katy/Chen, Chaomei (Hrsg.): *Visual Interfaces to Digital Libraries*, Berlin u.a. 2002, S. 133-144, hier S. 133.
- 17 Chen lässt es sich in einem weiteren Editorial nicht nehmen, dies durch eine Anwendung der Informationsvisualisierung auf sich selbst zu zeigen. Vgl. Chen, Chaomei: „Editorial: Information Visualization is Growing“, in: *Information Visualization*, Jg. 1, Nr. 3-4, 2002, S. 159-164.
- 18 Vgl. hinsichtlich dieser politischen Bedeutung der Informationsvisualisierung bzw. ihrer erweiterten und programmatischen Formulierung als *visual analytics* z.B. die Homepage des *National Visualization and Analytics Center*, <http://nvac.pnl.gov/>, 09.07.2007.

versprechen. Dies wird beispielhaft an der Visualisierung von Texten deutlich. Texte sind heute in einem ungeahnten Umfang gespeichert und prinzipiell leicht verfügbar. Zugleich ist es aber schwieriger geworden, den Text zu finden, der dem eigenen Interesse entspricht. Klassische Lösungen vertrauen auf ein *information retrieval*: Hierzu müssen wir unser Interesse durch wenige Worte und ihre logische Verknüpfung formulieren; der Computer durchsucht dann Internetseiten und Datenbanken und berechnet die Relevanz der Dokumente, um sie schließlich in einer Rangliste auszugeben. Aufgrund der Mängel dieses Verfahrens – das die innere Struktur der Texte ebenso wenig wie ihre inhaltlichen oder formalen Verknüpfungen berücksichtigt und zudem an der hartnäckigen Unfähigkeit der Nutzer scheitert, ihre diffusen und assoziativen Erwartungen formal zu fassen – schlug Lauren B. Doyle schon 1961 ein anderes Vorgehen vor. Angeregt von der Display-Technik des SAGE, für dessen Softwareschmiede SDC (*System Development Corporation*) er arbeitete, kam Doyle auf den Gedanken, der Computer könnte die inneren Zusammenhänge der Texte analysieren, um sie dem Nutzer selbst vor Augen zu führen und interaktiv erkunden zu lassen.¹⁹ Eine „semantic road map“ sollte Überblick verschaffen über eine Unmenge von Texten, die kaum je durchzuarbeiten wären, damit der Nutzer mit wenigen Blicken selbst entscheiden kann, welche Texte für ihn relevant sind.²⁰

Die gegenwärtige Forschung zur Visualisierung von Texten folgt diesem Ansatz und hat vielerlei Methoden und Verfahren entwickelt, die im Folgenden zumindest teilweise kurz vorgestellt werden.²¹ Wie ich zeigen möchte, ist der Übergang von den Texten zu ihrer Visualisierung jedoch notwendigerweise problematisch, weil eine Visualisierung nur insofern hilfreich sein kann, als sie die Komplexität der Texte reduziert, und daher eine prinzipielle Unsichtbarkeit mit sich bringt. Es ist diese Unsichtbarkeit, die einen differenzierteren Blick auf das Display erlaubt.

-
- 19 Doyle, Lauren B.: „Semantic Road Maps for Literature Searchers“, in: *Journal of the ACM*, Jg. 8, Nr. 4, 1961, S. 553-578, hier S. 570.
- 20 Diesen Ansatz bringt auch Robert R. Korfhage – allerdings 30 Jahre später – auf den Punkt: „In this paper we present an argument for a new retrieval paradigm, one that focuses on the organized display of *all* documents, rather than on the linear display of the best.“ (Korfhage, Robert R.: „To See, or Not to See – Is That the Query?“, in: Bookstein, Abraham u.a. (Hrsg.): *Proceedings of the 14th Annual International ACM/SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR '91, Chicago, Illinois, USA, October 13-16, 1991)*, New York 1991, S. 134-141, hier S. 134.)
- 21 Dieser Überblick beschränkt sich auf etablierte Techniken, so dass es kaum sinnvoll ist, ihn mit Verweisen auf eine viel detailliertere Forschungsliteratur zu überfrachten. Es sei stattdessen summarisch verwiesen auf Chen (wie Anm. 15) und Börner, Katy u.a.: „Visualizing Knowledge Domains“, in: *Annual Review of Information Science and Technology*, Jg. 37, 2003, S. 179-255.

2 SICHTBARMACHUNG VON DATEN

Zur Visualisierung von Texten muss in einem ersten Schritt definiert werden, wie der Computer mit den Texten umgehen soll. Es bedarf eines mathematischen Modells, um aus ihnen Daten zu berechnen und ihre inhaltlichen Zusammenhänge formal zu analysieren, wobei die einzelnen Texte oder die AutorInnen als Einheiten der Analyse und damit der Visualisierung betrachtet werden. Zwei ältere bibliometrische Verfahren haben sich in der Informationsvisualisierung etabliert.

Die Kookkurrenzanalyse setzt am Wortgebrauch an und zielt damit auf die Semantik. Es werden in einer statistischen Analyse zuerst Worte bestimmt, die in allen Texten häufig vorkommen und nicht zu den ubiquitären Worten wie Pronomina, Hilfsverben usw. gehören. Für jeden Text wird anschließend die Häufigkeit der so genannten Indexwörter berechnet. Jeder Text wird dadurch aufgefasst als ein Wortprofil, das aus diesen Häufigkeiten besteht und mathematisch gesehen ein Punkt in einem hochdimensionalen Raum darstellt. Das gesamte Textkorpus bildet somit eine hochdimensionale Punktmenge, in der Texte mit ähnlichem Wortprofil nahe beieinander zu liegen kommen. Ein zweites bibliometrisches Verfahren analysiert anhand von Zitationen die Beziehungen zwischen den Texten detaillierter.²² Es hat sich in erster Linie für wissenschaftliche Texte durchgesetzt und wird auch weitgehend auf sie beschränkt bleiben, weil es die Praxis des wissenschaftlichen Zitierens voraussetzt. Zitationsanalysen werten aus, wie Texte Texte zitieren. Es kann zum einen berechnet werden, inwiefern die darzustellenden Texte dieselben Texte zitieren. Ihr Zusammenhang wird so im Hinblick auf die gemeinsamen intellektuellen Bezugspunkte beschrieben. Es kann aber auch berechnet werden, wie oft Texte gemeinsam zitiert werden. Der analysierte Zusammenhang gründet in diesem Fall darin, dass die Texte von späteren Texten in Verbindung gebracht werden. Auf dem ersten Weg wird somit beschrieben, wie sich ein Text situiert, auf dem zweiten Weg, wie er situiert wird. Im letzteren Verfahren, der Kozitationsanalyse, wird daher eine Ordnung dargestellt, die der Diskurs auf frühere Texte zurückwirft, und damit ein dynamisches Bild wissenschaftlicher Diskurse entworfen.²³ Deshalb wird der Kozitationsanalyse bei der Visualisierung von wissenschaftlichen Disziplinen oft der Vorzug gegeben.

Beide bibliometrische Verfahren setzen die Texte in komplexe numerische Daten um, die zur Visualisierung vereinfacht werden müssen. Es können zunächst mehrere Algorithmen angewandt werden, die eine Menge in einem hochdimensionalen Raum in einen Raum von niedrigerer Dimension abbilden. Ein gebräuch-

22 Vgl. den wegweisenden Artikel Small, Henry: „Co-citation in the Scientific Literature: A New Measure of the Relationship between Two Documents“, in: *Journal of the American Society for Information Science*, Jg. 24, Nr. 4, 1973, S. 265-269.

23 White, Howard D./McCain, Katherine: „Visualizing a Discipline: An Author Co-Citation Analysis of Information Science, 1972-1995“, in: *Journal of the American Society for Information Science*, Jg. 49, Nr. 4, 1998, S. 327-355, hier S. 329 formulieren prägnant: „What is actually mapped is an author's citation image.“

licher Algorithmus ist das so genannte *multidimensional scaling* (MDS): Es rechnet die Punktemenge auf die zwei, drei auf dem Display darstellbaren Dimensionen herunter und erhält ihre in einer zu wählenden Metrik bestimmte Struktur möglichst getreu.²⁴ Das Ergebnis kann in abstrakter Form als Punktemenge in der Fläche oder im dreidimensionalen Raum visualisiert werden, entsprechend einer ‚visuellen Metapher‘ aber auch in Form einer Galaxie oder einer Landschaft.²⁵ Stets werden die Texte vermittels ihrer algorithmischen Berechnung aber als eine räumliche Konfiguration visualisiert.

Ein weiterer Algorithmus wird häufig eingesetzt, um die hochdimensionalen Datenmengen auf drei oder zwei Dimensionen möglichst strukturerhaltend abzubilden, nämlich auf die Knotenpunkte eines Gitters von vorgegebener Größe.²⁶ Diese Visualisierung wird als *self organizing map* (SOM) bezeichnet, da sie mit Karten gemein hat, Territorien darzustellen und jeden Text einer thematischen Region einzuschreiben (vgl. Abb. 1). Allerdings ist hier die Karte wie in anderen Fällen Landschaften oder Galaxien lediglich eine visuelle Metapher zur räumlichen Darstellung abstrakter Daten.²⁷ Sie beschreibt nämlich die Weise der Darstellung und nicht den Prozess der Herstellung, da *self organizing maps* nicht in einem üblichen Sinne kartieren: Sie entstehen nicht durch geometrische Abbildungen oder Projektionen, sondern werden in einem iterativen und konvergenten Prozess errechnet.²⁸

-
- 24 Vgl. Cox, Trevor F./Cox, Michael A. A.: *Multidimensional Scaling*, Boca Raton u.a. ²2001.
- 25 Vgl. zu diesen „visual metaphors“ bspw. Chalmers, Matthew: „Using a Landscape Metaphor to Represent a Corpus of Documents“, in: Frank, Andrew U./ Caspari, Irene (Hrsg.): *Spatial Information Theory*, Berlin u.a. 1993, S. 377-390. Vgl. auch Wise, James A. u.a.: „Visualizing the Non-visual: Spatial Analysis and Interaction with Information from Text Documents“, in: Gershon, Nahum (Hrsg.): *Information Visualization Proceedings, October 30-31, 1995, Atlanta, Georgia, USA*, Los Alamitos, Calif. u.a. 1995, S. 51-58, hier S. 54ff.
- 26 Vgl. Kohonen, Teuvo: *Self-organizing Maps*, Berlin ³2001.
- 27 Diese Metapher kann jedoch auch als Ansatz zur methodischen Bereicherung mit Hilfe der Kartographie dienen. Vgl. Skupin, André: „From Metaphor to Method: Cartographic Perspectives on Information Visualization“, in: Roth, Steven F./Keim, Daniel E. (Hrsg.): *Proceedings IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis2000), 9-10 October, Salt Lake City, Utah*, Los Alamitos, Calif. u.a. 2000, S. 91-97.
- 28 Vgl. Lin, Xia: „Map Displays for Information Retrieval“, in: *Journal of the American Society for Information Science*, Jg. 48, Nr. 1, 1997, S. 40-54, hier S. 51: „The algorithm generates an associative network as the output, rather than the direct mapping of the input.“

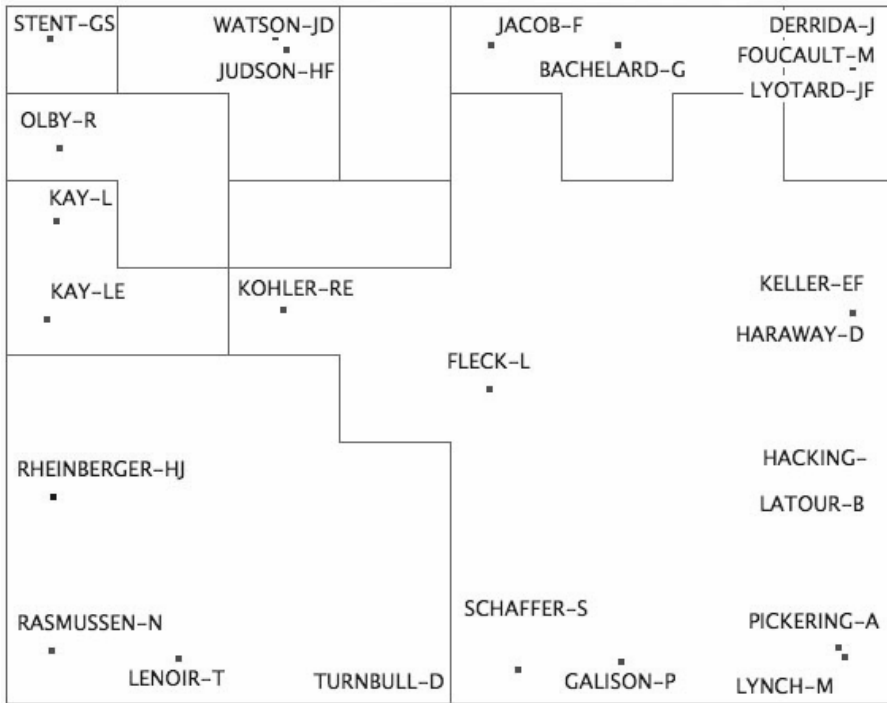


Abb. 1: Self organizing map der 24 mit Hans-Jörg Rheinberger am häufigsten kozierten AutorInnen, berechnet auf der Grundlage des Arts & Humanities Citation Index 1988-1997 und erstellt mit Xia Lins AuthorMap.²⁹

Die bislang vorgestellten Darstellungsverfahren beschränken sich auf die Visualisierung von Texten als einer Menge von Punkten, die von selbstorganisierten Karten zudem in bestimmte thematische Regionen eingeteilt wird. Zusammenhänge zwischen den Texten spiegeln sich in ihrer räumlichen Nähe oder Ferne auf dem Display wider. Die Relationen zwischen den einzelnen Texten oder ihren AutorInnen, die die Koziationsanalyse erfasst, werden dagegen nicht dargestellt. Daher sind in diesem Fall auch Visualisierungen in der Form von Netzwerken üblich, in denen Texte als Punkte visualisiert und zudem alle kozierten Texte miteinander verbunden werden.

Die graphische Realisierung stößt jedoch auf Probleme. Die Punkte müssen auf dem Bildschirm derart positioniert werden, dass sich ein möglichst übersichtliches Bild ergibt, weshalb Überschneidungen der Verbindungen vermieden werden sollten. Einige leistungsfähige Algorithmen lösen dieses Problem recht gut. Ein größeres Problem ist darin zu sehen, dass das Bild oft überladen ist und keine Strukturen zu erkennen gibt. Es ist daher notwendig, das Netzwerk zu vereinfachen.

²⁹ Das Programm ist frei zugänglich unter <http://project.cis.drexel.edu/authorlink/>, 09.07.2007.

chen, indem z.B. nicht alle Verbindungen zwischen den Texten dargestellt werden. Auch hier gibt es wieder verschiedene Algorithmen, unter anderem die so genannten *pathfinder networks*, die von dem Psychologen Roger W. Schvaneveldt eingeführt wurden (vgl. Abb. 2).³⁰

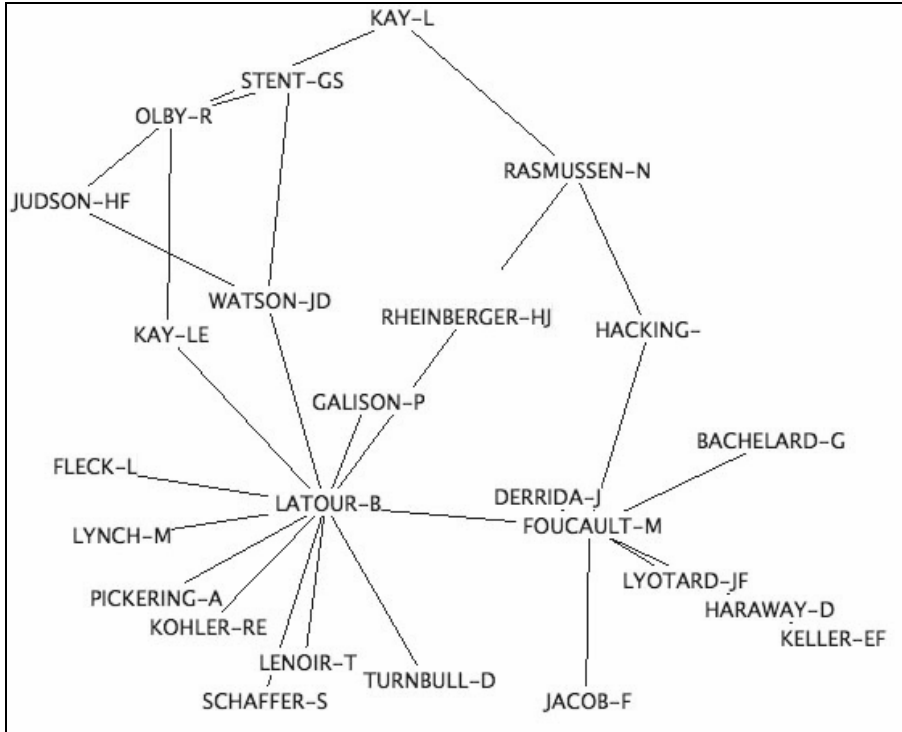


Abb. 2: Pathfinder network zu Abb. 1, erstellt mit Xia Lins AuthorMap.

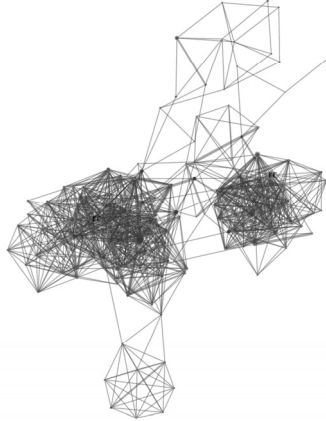
Pathfinder networks werden berechnet, indem die möglichen Wege zwischen allen Punkten eines Netzwerks genauer analysiert und in Abhängigkeit der Häufigkeit von Kozitationen reduziert werden.³¹ Es entstehen auf diese Weise klare und einsichtige Visualisierungen, die den Zusammenhang der Texte aufs Wesentliche zu reduzieren scheinen (vgl. Abb. 3). Je klarer die Strukturen sichtbar sind, desto un-

30 Vgl. Dearholt, Donald W./Schvaneveldt, Roger W.: „Properties of Pathfinder Networks“, in: Schvaneveldt, Roger W. (Hrsg.): *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization*, Norwood, N.J. 1990, S. 1-30.

31 Dabei wird jede Verbindung zwischen zwei Texten als umso leichter zu überwinden betrachtet, je häufiger sie koozitert werden. Verbindungen zwischen den Texten werden dann einer Minimalitätsforderung unterworfen: Sie werden nur dargestellt, wenn es keinen Weg über andere Texte gibt, der weniger Aufwand erfordert, wenn sie folglich sehr häufig miteinander zitiert werden, häufiger als die Summe der Häufigkeiten von kooziterten Texten, die sie miteinander umwegig verbinden könnten.

klarer wird aber, inwieweit sie nicht zuallererst durch Vereinfachungen hergestellt wurden. Es ist nämlich sehr viel einfacher, ein prägnantes Bild zu erstellen, als zu gewährleisten, dass es keine falschen Evidenzen erzeugt.

CiteSpace, v. 2.0, Release 10b
July 24, 2007 10:09:11 AM CEST
/Users/arnoschubbach/Documents/IV-Systeme/CiteSpace.2.0.R10b/Examples/Data/Terrorism1990-2003
Timespan: 2001-2003 (Slice Length = 3)
Threshold (c, cc, ccv): 3, 3, 15; 3, 3, 20; 3, 3, 20
Network: N=164, E=1064



CiteSpace, v. 2.0, Release 10b
July 24, 2007 10:09:11 AM CEST
/Users/arnoschubbach/Documents/IV-Systeme/CiteSpace.2.0.R10b/Examples/Data/Terrorism1990-2003
Timespan: 2001-2003 (Slice Length = 3)
Threshold (c, cc, ccv): 3, 3, 15; 3, 3, 20; 3, 3, 20
Network: N=164, E=210

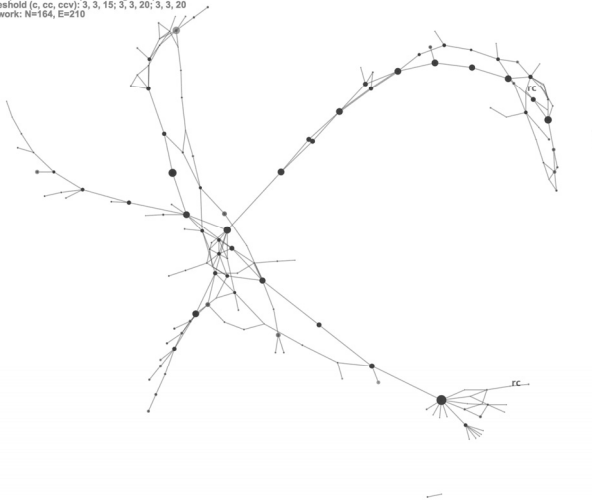


Abb. 3: Übergang zu einem pathfinder network, visualisiert mit Chaomei Chens CiteSpaceII.³²

32 Diese Visualisierungen wurden vom Verfasser auf der Grundlage eines Beispieldatensatzes erstellt, der die Daten zu denjenigen Texten enthält, die eine Suche nach dem

In der Informationsvisualisierung ist dieses Problem wohl bekannt, so dass der unhaltbare Anspruch auf eine simple Widerspiegelung der zugrunde liegenden Daten nicht verfochten wird. Zugleich muss aber die Behauptung aufrechterhalten werden, etwas an oder von den Daten in einer bestimmten Hinsicht darzustellen. Ansonsten verlöre die Informationsvisualisierung jeden Ansatz zu ihrer eigenen Begründung. Xia Lin begreift daher jede Visualisierung von Texten als eine mögliche Darstellung neben anderen, die sich in diesem Sinne als ein „display“ ausweisen soll, statt sich den trügerischen Anschein einer vollständigen Repräsentation zu geben:

Instead, the map for the document space, if it can be created, should emphasize the ‚display‘: The map should be a display (not a representation) of the document space; it should only be a snapshot of the document space with its angles and views defined by the selected indexing and mapping algorithms.³³

Lins Rede von ‚display‘ meint keine technischen Apparate und Dispositive. Jedoch markiert sie mit dem zentralen methodischen Problem der Informationsvisualisierung zugleich den Ort von Bildern, die auf Displays in einem engeren Sinn Daten mittels vielfältiger komplexer Algorithmen sichtbar machen. Die Daten werden zwar weder insgesamt repräsentiert noch als solche sichtbar;³⁴ jede Visualisierung stellt sie aber in einer spezifischen Hinsicht in ihren inneren Zusammenhängen dar und hat jede vermeintliche Kluft zwischen Daten und Bild schon übersprungen. Um die vielfältigen Bildtechniken zu beschreiben, die wie die Informationsvisualisierung zwischen Daten und Bild operieren, ist das Display deshalb nicht als ein Schirm aufzufassen, der zwischen den Blick des Nutzers auf das sichtbare Bild und die per se unsichtbaren Daten und Prozesse im Computer tritt. Vielmehr muss es als produktiver Ort der algorithmischen Sichtbarmachungen von Daten im Bild begriffen werden. Daher ist nicht von der „Entkopplung von Daten und Display“³⁵ auszugehen, sondern von den vielfältigen und stets fragilen Versuchen ihrer Kopplung.

Dies gilt nicht nur für Informationsvisualisierungen, sondern auch für digitale Bilder aus Astronomie oder Nanotechnik und für bildgebende Verfahren in der

Schlagwort ‚terrorism‘ in der medizinischen Literaturdatenbank *PubMed* liefert. Der Datensatz ist wie auch die Java-Applikation *CiteSpace* und weiteres Material verfügbar unter <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/>, 09.07.2007.

33 Lin (wie Anm. 28), S. 44.

34 Vgl. zur „Unsichtbarkeit“ der Daten als solcher am Beispiel von SAGE Claus Pias: *Computer Spiel Welten*, München 2002, S. 67ff. und ders.: „Punkt und Linie zum Raster – Zur Genealogie der Computergrafik“, in: Brüderlin, Markus (Hrsg.): *Ornament und Abstraktion. Kunst der Kulturen, Moderne und Gegenwart im Dialog*, Köln 2001, S. 64-69.

35 Vgl. Pias 2002 (wie Anm. 34), S. 80.

Medizin.³⁶ Wissenschaftliche Visualisierungen inszenieren zwar oft den Anschein einer Referenz, als zeigten sie unmittelbar reale Gegenstände in Raum und Zeit. Es ist aber die visuelle Form der Darstellung, die diesen Anschein erweckt, während die komplexen algorithmischen Prozesse zur Sichtbarmachung von Daten im Hintergrund bleiben. Denn diese Bilder werden ebenso berechnet wie Informationsvisualisierungen und sind Resultate der mathematischen Auswertung von Messdaten.³⁷ Sie sind deshalb zuallererst als Visualisierungen von Daten zu betrachten, da sich ihre produktive Funktion in den Wissenschaften in der regelhaften und standardisierten Entstehung von Bildern begründet und nicht in deren vorgeblicher Referenz.³⁸ Statt von einer angeblichen Abbildlichkeit auszugehen, um sie dann zu kritisieren, wäre vielmehr zu untersuchen, wie Daten zu Bildern verarbeitet werden. Dadurch würde die Produktivität algorithmischer Kopplungen von Daten und Bildern in den Mittelpunkt der Diskussion bildgebender Verfahren rücken. Ausgehend von Bildern der Informationsvisualisierung wird somit ein Blick auf das Display möglich, der sich von der sehnsüchtigen oder kritischen Fixierung auf das Abbild löst und sich stattdessen auf den Umgang mit Daten und ihren Strukturen konzentriert.

3 (UN-)SICHTBARKEIT VON DATEN

Der skizzierte Gedanke, dass die Informationsvisualisierung das Display als Ort der Sichtbarmachung von Daten begreift, läuft nun keineswegs darauf hinaus, dass Displays einen unmittelbaren Blick auf die Daten freigeben würden (was ebenso wenig nützlich wie interessant wäre). Denn eine Visualisierung zeigt weder die Daten selbst noch repräsentiert es sie in ihrer vollen Komplexität, wie an der Visualisierung von Texten exemplarisch deutlich wird. Texte werden gemäß einem mathematischen Modell zunächst lediglich in einer bestimmten Hinsicht charakterisiert, nämlich der Semantik des Textkorpus, der intellektuellen Bezugspunkte oder der Zitationen durch spätere Texte. Stets ist der Verlust an Komplexität erheblich. Dies gilt umso mehr, als in der Kookkurrenzanalyse nur wenige Index-

36 Vgl. z.B. Benz, Arnold: „Das Bild als Bühne der Mustererkennung: Ein Beispiel aus der Astrophysik“, in: Heintz/Huber (wie Anm. 4), S. 65-78; Hennig, Jochen: „Changes in the Design of Scanning Tunneling Microscopic Images from 1980 to 1990“, in: *Techné*, Jg. 8, Nr. 2, 2004, S. 36-55; Crelieu, Gérard/Järmann, Thomas: „Abbildung von Wahrnehmung und Denken. Die funktionelle Magnetresonanz-Bildgebung in der Hirnforschung“, in Heintz/Huber (wie Anm. 4), S. 95-108; Angenent, Sigurd u.a.: „Mathematical Imaging in Medical Image Processing“, in: *Bulletin of the American Mathematical Society*, Jg. 43, Nr. 3, 2006, S. 365-396.

37 In diese Richtung weisen auch die Vorschläge von Heintz, Bettina/Huber, Jörg: „Der führerische Blick. Formen und Folgen wissenschaftlicher Visualisierungsstrategien“, in: dies. (wie Anm. 4), S. 9-37, hier S. 20ff.

38 Auf die Referenz setzen irrtümlicherweise Ufologen, wenn sie durch einzelne Fotografien die Existenz von Ufos beweisen wollen, so Latour, Bruno: *Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*, Berlin 1996, S. 183ff.

worte und in der Koziationsanalyse nur viel zitierte AutorInnen oder Texte erfasst werden.³⁹ Zur graphischen Realisierung der Darstellung muss die hochdimensionale Menge dann auf zwei oder drei Dimensionen gebracht werden, wobei die Komplexität weiter reduziert wird und jeder Algorithmus spezifische Vor- und Nachteile hat. Dasselbe gilt für Verfahren, die Verbindungen innerhalb von Netzwerken minimieren, um deren Strukturen sichtbar zu machen. Dieser Verlust an Komplexität ist jedoch zugleich ein Gewinn. Denn eine Visualisierung ist nur insofern produktiv, als sie durch ein übersichtliches und informatives Bild Einsichten gewährt, die anhand der Daten allein nicht gewonnen werden könnten.

Die algorithmische Sichtbarmachung stellt jedoch Daten dar, die sie zuallererst strukturiert. Selbst wenn Daten anders als im Fall von Texten schon in mathematischer Form gegeben sind, müssen z.B. Metriken für den hochdimensionalen Datenraum gesetzt werden, um Nähen zu berechnen und in niederdimensionale Räume möglichst getreu abzubilden; oder es müssen Verbindungen zwischen Elementen gezogen werden, um ein Netzwerk zu erhalten, das vor der Darstellung auf dem Display oft noch zu vereinfachen ist. Die Strukturen werden durch diese Berechnungen konstitutiv bestimmt, wobei die Gefahr unvermeidbar ist, dass eine Struktur erst geschaffen wird, die das Display schließlich offenbar zu machen scheint.

Die Visualisierung kann prinzipiell nur darstellen, was der Strukturierung der Daten entspricht, die von den gewählten Algorithmen, Parametern und Schwellenwerten berechnet wird. Diese Strukturierungen entwerfen jeweils einen Raum des Sichtbaren. Die Sichtbarmachung von Daten ist daher nicht, wie Xia Lin im obigen Zitat andeutet, in Analogie zur Wahl eines Standpunkts in einem gegebenen geometrischen Raum und der Berechnung der entsprechenden Perspektive zu beschreiben. Eine solche Perspektive ergänzt sich mit anderen, im Moment nicht zu sehenden, aber doch sichtbaren, in Husserls Begrifflichkeit „unsichtigen“ Perspektiven zu einem Raum von prinzipiell vollkommener Allsichtigkeit.⁴⁰ Bei Sichtbarmachungen von Daten dagegen werden Räume entworfen, in denen konkrete darzustellende ‚Perspektiven‘ überhaupt erst zu wählen sind. Sie selbst müssen sich daher keineswegs in Analogie zur Perspektive wechselseitig ergänzen.⁴¹

39 Die Visualisierungen haben so zumindest in dieser einfachen Form die Tendenz, etablierte Positionen hervorzuheben, abweichende Positionen und neuere Trends bleiben dagegen unsichtbar. Es gibt aber Ansätze, die sich gerade der Visualisierung solcher Trends widmen. Vgl. z.B. Chen (wie Anm. 15), S. 191ff.

40 Vgl. zur „Unsichtigkeit“ Husserl, Edmund: *Erste Philosophie (1923/24). Zweiter Teil: Theorie der phänomenologischen Reduktion*, hrsg. v. Rudolf Boehm, (Husserliana VIII), Den Haag 1959, S. 146.

41 Einen Eindruck dieser komplexen Verhältnisse gibt auch die große Variabilität der Darstellungen. Wie stark die sichtbaren Strukturen von der Wahl der Algorithmen und selbst der vermeintlich harmlosen Setzung von Parametern oder Schwellenwerten abhängen, wird beim Experimentieren mit komplexeren Visualisierungssystemen schnell deutlich.

Jede Visualisierung von Daten impliziert somit eine Unsichtbarkeit, die nicht die Daten als solche, sondern ihre konkrete Sichtbarkeit auf den Displays und die Sichtbarmachung in ihrer Produktivität, aber auch in ihrer Fragilität charakterisiert.⁴² Diese Unsichtbarkeit resultiert nicht in erster Linie daraus, dass eine Grenze durch die gegebenen Daten gezogen würde, um die einen darzustellen und die anderen zu unterschlagen; sie hat ihren Grund darin, dass von der Strukturierung der Daten abhängt, was überhaupt sichtbar werden kann. Daher verfehlt jede Kritik ihr Ziel, die sich gegen eine Sichtbarmachung wendet, weil diese zugleich unsichtbar macht. Denn es kann, wie Bruno Latour feststellt, jedenfalls bei „wissenschaftlichen Bildern“ nicht darum gehen, „zu wählen zwischen dem Sichtbaren und dem Unsichtbaren“.⁴³ Vielmehr beruhen Visualisierungen auf Verschränkungen von Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit. Deshalb sollte aber, wie Xia Lin mit Bezug auf die Visualisierung von Texten fordert, stets kenntlich gemacht werden, dass sich die Sichtbarkeit des Displays der algorithmischen Sichtbarmachung von Daten verdankt, die sehen lässt und zugleich blenden kann.

Die skizzierte Entwicklung von den Daten zum Bild hat jedoch eine notwendige Reflexion übergangen. Das Bild erscheint *auf* dem Display und gewinnt dort eine eigene visuelle Komplexität, die die Komplexität der Daten und ihre algorithmische Verarbeitung nicht einfach widerspiegelt. So wie die zentralperspektivische Konstruktion zum einen den Blick in die Tiefe des Bildraums gewährt, diesen Blick zum anderen aber auch irritieren und auf die Konstellationen auf der Fläche lenken kann, eröffnet jede Visualisierung den Blick in die dargestellten Daten und ihre Strukturen und zugleich auf die reflektierende Oberfläche des Displays.⁴⁴ Es wäre daher nach dem verfolgten Weg der Sichtbarmachung nochmals neu anzusetzen und von der Sichtbarkeit des Bildes auszugehen, um den Ort von Displays zu bestimmen, in denen sich Komplexitäten verschränken, die kaum aufeinander abzubilden sind.

42 Diese Unsichtbarkeit ist über die produktive Strukturierung des Sichtbaren bestimmt, so dass sich wenig ändert, wenn nicht vom einzelnen Bild, sondern von solchen interaktiven Visualisierungen ausgegangen würde, die in jedem einzelnen Bild vieles nicht darstellen, was sie aber im Hintergrund verfügbar halten und auf Anfrage erscheinen lassen. Diese zeitweilige ‚Unsichtbarkeit‘ wäre mit Husserl als aktuelle Unsichtigkeit zu beschreiben, die aber ihrerseits eine prinzipielle Unsichtbarkeit impliziert.

43 Latour, Bruno: *Iconoclasm oder Gibt es eine Welt jenseits des Bilderkrieges?*, Berlin 2002, S. 69.

44 Vgl. zur Fläche des Displays die Beobachtungen von Nake 2004 (wie Anm. 10), S. 340, die er allerdings nicht weiter verfolgt. Mit bildtheoretischem Bezug auf die Malerei Boehm, Gottfried: „Die Wiederkehr der Bilder“, in: ders. (Hrsg.): *Was ist ein Bild?*, München 1994, S. 11-38, hier S. 32ff. sowie Foucault, Michel: *Die Malerei von Manet*, Berlin 1999.

DAS ULTIMATIVE DISPLAY

VON IVAN E. SUTHERLAND¹

Wir leben in einer physikalischen Welt, mit deren Eigenschaften wir seit langem gut vertraut sind. Wir verspüren eine Einbindung in diese Welt, welche uns die Fähigkeit gibt, ihre Eigenschaften gut vorauszusagen. Beispielsweise können wir voraussagen, wohin Objekte fallen werden, wie wohlbekannte Formen aus anderen Blickwinkeln aussehen werden und wie viel Kraft benötigt wird, beim Schieben den Reibungswiderstand von Objekten zu überwinden. Uns fehlt jedoch eine vergleichbare Vertrautheit mit den Kräften, die auf geladene Teilchen wirken, mit Kräften in ungleichmäßigen Feldern, mit den Effekten nicht-projektiver geometrischer Transformationen und mit Bewegungen bei hoher Trägheit und geringer Reibung. Ein mit einem digitalen Computer verbundenes Display gibt uns die Möglichkeit Vertrautheit mit Vorstellungen zu erlangen, die in der physikalischen Welt nicht verwirklicht werden können. Es ist ein Spiegel, durch den wir in ein mathematisches Wunderland gelangen können.

Computerdisplays haben heute [1965, J.S.] eine Reihe von Fähigkeiten. Manche haben nur die fundamentale Fähigkeit, Punkte zu zeichnen. Die gegenwärtig verkauften Displays haben in der Regel die Möglichkeit, Linien zu zeichnen. Die Fähigkeit einfache Kurven zu zeichnen wäre nützlich. Manche erhältliche Displays können sehr kurze Liniensegmente in einer beliebigen Richtung zeichnen und formen so Buchstaben und komplexere Kurven. Jede dieser Fähigkeiten hat eine Geschichte und einen bekannten Nutzen.

Für einen Computer ist es ebenso möglich, ein Bild aus farbigen Flächen zu konstruieren. Knowltons Film-Sprache [*movie language*], BEFLIX², ist ein exzellentes Beispiel dafür, wie Computer flächenfüllende³ Bilder produzieren können. Kein derzeit kommerziell verfügbares Display hat die Möglichkeit, solche flächenfüllenden Bilder für den menschlichen Gebrauch darzustellen. Es ist wahrscheinlich, dass neue Displays diese Fähigkeit haben werden. Wir müssen noch lernen, wie wir von diesen neuen Möglichkeiten guten Gebrauch machen können.

Das heute gebräuchlichste Eingabegerät ist die Schreibmaschinen-Tastatur. Schreibmaschinen sind kostengünstig, zuverlässig und erzeugen leicht übertrag-

1 1966 als „The Ultimate Display“ erschienen in: Kalenich, Wayne (Hrsg.): *Proceedings of the International Federation of Information Processing Congress 1965*, Jg. 2, Washington/London 1966, S. 506-508.

Aus dem Amerikanischen übersetzt von Jens Schröter und Nicola Glaubitz

2 Vgl. Knowlton, Ken C.: „A Computer Technique for Producing Animated Movies“, in: *AFIPS Conference Proceedings, Spring Joint Computer Conference*, Jg. 25, 1964, S. 67-87.

3 Anm. d. Ü.: ‚Flächenfüllend‘ meint, dass das Bild nicht nur aus Umrisslinien besteht. Was heute selbstverständlich ist, war es 1965 keineswegs.

bare Signale. Da mehr und mehr *on line*-Systeme⁴ benutzt werden, ist es wahrscheinlich, dass auch immer Schreibmaschinen-Bediengeräte eingesetzt werden. Der Benutzer von morgen wird mit Computern über eine Schreibmaschine interagieren.⁵ Er sollte wissen, wie man blind Schreibmaschine schreibt.

Vielfältige andere manuelle Eingabegeräte sind möglich. Der *light-pen*⁶ oder das RAND⁷ Grafiktablett [*Tablet [sic] stylus*] sind sehr nützlich, um auf ein dargestelltes Objekt zu zeigen oder um Input für den Computer zu zeichnen oder zu schreiben. Die Nutzung der Möglichkeiten solcher Geräte für eine sehr leichte Interaktion mit Computern steht gerade am Anfang. Die *RAND Corporation* benutzt heute schon einen Debugger⁸, der Änderungen an der Darstellung von Registerinhalten und einfache Zeige- und Verschiebungsbewegungen zum Zweck der Datenverschiebung [*format relocation*] versteht. Unter Benutzung der RAND-Techniken kann man eine auf dem Bildschirm dargestellte Ziffer dadurch ändern, dass man einfach darüber schreibt, was man will. Wenn man die Inhalte eines dargestellten [*displayed*] Registers in ein anderes Register verschieben will, reicht es, auf das erste zu zeigen und es auf das zweite zu ‚ziehen‘ [*drag*]. Die Leichtigkeit, mit der ein solches System den Benutzer mit dem Computer interagieren lässt, ist bemerkenswert.

Knöpfe und Joysticks verschiedener Art sind dazu nützlich, Parameter einer laufenden Berechnung justieren zu können. Zum Beispiel kann die Einstellung des Blickwinkels einer perspektivischen Ansicht am besten mit einem Joystick mit drei Freiheitsgraden [*three-rotation joystick*] durchgeführt werden. Druckknöpfe mit Lichtern sind oft hilfreich. Eine an Silben orientierte Stimm-Eingabe sollte nicht außer Acht gelassen werden.

In vielen Fällen muss das Computerprogramm wissen, auf welchen Teil eines Bildes der Nutzer zeigt. Die zweidimensionale Natur von Bildern macht es unmöglich, die Teile von Bildern entlang ihrer Nachbarschaften zu ordnen. Es ist ein zeitaufwendiger Prozess, von den Display-Koordinaten auf das Objekt, auf welches gezeigt wurde, zurück zu schlussfolgern. Ein *light-pen* kann zu dem Zeitpunkt, an dem die Displaytechnik [*display circuits*] das Objekt, auf das gezeigt wird, überträgt, einen Interrupt auslösen und erhält so automatisch dessen Ad-

4 Anm. d. Ü.: Damit meint Sutherland die sich zu seiner Zeit gerade ausbreitenden Terminals, die auf einen gemeinsamen Mainframe-Computer zugreifen – und noch *nicht* den Zugriff auf ein Datennetz wie das Internet.

5 Anm. d. Ü.: Sutherland schreibt im Original: „Tomorrow’s computer will interact with a computer through a typewriter“ – da es jedoch hier um die Verbindung von Mensch und Computer geht und der nächste Absatz mit dem Hinweis auf „a variety of other manual-input devices“ eröffnet wird, liegt es nahe, dass Sutherland eher meint „Tomorrow’s user will interact with a computer through a typewriter“.

6 Anm. d. Ü.: Der *light-pen* ist ein heute im Allgemeinen kaum noch benutztes Eingabegerät, mit dem man direkt auf den Bildschirm zeichnen konnte.

7 Anm. d. Ü.: Mit RAND ist die RAND (= Research and Development) Corporation gemeint, ein in der jüngeren Geschichte außerordentlich wichtiges Forschungszentrum.

8 Anm. d. Ü.: Eine Software, die beim Auffinden von Fehlern in Programmen hilft.

resse und Koordinaten. Spezielle Schaltungen auf dem RAND-Tablett oder andere positionsorientierte Eingabegeräte können dieselbe Funktion erfüllen.

Was das Programm tatsächlich wissen muss, ist, wo im Speicher [*memory*] die Struktur ist, auf die der Nutzer zeigt. Bei einem Display mit eigenem Speicher gibt die Reaktion des *light-pens* Aufschluss darüber, wo sich im Display-Speicher das Objekt, auf das gezeigt wird, befindet – aber nicht notwendig darüber, wo sie sich im Hauptspeicher befindet. Schlimmer noch: Was das Programm wirklich wissen muss, ist, auf welchen Teil eines Teils der Nutzer zeigt. Kein existierendes Display kann die tiefen Rekursionen, die dafür benötigt werden, berechnen. Neue Displays mit analogen Speichern könnten die Fähigkeit zum Zeigen [*pointing ability*] vollkommen verlieren.

ANDERE DISPLAY-TYPEN

Wenn die Aufgabe des Displays ist, als ein Spiegel zu dienen, durch den man in ein mathematisches, im Computerspeicher konstruiertes Wunderland gelangen kann, sollte es so viele Sinne wie möglich ansprechen. So weit ich weiß schlägt niemand ernsthaft Computer-Displays für Geruch und Geschmack vor. Exzellente Audio-Displays existieren, aber unglücklicherweise haben wir bisher Computern kaum bedeutungsvolle Klänge entlockt. Ich möchte Ihnen ein kinästhetisches Display beschreiben.

Die Kraft, die benötigt wird, einen Joystick zu bewegen, könnte vom Computer kontrolliert werden, genauso wie die Stellkräfte der Steuerung eines *Link Trainers*⁹ verändert werden, um das Gefühl auszulösen, ein echtes Flugzeug zu fliegen. Mit einem solchen Display könnte ein Computermodell von Teilchen in einem elektrischen Feld die manuelle Kontrolle der Position einer bewegten Ladung – komplett mit der Wahrnehmung der auf die Ladung einwirkenden Kräfte – mit der visuellen Präsentation der Position der Ladung verbinden. Ziemlich komplizierte ‚Joysticks‘ mit der Fähigkeit des *Force-Feedback* existieren. Die Steuerungen des ‚Handyman‘ von *General Electric* sind nichts anderes als Joysticks mit ungefähr so vielen Freiheitsgraden wie der menschliche Arm. Durch die Benutzung solcher Eingabe/Ausgabe-Geräte können wir unserer Fähigkeit, Sichtbares und Hörbares darzustellen, jene der Darstellung physischer Kräfte [*force display*] hinzufügen.

Der Computer kann leicht die Stellung fast aller unserer Muskeln abtasten. Bislang wurden nur die Muskeln von Händen und Armen zur Steuerung von Computern genutzt. Es gibt keinen Grund, warum diese die einzigen sein sollten, obwohl unsere Geschicklichkeit mit ihnen so hoch ist, dass sie die natürliche Wahl sind. Die Geschicklichkeit unserer Augen ist ebenfalls sehr hoch. Maschinen, die die Augenbewegung abtasten und interpretieren, können und werden gebaut werden. Es bleibt abzuwarten, ob wir eine Sprache aus Blicken benutzen können,

9 Anm. d. Ü.: Der *Link Trainer* ist einer der frühesten Flugsimulatoren.

um einen Computer zu steuern. Es wird ein interessantes Experiment sein, die Präsentation auf dem Display davon abhängig zu machen, wohin wir sehen.

Stellen sie sich zum Beispiel ein Dreieck vor, das so gebaut ist, dass jede Ecke, auf die man schaut, abgerundet wird. Wie würde so ein Dreieck aussehen? Solche Experimente werden nicht nur zu neuen Methoden führen, Maschinen zu kontrollieren, sondern auch zu interessanten Aufschlüssen über die Mechanismen des Sehens.

Es gibt keinen Grund, warum von einem Computer dargestellte [*displayed*] Objekte den gewöhnlichen und uns vertrauten Regeln der physikalischen Realität folgen müssten. Das kinästhetische Display könnte genutzt werden, um die Bewegungen einer negativen Masse zu simulieren. Der Benutzer eines heutigen visuellen Displays könnte leicht solide Objekte transparent machen – er kann ‚durch die Materie hindurchsehen‘. Begriffe, die nie zuvor visuell dargestellt werden konnten, können gezeigt werden, zum Beispiel die „Randbedingungen“ [*constraints*] in *Sketchpad*.¹⁰ Durch die Arbeit mit solchen Darstellungen [*displays*] von mathematischen Phänomenen können wir diese genau so gut kennenlernen wie unsere eigene, natürliche Welt. Dies ist das wesentliche Versprechen von Computer-Displays.

Das ultimative Display wäre – natürlich – ein Raum, in welchem der Computer die Existenz der Materie kontrollieren kann. Ein in einem solchen Raum dargestellter [*displayed*] Stuhl wäre zum Sitzen geeignet. In einem solchen Raum dargestellte [*displayed*] Handschellen würden fesseln und ein in einem solchen Raum dargestelltes [*displayed*] Geschoß wäre tödlich. Mit der angemessenen Programmierung könnte ein solches Display buchstäblich das Wunderland sein, in welches Alice ging.

10 Anm. d. Ü.: Vgl. Sutherland, Ivan E.: *Sketchpad. A Man-Machine Graphical Communication System* [1963], New York 1980 – es handelt sich um den Reprint um Ivan Sutherlands bahnbrechender Dissertation von 1963 (bei Claude Shannon), in der Sutherland zum ersten Mal ein grafisches Inputsystem entwickelte. Eine elektronische Fassung ist auch unter: <http://www.cl.cam.ac.uk/TechReports/UCAM-CL-TR-574.pdf>, 04.07.2006 zu finden. In *Sketchpad* wird „constraint“ definiert als: „A specific storage representation of a relationship between *variables* which limits the freedom of the *variables*, i.e., reduces the number of degrees of freedom of the system. Also, *constraint* is sometimes used to mean a type of constraint, as in ‚there are seventeen *atomic constraints*““ (elektronische Fassung, S. 141).

VON GRAFISCHEN, MULTIMEDIALEN, ULTIMATIVEN UND OPERATIVEN DISPLAYS

Zur Arbeit Ivan E. Sutherlands

VON JENS SCHRÖTER

I IVAN E. SUTHERLAND

Der am 15. Mai 1938 geborene Ivan Edward Sutherland gehört mit Vannevar Bush, Ted Nelson, Joseph C.R. Licklider, Lawrence Roberts, Alan Kay u.a. zu den ganz wichtigen Figuren in der Geschichte der Computertechnologie und ihrer Programmierungen. Ihm wurde 1988 der Turing-Preis sowie 1996 der Smithsonian World Award für sein Lebenswerk verliehen.

Insbesondere die Gestaltung der Displays von Computern verdankt ihm drei zentrale Beiträge. Der erste datiert von 1963 und ist seine Doktorarbeit bei Claude Elwood Shannon: *Sketchpad. A Man-Machine Graphical Communication System*. Der dritte ist das *Head Mounted Display*, die ‚Datenbrille‘, die der Öffentlichkeit vor allem Ende der 1980er und Anfang der 1990er Jahre in Form des überzogenen Hypes um die angeblich kommende ‚Virtuelle Realität‘ bekannt wurde. Der erste Aufsatz Sutherlands und einiger Kollegen dazu stammt von 1968. Dazwischen, nämlich 1966, erscheint in den *IFIP Conference Proceedings* eine kleine Abhandlung Sutherlands, die auf einer Tagung vom 24. bis zum 29. Mai 1965 vorgestellt wurde und die wir in diesem Heft zum ersten Mal in deutscher Übersetzung abdrucken. Es handelt sich um einen Schlüsseltext der Display-Geschichte: *The Ultimate Display* – Sutherlands zweiter zentraler Beitrag. Im Folgenden soll den Verschiebungen von Sutherlands Konzept des Displays nachgegangen werden.

2 GRAPHICAL DISPLAY: SKETCHPAD

„Ivan Sutherland’s Sketchpad is one of the most influential computer programs ever written by an individual, as recognized in his citation for the Turing award in 1988.“¹ In seiner Dissertation entwarf Sutherland eine der allerersten graphischen Benutzeroberflächen. Die Maus war zu diesem Zeitpunkt noch nicht als das pri-

¹ Vgl. Sutherland, Ivan E.: *Sketchpad. A Man-Machine Graphical Communication System* [1963], New York 1980 – es handelt sich bei dieser Ausgabe um den Reprint von Ivan Sutherlands Dissertation. Das Zitat ist aus dem Vorwort von Alan Blackwell und Kerry Rodden in einer seit 2003 vorliegenden, leicht zugänglichen elektronischen Fassung, unter: <http://www.cl.cam.ac.uk/TechReports/UCAM-CL-TR-574.pdf>, 04.07.2006, S. 3. Im Folgenden wird diese elektronische Fassung zitiert.

märe Eingabegerät etabliert,² also benutzte Sutherland den *light-pen* als Gerät zur direkten Interaktion mit der Bildschirm-Oberfläche.

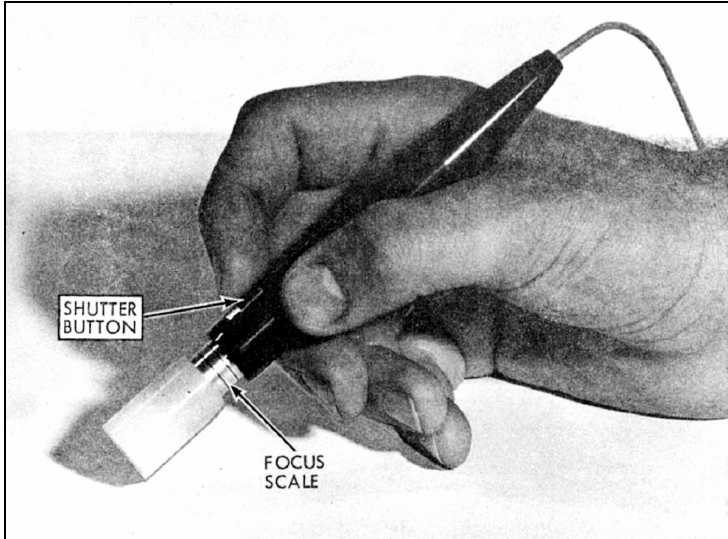


Abb. 1: Der von Sutherland benutzte *light-pen*, aus: Sutherland: *Sketchpad* (elektr. Fassung), S. 54.

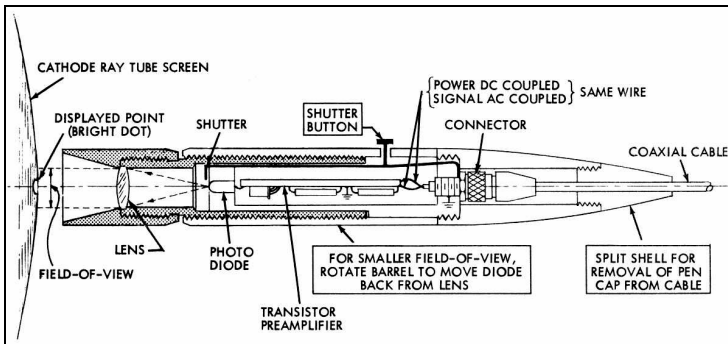


Abb. 2: Funktionsweise des von Sutherland verwendeten *light-pen*, aus: Sutherland: *Sketchpad* (elektr. Fassung), S. 54.

- 2 Sie wird erst um 1967 von Douglas Engelbart und seinen Mitarbeitern entwickelt und in einem aufwändigen Testverfahren evaluiert, vgl. Engelbart, Douglas C. u.a.: „Display-Selection Techniques for Text Manipulation“, in: *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-8, Nr. 1, 1967, S. 5-15.

Diese Idee – die direkte Interaktion mit auf dem Bildschirm dargestellten Entitäten – ist ein Vorläufer der heute mit *Windows* längst selbstverständlich gewordenen Weise dem Computer ein Display zu verleihen: Der erste Satz von *Sketchpad* – aus dem Abstract – lautet:

The Sketchpad system uses drawing as a novel communication medium for a computer. The system contains input, output, and computation programs which enable it to interpret information drawn directly on a computer display.³

Sutherlands Dissertation übte starken Einfluss auf D.C. Smith aus, der wiederum in seiner 1977 erschienenen Doktorarbeit *Pygmalion: A Computer Program to Model and Stimulate Creative Thought* den Gedanken einer direkten grafischen Manipulation des Displays vertiefte und dabei den heute allgegenwärtig gewordenen Begriff des „Icon“ prägte.⁴ Das Programm *Pygmalion* war in der von Alan Kay entwickelten Programmiersprache *SmallTalk* geschrieben und kam auf dem 1981 entwickelten *Xerox Star* zum Einsatz, einem der ersten Rechner mit grafischer Oberfläche und Maus. Steve Jobs von *Apple* war von diesen frühen Konzepten sehr beeindruckt – so lässt sich die Linie von Sutherland bis zum *Apple Macintosh* von 1984, dem ersten kommerziell erfolgreichen Rechner mit grafischer Benutzeroberfläche ganz grob umreißen. Allerdings liegt ein deutlicher Einschnitt zwischen *Sketchpad* und den heutigen Benutzeroberflächen, war ersteres doch mehr eine Art Programm zum Zeichnen und Entwerfen (z.B. von Schaltkreisen) und bot eine ganze Reihe selbst konfigurierbarer Optionen, während heutige Benutzeroberflächen ikonische Symbole in der Regel zum Abrufen standardisierter Programme nutzen. Die Möglichkeiten des eigenen Entwerfens sind in spezielle Programme abgedrängt, und die Fähigkeit des Programmierens ist in der Regel sogar vollends verkümmert.⁵

Wie dem auch sei: Das von Sutherland programmierte Display eines TX2 wird an späterer Stelle des Buches genauer beschrieben.⁶ Wie schon der zitierte

3 Sutherland (wie Anm. 1), S. 9. *Sketchpad* enthält übrigens bereits seine eigene Geschichtsschreibung. In dem „History of Sketchpad“ betitelten Kapitel schreibt Sutherland: „When at the end of the summer of 1960 Jack I. Raffle told me that there was considerable interest at Lincoln Laboratory in making a computer ‚more approachable‘ through advanced use of displays, I paid little heed, but a seed had been planted“ (S. 31). Dieser Satz ist ein Problem für alle Medienwissenschaftler, die grafische Benutzeroberflächen *nur* als von einer Computerindustrie (meist wird *Microsoft* genannt) aufgezwungene Verblendung sehen können, die User vom Wissen des Technischen abhält (was das Display durchaus sein kann). Offenbar strebte die Computerwissenschaft aber schon von sich aus Displays an, die den Zugriff auf Computer vereinfachen.

4 Vgl. Smith, David C.: *Pygmalion: A Computer Program to Model and Stimulate Creative Thought*, Basel 1977, S. 68-91.

5 Wäre es anders, gäbe es nicht die Bemühungen um ‚End-User Delevopment‘, vgl. dazu aktuell Wulf, Volker u.a. (Hrsg.): *End-User Development*, Berlin u.a. 2006.

6 Vgl. Sutherland (wie Anm. 1), S. 63-76.

Satz aus dem Abstract klarstellt, geht es Sutherland um *drawing*, also Zeichnen, als Weg der Interaktion mit dem Computer. Die Idee das Zeichnen als Paradigma des Computer-Displays zu wählen, ist erneut ein Beleg dafür, dass der wenig spezifische – da programmierbare und zu programmierende, weil ansonst funktionslose – Computer notwendig Anleihen bei anderen Medien machen muss und die verschiedenen Formen auf der digitalen Basis auf neue Weise multimedial verbinden kann.⁷ Sutherland konzentriert sich in *Sketchpad* völlig auf das grafische Paradigma, z.B. spielen Klänge noch keine Rolle. Im Fazit bemerkt er (die heutigen Wunderwerke des computeranimierten Films von *Pixar* u.a. vorwegnehmend):

Sketchpad need not be applied only to engineering drawings. The ability to put motion into the drawings suggests that it would be exciting to try making cartoons. The capability of Sketchpad to store previously drawn information on magnetic tape means that every cartoon component ever drawn is available for future use. If the almost identical but slightly different frames that are required for making a motion picture cartoon could be produced semiautomatically, the entire Sketchpad system could justify itself economically in yet another way.⁸

3 VOM MULTIMEDIALEN ZUM ULTIMATIVEN DISPLAY

Doch leben die schönen heutigen Animationsfilme auch und gerade davon, computergenerierte Bilder mit theatralischen und narrativen Elementen, mit Ton und Musik zu verbinden.

1965, also nur zwei Jahre nach *Sketchpad*, schreibt Sutherland seinen Text *The Ultimate Display*.⁹ Nachdem er einige zu seiner Zeit bestehende Inputgerätschaften (Tastatur, Lightpen, Joystick, am Rande auch die Stimmerkennung) beschrieben und in vielerlei Hinsicht für unzureichend befunden hat, spekuliert er detaillierter über die mögliche Beschaffenheit seines ultimativen Displays:

Wenn die Aufgabe des Displays ist, als ein Spiegel zu dienen, durch den man in ein mathematisches, im Computerspeicher konstruiertes

7 Vgl. Schröter, Jens: *Das Netz und die Virtuelle Realität. Zur Selbstprogrammierung der Gesellschaft durch die universelle Maschine*, Bielefeld 2004, S. 8-17 und S. 279-292. Vgl. auch Schröter, Jens: „Intermedialität, Medienspezifität und die universelle Maschine“, in: Krämer, Sybille (Hrsg.): *Performativität und Medialität*, München 2004, S. 385-411.

8 Sutherland (wie Anm. 1), S. 107. Der heute als Startschuss des computeranimierten Films geltende Text Knowlton, Ken C.: „A Computer Technique for Producing Animated Movies“, in: *AFIPS Conference Proceedings, Spring Joint Computer Conference*, Jg. 25, 1964, S. 67-87 erscheint erst 1964.

9 Vgl. Sutherland, Ivan: „The Ultimate Display“, in: Kalenich, Wayne (Hrsg.): *Proceedings of the International Federation of Information Processing Congress 1965*, Jg. 2, Washington/London 1966, S. 506-508. Übersetzung als „Das ultimative Display“ in diesem Heft, S. 29-32.

Wunderland gelangen kann, sollte es so viele Sinne wie möglich ansprechen.¹⁰

Er denkt hier also über Sketchpad hinaus an die Möglichkeiten eines *multimedialen und multisensorischen Displays*, das verschiedene Sinne adressieren kann. Er spekuliert dabei sogar über olfaktorische und gustatorische Displays.¹¹ Und er fragt sich präzise, *wozu* die je und je gelieferte Information nützlich sein kann.

Bei der Darstellung des Verhaltens von Elementarteilchen hätte es vielleicht wenig Sinn den Geruchssinn einzuschließen¹², anders hingegen bei der Darstellung eines (fiktionalen) *wonderlands*, in dem z.B. duftende Blumenwiesen vorkommen. Allerdings räumt Sutherland ein, dass olfaktorische und gustatorische Interfaces zum Zeitpunkt der Abfassung des Artikels noch außerhalb des Möglichen liegen (und das gilt noch heute weitgehend) und beschreibt als näherliegendes Beispiel ein aus der Flugsimulation bekanntes kinästhetisches, *force-feedback* Display:

Die Kraft, die benötigt wird, einen Joystick zu bewegen, könnte vom Computer kontrolliert werden, genauso wie die Stellkräfte der Steue-

10 Sutherland (wie Anm. 9), S. 31.

11 Eine Idee, die kurz vor Sutherland auch Morton Heilig in einem Text, der ohne Zweifel auch zur Genealogie multimedialer und multisensorischer Displays gehört, aufwarf, vgl. Heilig, Morton: „El Cine del Futuro: The Cinema of the Future“ [1955], in: *Presence*, Jg. 1, Nr. 3, 1992, S. 279-294. Vgl. dazu Schröter (wie Anm. 7), S. 180-187. Zur Diskussion grundsätzlicher Möglichkeiten und Probleme zumindest olfaktorischer Displays vgl. Barfield, Woodrow/Danas, Eric: „Comments on the Use of Olfactory Displays for Virtual Environments“, in: *Presence*, Jg. 5, Nr. 1, 1996, S. 109-121. Neuerdings spielen olfaktorische Displays wieder eine gewisse Rolle, vgl. Kaye, Joseph ‚Jofish‘: „The Olfactory Display of Abstract Information“, unter: <http://alumni.media.mit.edu/~jofish/writing/smell.as.media.short.paper.pdf>, 04.07.2006. In diesem Paper wird auch eine skurrile Anwendung eines olfaktorischen Displays namens ‚Dollars & Scents‘ vorgestellt: „Dollars & Scents is an attempt to reproduce previous ambient media research in a different medium. Wisneski [...] explored ambient display of stock market changes through a personal device held in the pocket that would heat up or cool down depending on the state of the market. Dollars & Scents takes an identical input, but instead releases scents into the air: roses if the market is going up, and lemons if it is going down.“ Darauf hat die Welt gewartet!

12 Obwohl z.B. Quarks – neben den Leptonen (wie dem Elektron) und den für die Kräfte zuständigen Austauschbosonen (wie dem Photon) die nach heutigem Stand fundamentalen Teilchen – immerhin einen ‚flavor‘ (amerikanisch für ‚Geschmacksrichtung‘) haben, vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Flavour>, 04.07.2006. Natürlich haben diese ‚Geschmacksrichtungen‘ mit menschlichen Geschmackssinnen ebenso wenig zu tun, wie die ‚Farben‘ der Quarks mit wahrnehmbaren Farben – aber diese kontingenten physikalischen Termini wären Anhaltspunkte für die Visualisierung und ‚Gustatorisierung‘ von Quarks in zumindest vorstellbaren Displays.

zung eines *Link Trainers*¹³ verändert werden, um das Gefühl auszulösen, ein echtes Flugzeug zu fliegen.¹⁴

Das *force-feedback*-Display ist für die Darstellung von Prozessen zwischen Elementarteilchen also durchaus geeignet:

Mit einem solchen Display könnte ein Computermodell von Teilchen in einem elektrischen Feld die manuelle Kontrolle der Position einer bewegten Ladung – komplett mit der Wahrnehmung der auf die Ladung einwirkenden Kräfte – mit der visuellen Präsentation der Position der Ladung verbinden.¹⁵

Jeder der verschiedenen Display-Typen und die von ihm adressierten Sinne haben mithin Potenziale für die Präsentation verschiedener Informationen.

Die (multimediale und multisensorische) Präsentation von *Information* ist der zentrale Gedanke des Textes:

Durch die Arbeit mit solchen Darstellungen [*displays*] von mathematischen Phänomenen können wir diese genau so gut kennenlernen wie unsere eigene, natürliche Welt. Dies ist das wesentliche Versprechen von Computer-Displays.¹⁶

D.h. zwei Jahre nach *Sketchpad*, wo es eher um die Interaktion mit einem grafischen Display ging, realisiert Sutherland die Möglichkeit, mit Computern ansonsten völlig unerfahrbare (mathematische, physikalische) Phänomene sinnlich erfahrbar zu machen. So gesehen ist *The Ultimate Display* ein wichtiger Schritt im Feld der heute soviel diskutierten wissenschaftlichen Visualisierung, Sonisierung, Kinästhetisierung – den Verfahren, um abstrakte Daten auf schnell begreifbare Weise zu versinnlichen. Aber:

Es gibt keinen Grund, warum von einem Computer dargestellte [*displayed*] Objekte den gewöhnlichen und uns vertrauten Regeln der physikalischen Realität folgen müssten. Das kinästhetische Display könnte genutzt werden, um die Bewegungen einer negativen Masse zu simulieren.¹⁷

13 Der *Link Trainer* ist einer der frühesten Flugsimulatoren.

14 Sutherland (wie Anm. 9), S. 31.

15 Sutherland (wie Anm. 9), S. 31.

16 Sutherland (wie Anm. 9), S. 32.

17 Sutherland (wie Anm. 9), S. 32.

Das Interessante an dem materialitätsfreien Charakter virtueller Objekte¹⁸ ist, dass sie beliebig abgewandelt werden können. Das Display wird „ein Spiegel, durch den wir in ein mathematisches Wunderland gelangen können“¹⁹ – wie Sutherland in einer erneut an Lewis Carroll angelehnten Metapher sagt.²⁰ So weit, so gut: Jedoch nimmt der Text zum Ende eine unheimliche und utopische Färbung an:

Das ultimative Display wäre – natürlich – ein Raum, in welchem der Computer die Existenz der Materie kontrollieren kann. Ein in einem solchen Raum dargestellter [*displayed*] Stuhl wäre zum Sitzen geeignet. In einem solchen Raum dargestellte [*displayed*] Handschellen würden fesseln und ein in einem solchen Raum dargestelltes [*displayed*] Geschoß wäre tödlich. Mit der angemessenen Programmierung könnte ein solches Display buchstäblich das Wunderland sein, in welches Alice ging.²¹

Hier löst sich Sutherlands Text endgültig von einer Beschreibung realer Computerdisplays – denn das Problem ist ja keineswegs nur die angemessene Programmierung, sondern auch eine entsprechend leistungsfähige Hardware und vor allem eine – bis heute kaum denkbare – Peripherie, die überhaupt ‚Materie‘ aufbauen oder kontrollieren könnte.

In Sutherlands Diskurs ist das *ultimate Display* ein Raum, der jede beliebige Umgebung in ihren audiovisuellen, haptischen und – wie die Spekulation über die Möglichkeit, die Existenz der Materie in diesem Raum zu kontrollieren, nahe legt – auch olfaktorischen und gustatorischen Aspekten erschaffen kann. Doch das vollendete Display ist auch eine Gefahr. Das Subjekt wird in der totalen, multisensorischen Illusion – und Immersion – gefangen und bedroht. Bezeichnenderweise wählt Sutherland Handschellen und tötende Kugeln als zwei der drei Beispiele für die Potenz des ultimativen Displays. Alices Wunderland verkehrt sich in eine tödliche Bedrohung.²²

18 Zu dieser Definition von ‚virtuell‘ vgl. Schröter (wie Anm. 7), S. 166-168.

19 Sutherland (wie Anm. 9), S. 29.

20 Dass der Bezug auf Lewis Carrolls Geschichte von Alice, die durch die Spiegel in das Wunderland ging, bei Sutherland durchaus nicht zufällig ist, zeigt eine weitere in Bezugnahme in Sutherland, Ivan E.: „Windows into Alice’s Wonderland“, in: *Institute of Electrical and Electronics Engineers (= IEEE) Student Journal*, Jg. 8, September 1970, S. 36-41. Vgl. Carroll, Lewis: *Alice im Wunderland und was Alice hinter dem Spiegel fand*, Stuttgart/München 1991.

21 Sutherland (wie Anm. 9), S. 32.

22 Fiktionen solcher Räume – inklusive der Bedrohung durch ein zu ‚realistisches‘ Display – wird man später in populären Fernsehserien wie *Star Trek – The Next Generation* wiederfinden, vgl. Schröter, Jens: „Das Holodeck: Phantasma des ultimativen Displays“, in: Rogotzki, Nina u.a. (Hrsg.): *Faszinierend! Star Trek und die Wissenschaften*, Bd. 1, Kiel 2003, S. 105-130.

In gewisser Weise erinnert dieses Szenario an den 1999 überaus populären Film THE MATRIX, der offenkundig keineswegs so originell ist, wie zahlreiche, in der Geschichte des Computers wie der Science Fiction²³ unbeschlagene, Kommentatoren glauben machen wollten. Zur Handlung des Films: Der Krieg zwischen den Menschen und fortgeschrittenen Computerintelligenzen ist von den KIs bereits gewonnen worden – sie beherrschen längst die Erde. Die Menschen dienen nur noch als Energiequelle. Sie leben ‚schlafend‘ in Tanks voller Nährlösung, angeschlossen an Systeme, die ihre vegetativen Funktionen aufrechterhalten und sie mit einem gigantischen Simulationssystem (der ‚Matrix‘) vernetzen, welches ihren Bewusstseinen vorspiegelt, ein ganz normales Leben im späten 20. Jahrhundert mit all seinen Wonnen und Widrigkeiten zu führen.²⁴

In THE MATRIX wird computergestützten Präsentationen etwas als selbstverständlich unterstellt, was sie gar nicht können und in ihren wissenschaftlichen, militärischen etc. Verwendungen meist auch nicht einmal sollen, selbst wenn es möglich wäre: nämlich die so genannte ‚Realität‘ oder zumindest Segmente aus ihr komplett zu verdoppeln – wozu, außer um Subjekte zu betrügen, sollte man das auch machen? Will man Subjekte z.B. in Flugsimulatoren trainieren und konditionieren, soll die so genannte ‚Wirklichkeit‘ gerade nicht vollständig, sondern nur in ihren operativ relevanten Aspekten verdoppelt werden. Ein Flugsimulator, in dem man z.B. beim Absturz auch sterben könnte, wäre sinnlos. Und bei Sutherland ging es ja zunächst nur um die Präsentation dessen, was wir normalerweise gerade nicht wahrnehmen können. Nicht so in THE MATRIX: In der virtuellen Welt von THE MATRIX kann man gefesselt auf Stühlen sitzen (wie in einer Verhörscene) und von – übrigens tricktechnisch aufwändig in Szene gesetzten – Kugeln getötet werden. Es drängen sich Ähnlichkeiten zum Ende (aber eben *nur* zum Ende) von Sutherlands *Ultimate Display* geradezu auf.

23 Vgl. Schröter (wie Anm. 7), S. 168-180.

24 Folglich kontrolliert das Simulationssystem in THE MATRIX also nicht die Materie, sondern deren Apperzeption – was in dem Berkeleyschen Modell von THE MATRIX auf das Gleiche hinausläuft.



Abb. 3a-g: Handschellen, Stühle und tötende Kugeln in *THE MATRIX*. Screenshots aus: *THE MATRIX*, (USA 1999, Buch und Regie: Andy & Larry Wachowski).

Dieses Phantasma einer „komplette[n] technologischen Reproduktion der Realität“²⁵ ist offenbar ein Phantasma omnipotenter Kontrolle. Denn die Existenz der Materie zu kontrollieren (wie bei Sutherland), hieße sie vollkommen zu durchdringen – nichts bliebe an der Materie gefährlich und unberechenbar. Letztlich geht dieser Kontrollwunsch aus der Genealogie der Simulationstechnologien hervor, die als Reaktion auf sehr materielle Störungen oder Katastrophen entstanden sind. Durch Prognosen anhand von Computermodellen des Realen bzw. der Konditionierung von Subjekten sollten solche Störungen abgewendet werden.²⁶

4 OPERATIVE DISPLAYS: DAS HEAD-MOUNTED DISPLAY

So ist es nur folgerichtig, dass Sutherland 1968, nur drei Jahre nach *The Ultimate Display*, dessen Ende so sehr nach Krieg und Folterkellern klingt, die bis heute bestehende Firma *Evans & Sutherland* gründet, die sich zunächst auf Display-Systeme für das Militär spezialisierte. Noch heute kann man auf der Website der Firma lesen:

Evans & Sutherland produces hardware and software to create highly realistic visual images for simulation, training, engineering, and other applications throughout the world. E&S visual systems are used in both military and commercial systems [...].²⁷

Ein wichtiges Produkt war neben Flugsimulatoren und ähnlichen Konditionierungstechnologien das *Head-Mounted Display* (= HMD), also eine Datenbrille, die ein optimal aufbereitetes Sichtfeld präsentiert. So etwas wäre im zeitgleichen Krieg der USA gegen Vietnam – in dem Handschellen und tötende Kugeln unrühmliche Rollen spielten – für die Bomberpiloten, die Napalm und Agent Orange abwarfen, sicherlich hilfreich gewesen. Doch soweit war man noch nicht: Sutherland und seine Mitarbeiter entwickeln bis 1968 das erste HMD und präsentieren ihre Arbeit in einem Aufsatz mit dem Titel *A Head-mounted Three Dimensional Display*.

25 Žižek, Slavoj: *Die Pest der Phantasmen. Die Effizienz des Phantasmatischen in den neuen Medien*, Wien 1997, S. 123. Vgl. die – wie zeitgleich Sutherland – von Lewis Carroll inspirierte Studie Deleuze, Gilles: *Logik des Sinns* [1969], Frankfurt a.M. 1993, in der der Autor (in einem Anhang) in anderer Absicht den zu Sutherland so passenden Satz formuliert: „Die Simulation ist das Phantasma selbst, das heißt das Funktionieren des Trugbilds als Maschinerie“ (S. 321).

26 Vgl. Schröter, Jens: „Computer/Simulation. Kopie ohne Original oder das Original kontrollierende Kopie?“, in: Fehrmann, Gisela u.a. (Hrsg.): *OriginalKopie – Praktiken des Sekundären*, Köln 2004, S. 139-155.

27 Vgl. <http://www.es.com/>, 04.07.2006.

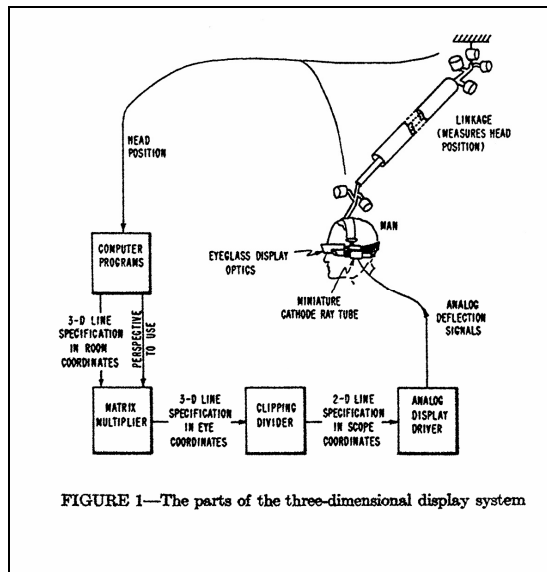


Abb. 4: Ivan Sutherlands HMD, schematische Darstellung, aus: Sutherland, Ivan E.: „A Head-mounted Three Dimensional Display“, in: *AFIPS Conference Proceedings*, Jg. 33, Teil 1, 1968, S. 757-764, hier S. 758.

Von der Kontrolle der Materie ist nicht mehr die Rede, ist dieser Aufsatz doch die Präsentation von tatsächlichen Forschungsergebnissen. Die ersten Abschnitte umreißen die Grundidee:

The fundamental idea behind the three-dimensional display [hier = HMD, J.S.] is to present the user with a perspective image which changes as he moves. [...] The image presented by the three-dimensional display must change in exactly the way that the image of a real object would change for similar motions of the user's head. [...] Our objective in this project has been to surround the user with displayed three-dimensional information.²⁸

Zunächst ist die Konzeption des HMD eine Verbindung des mit dem Stereoskop im 19. Jahrhundert erstmals aufgetretenen *binokularen Bildes* mit dem *Rundumblick*.²⁹ Diese Verbindung ist historisch neu: Möglich wird sie nur, weil sich das Bild mit den Kopfbewegungen des rezipierenden Subjekts verändert. Nicht zufällig taucht in Sutherlands Text über das HMD das Wort ‚virtuell‘ auf.³⁰ Der dreidi-

28 Sutherland, Ivan E.: „A Head-mounted Three Dimensional Display“, in: *AFIPS Conference Proceedings*, Jg. 33, Teil 1, 1968, S. 757-764, hier S. 757.

29 Vgl. Sutherland (wie Anm. 28), S. 757: „We can display objects beside the user or behind him which will become visible to him if he turns around.“

30 Vgl. Sutherland (wie Anm. 28), S. 757, S. 759 und S. 763.

mensionale Raum, der den Betrachter umgibt, ist virtuell. Das ist ein wichtiger Unterschied zum Rundumblick im traditionellen Panorama: Das Panorama ist real, besteht also auch ‚hinter dem Rücken‘ des betrachtenden Subjekts weiter.³¹ In der virtuellen Umgebung hingegen wird immer nur der Ausschnitt, den der Betrachter gerade betrachtet, auf dem Display dargestellt – Sutherland spricht daher von „virtual screen position“.³² Die virtuelle Umgebung ist zunächst nur eine logische Struktur, eine mathematische Beschreibung eines Raums, das „mathematische [...], im Computerspeicher konstruierte [...] Wunderland“³³. Diese Struktur wird mit den Daten, die das betrachtende Subjekt durch seine (mit *head-tracking* abgetasteten³⁴) Kopfbewegungen liefert, verrechnet und so das Bild für das Display erzeugt. Die virtuelle Umgebung wird im Prozess der Interaktion performativ *aktualisiert*. Wahrnehmungspsychologe James J. Gibson schrieb 1972:

[Z]wischen den stereoskopischen und panoramischen [sic] [Bildern] [gibt es] grundsätzliche Unterschiede [...], die es unmöglich machen, sie gleichzeitig in einem grossen [sic] Ansatz zu verwenden um ‚totalen Realismus‘ zu erreichen.³⁵

Gibson kannte offenkundig die HMDs und deren virtuelle Synthese von Panorama und Stereoskop noch nicht.

Ein perspektivisches Bild, welches sich mit der Kopfbewegung des Betrachters verändert,³⁶ macht es dem Betrachter – im Unterschied zur Betrachtung statischer, perspektivischer Bilder – unmöglich, *nicht* den vorgesehenen Augenpunkt einzunehmen. Es gibt keine Möglichkeit, den von der apparativen Anordnung für das Subjekt vorgesehenen Platz gegenüber dem Bild zu verlassen – und dazu sind noch nicht einmal die in Sutherlands Szenario des ultimativen Displays ausgemalten Handschellen notwendig. Wieder wird das Subjekt auf gewisse Art und Weise kontrolliert und gefangen. So gesehen steht auch diese Fortschreibung

31 Was übrigens der Grund dafür ist, dass sich Panorama-Techniken zumindest für narratives Kino nicht eignen – hinter dem Rücken könnten nämlich gerade relevante Handlungsteile ablaufen.

32 Sutherland (wie Anm. 28), S. 757.

33 Sutherland (wie Anm. 9), S. 31.

34 Einen Überblick über verschiedene Verfahren des Head-Trackings sowie anderer Position-Tracking-Systeme liefern Meyer, K. u.a.: „A Survey of Position Trackers“, in: *Presence*, Jg. 1, Nr. 2, 1992, S. 173-200.

35 Gibson, James J.: „Eine Theorie malerischer Wahrnehmung“, in: Kepes, György (Hrsg.): *Zeichen, Bild, Symbol*, Brüssel 1972, S. 62-77, hier S. 75.

36 In Sutherland, Ivan E.: „Perspective Views that Change in Real Time“, in: *Proceedings of the Meetings of the Users of Automatic Information Display Equipment (UAIDE)*, Jg. 8, 1969, San Diego, S. 299-310, hier S. 304 findet man eine knappe Darstellung der für die Erstellung solcher Bilder notwendigen Hardware.

der perspektivischen Bildordnung in der Tradition der Simulations- als Kontrolltechnologien.³⁷

Da also auch in der Konzeption des HMDs Sutherlands ‚realistische‘ Bilder das Ziel sind, müssen die Abschattungen der repräsentierten Objekte sowie ihre gegenseitigen Verdeckungen berechnet werden: „In order to make truly realistic pictures of solid three-dimensional objects it is necessary to solve the ‚hidden line problem‘.“³⁸ Als Sutherland und seine Mitarbeiter das erste HMD entwarfen, gab es zwar schon eine Reihe von Softwarelösungen für das ‚hidden line‘-Problem, unter anderem die 1963 von Lawrence Roberts am MIT entwickelten Algorithmen,³⁹ die vor allem zur maschinellen Gestalterkennung und für die militärisch wichtige Auswertung großer Mengen von Fotografien konzipiert waren. Jedoch stand die einzige in *real-time* arbeitende Lösung zu dieser Zeit nur der NASA zur Verfügung, weswegen Sutherland und seine Mitarbeiter lediglich transparente *wireframe*-Modelle darstellen konnten. Eine ‚Virtuelle Realität‘ oder gar das ‚ultimative Display‘ waren 1968 also schon deswegen nicht machbar, weil die Realität in den meisten Fällen nicht transparent ist: „Because the objects presented are transparent and made of glowing lines *essentially free of texture*, no one is fooled into thinking that they are real.“⁴⁰ Schließlich war Sutherlands HMD halbdurchlässig und erlaubte so die Überlagerung der Computer-Bilder mit den Bildern des Realraums:

Half-silvered mirrors in the prisms through which the user looks allow him to see both the images from the cathode ray tubes and objects in the room simultaneously. Thus displayed material can be made either to hang disembodied in space or to coincide with maps, desk tops, walls, or the keys of a typewriter.⁴¹

Sutherland hatte mithin bei der Entwicklung des HMD gar nicht das Ziel, einen (den Betrachter abschottenden) *immersiven* Raum zu schaffen. Das Display war als ein Interface konzipiert, welches die sinnfällige und komplexitätsreduzierte Präsentation von Information (z.B. für die wissenschaftliche Visualisierung oder militärische Zwecke – siehe die „maps“, die Sutherland nennt) ermöglichen sollte. HMDs dienten zur Effizienzsteigerung des Subjektes – z.B. eines Kampfpiloten.

37 Vgl. Merleau-Ponty, Maurice: *Das Auge und der Geist*, Berlin 1984, S. 80, der in Bezug auf die Perspektive von einer „beherrschten Welt“ spricht. Vgl. auch Latour, Bruno: „Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands“, in: *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, Jg. 6, 1986, S. 1-40, hier S. 7-10.

38 Sutherland (wie Anm. 28), S. 757. Der letzte Satz lautet: „Observers capable of stereo vision uniformly remark on the realism of the resulting images“ (S. 763).

39 Vgl. Roberts, Lawrence G.: *Machine Perception of Three-Dimensional Solids* [1963], New York/London 1980 [Diss.].

40 Sutherland (wie Anm. 20), S. 40, Hervorhebung, J.S.

41 Sutherland (wie Anm. 28), S. 759.

Die dort verwendeten HMDs sind allerdings nicht halbdurchlässig, denn der Pilot soll durch den Abschluss des Gesichtsfeldes von allen störenden Außeneinflüssen abgeschottet werden. 1982 wurde ein erster funktionsfähiger Prototyp einer Datenbrille für Kampfflugzeuge als VCASS⁴² vorgestellt. Ab 1986 wurde dieses Projekt unter dem Namen *Super Cockpit* weitergeführt. Dabei wird die Darstellung auf die entscheidungsrelevanten Informationen reduziert.⁴³ Es wäre schlicht absurd, den Piloten in ein HMD zu zwingen, das dann illusionistisch genau das zeigt, was er auch ohne HMD sehen könnte. In diesem Sinne sind die ersten HMDs gerade *keine* Vorläufer der illusionistisch-eskapistisch gedachten ‚Virtual Reality‘ der frühen 1990er Jahre.⁴⁴

Übrigens ist bemerkenswert, dass Sutherland am Rande erneut die Nutzung der entwickelten Computertechniken im kommerziellen Unterhaltungskino anregt und dabei – wie so viele Informatiker der 1960er Jahre – den Computer selbstverständlich schon als ‚Neues Medium‘ ansieht: „These effects provide exciting potentials for exploitation in motion picture films. [...] We have a *new medium* here waiting to be exploited.“⁴⁵

5 FAZIT: SUTHERLANDS DISPLAYS

Es wird in diesem knappen Rückblick deutlich, welche Wege und Umwege die Geschichte der Displays für Computer im Falle Sutherlands gegangen ist. Von der Frage, wie die Kommunikation zwischen menschlichem Nutzer und Maschine durch ein grafisches Display vereinfacht werden kann, wandelte sie sich zu dem Problem, wie in multimedialen und multisensorischen Kombinationen abstrakte oder gar physikalisch unmögliche Informationen je sinnvoll sinnlich präsentiert und erfahrbar gemacht werden können. Genau an dieser Stelle kippt das multimediale ins ultimative Display um. Die „elektronischen Simulationstechniken steigern [...] die Darstellung zu einem perfekten ‚Als-Ob‘“, wie Gottfried Boehm es einmal in anderem Zusammenhang formulierte.⁴⁶ Und dieses perfekte – freilich de facto gar nicht existente – Als-Ob wäre nicht nur, was Boehms Hauptproblem ist, die Aufhebung der reflexiven Eigenlogik der Präsentation zugunsten der „perfekten Repräsentation einer Sache“⁴⁷, sondern vielmehr noch ein bedrohliches Gefäng-

42 = Visually Coupled Airborne Systems Simulator.

43 In Furness, Thomas: „The Supercockpit and its Human Factors Challenges“, in: *Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Human Factors Society*, Dayton, Ohio, 1986, S. 48-52, hier S. 48 wird hervorgehoben, dass das „screening and filtering information for the display [...] for enhancing mission performance“ eine der zentralen Aufgaben des Displays sei.

44 Vgl. Schröter (wie Anm. 7), S. 215-221.

45 Sutherland (wie Anm. 36), S. 306 und S. 308, Hervorhebung, J.S.

46 Boehm, Gottfried: „Die Wiederkehr der Bilder“, in: ders. (Hrsg.): *Was ist ein Bild?*, München 1994, S. 11-38, hier S. 35.

47 Boehm (wie Anm. 46), S. 34.

nis, in dem sich das Subjekt verliert und sogar umkommen kann. Zwar ist der am Ende von *The Ultimate Display* mit den ‚Handsellen‘ angedeutete Aspekt der Kontrolle auch in der späteren Arbeit Sutherlands an den *Head-Mounted Displays* spürbar. Jedoch ist – anders als Boehm meint⁴⁸ – die Reduktion des Illusionismus keineswegs immer der Weg zu einer Reflexivität des präsentierenden Mediums, welche kritische Distanz ermöglicht. Ein operatives – und darin gerade nicht mehr illusionistisches und ‚perfekt repräsentierendes‘ – Display, wie HMDs für Kampfpiloten, soll strategisch relevante Informationen aufbereiten, um die Performanz des Subjekt zu optimieren. Ein ultimatives, illusionistisches Display löst u.U. viel weniger Machteffekte aus als ein operatives, nicht-illusionistisches Display. Die totale Illusion – oder zumindest Approximationen an diese – kann zu Desorientierung und Paralyse führen, wie etwa die Schwindelanfälle in CAVEs und ähnlichen Environments zeigen.⁴⁹ Geschickt organisierte multimediale und interaktive Displays hingegen können, selbst und gerade wenn sich die einzelnen Elemente nicht zu einer illusionistischen Immersion verbinden, den Nutzer ggf. optimal adressieren. Die Frage nach dem Display kann mithin nicht mit der viel zu groben (oder alleine kunsthistorischen Fragestellungen, die auf Displays so nicht applizierbar sind, verdankten) Differenz illusionistisch/reflexiv arbeiten. Vielmehr muss sie die letztlich politische Frage nach der *Operativität* der (multimedialen, interaktiven, immersiven) Displays in je und je verschiedenen strategischen Konstellationen sein.

48 Denn Boehm (wie Anm. 46), S. 35 räumt ein, dass auch „mit reproduktiven – oder simulierenden – Bildtechniken [...] starke Bilder gemacht werden könnten.“ Die Anforderung wäre: „Von diesen neuen Techniken einen bildstärkenden Gebrauch zu machen, setzte freilich voraus, die ikonische Spannung kontrolliert aufzubauen und dem Betrachter sichtbar werden zu lassen. Ein starkes Bild lebt aus eben dieser doppelten Wahrheit: etwas zu zeigen, auch etwas vorzutäuschen und zugleich Kriterien und Prämissen dieser Erfahrung zu demonstrieren.“ Mit ‚starken Bildern‘ sind kanonisierte künstlerische Bilder gemeint.

49 Vgl. Biocca, Frank: „Will Simulation Sickness Slow Down the Diffusion of Virtual Environment Technology?“, in: *Presence*, Jg. 1, Nr. 3, 1993, S. 334-343.

DIE BÜHNE ALS DISPLAY

Prekäre Trennschärfen zwischen kontinuierlichem Messen und diskretem Zählen¹

VON MARTINA LEEKER

I DISPLAY-ENVIRONMENTS UND MENSCHEN ALS STEUERUNG

Ein bis heute weit verbreitetes Format der Nutzung von Computern in Theater und Performance² besteht darin, über Projektoren Vorgänge auf dem Computerbildschirm, die aus (un-bildlichen) Berechnungen im Computer entstehen und gesteuert über Grafikkarten und Displayprozessoren durch Ablenkungen von Elektronen³ als Bilder erscheinen, auf eine Leinwand zu bringen. Zu sehen sind auf den zu Projektionsflächen verlängerten Displays beispielsweise Videobild-Veränderungen, die in so genannter Echtzeit von den Bewegungen der Akteure oder von Tönen⁴ ausgelöst werden. Das Besondere von Theater und Performance ist, dass sie den interaktiven Zugriff auf Daten im Computer *in* den Raum verlegen und den Menschen zu einem überdimensionierten Steuerungsdevice⁵ werden lassen. Eine Art ‚intelligentes‘ Environment entsteht, in dem Mensch und Computer sich in einem Feedbackloop befinden.⁶ Es wird in diesen Performances mit Com-

-
- 1 Ich danke Jeremy Bernstein, Dominik Busch, Martin Slawig und Alfred Wassermann für technische Erläuterungen. Domingo Stephan danke ich für die Bearbeitungen der Abbildungen. Katharina Karcher gilt mein Dank für redaktionelle Unterstützung.
 - 2 Die Verbindung von Computer und Performance beginnt in den 1960er Jahren mit Experimenten der Künstlergruppe E.A.T in New York. Vgl. dazu einführend: Büscher, Barbara: „InterMedia-Material“, in: Brandstetter, Gabriele u.a. (Hrsg.): *Grenzgänge. Das Theater und die anderen Künste*, Tübingen 1998, S. 113-125.
 - 3 Es wird bis heute Bezug auf die traditionellen Kathodenstrahlröhren genommen, auch wenn Videoprojektoren, Datenbeamer und LC-Displays auf der Grundlage von Licht-Polarisationsrichtungen und Pixeln arbeiten.
 - 4 Vgl. zu Geschichte und Technik der Steuerung von Visuellem durch Akustisches, wie es heute ausgeprägt im Vjing genutzt wird: Dreixler, Volker/Schraut, Ingo: *Visual Jockeying in Theorie und Praxis. Betrachtung einer zeitgenössischen Form der visuellen Musik*, Hochschule der Medien Stuttgart 2005 (Dipl.), http://www.visual-music.net/files/Ingo_Schraut_Diplom.pdf, 02.07.2007.
 - 5 Dieses Arrangement erinnert nicht von ungefähr an den Lichtgriffel in Ivan Sutherlands *Sketchpad* aus den Entstehungszeiten der interaktiven Computergrafik zu Beginn der 1960er Jahre. Vgl. dazu Kapitel 4 in diesem Text.
 - 6 Technisch stellt sich diese allerdings bloß metaphorische Anmutung durch eine Ausstattung der Bühne mit Input-Apparaten her, analoge Sensoren und (heutzutage) digitale Kameras, die die Bewegungen der Akteure abnehmen und sie in Daten wandeln, die Rechnungen im Computer steuern. Eine wichtige Vorrichtung in diesem Display- und Interfacedesign ist das MIDI, mit dem die notwendige Analog-/Digital-Wandlung vorgenommen wird.

putern also der Anschein erweckt, als ob die speziellen Projektions-Environments, etwa Gazévorhänge vor der Bühne oder erfindungsreiche Arrangements von Projektionsflächen auf der Spielfläche, gar die gesamte Theaterbühne selbst zu Displays im Sinne operativer Ein- und Ausgabeoberflächen würden.⁷

Zwei Fragen stellen sich im Kontext dieser Experimente. Welcher Status wird (1) den Displays mit ihrer Verräumlichung in den Performances zugesprochen, insbesondere, welche Beziehung wird zwischen den Displays und den internen Vorgängen im Computer durch die Performance hergestellt? Welche Bedeutung haben (2) die *Erweiterung/Verräumlichung* des Displays sowie die Integration des Menschen in das dadurch operativ gewordene Environment für Verfasstheit und Beschreibung von Computergeschichte? Oder anders: Welche Computergeschichte wird durch deren Theatergeschichte generiert?

2 DAS DISPLAY-ENVIRONMENT IN *HIER*. COMPUTERGESCHICHTE ALS ZUSAMMENSPIEL VON ELEKTRONISCHER BILDMODULATION, DIGITALER BILDGENERIERUNG UND ZELLULÄREN AUTOMATEN

Um diese Fragen zu klären, soll eine bemerkenswerte Inszenierung zum Ausgangspunkt genommen werden, die in signifikanter Weise technik-, diskurs- und wissensgeschichtliche Kontexte einspielt und so im Hinblick auf eine *Theatergeschichte des Computers* von besonderer Bedeutung erscheint.

In der Produktion *hier* (2005), der in Braunschweig ansässigen Performance-Gruppe *blackhole-factory*,⁸ konstituiert sich die Spielfläche bzw. das Display-Environment je anders aus neun von der Decke hängenden Papierbahnen, die als Projektionsflächen dienen. Die Papierbahnen sind mit Motoren versehen und mit einem Computer verbunden, so dass sie sich – zum Teil gesteuert von der Akteurin Elke Utermöhlen, die an einem Kletterseil in der Installation hängt – bewegen können und je einen anderen Einblick auf die Performerin freigeben. Zu sehen sind auf den Papierbahnen mit dem Programm *Max/MSP/Jitter*⁹ bearbeitete Videobilder der Performerin, die über aus einem Kameratracking ihrer Bewegungen gewonnene Daten generiert und über drei Beamer so projiziert werden, dass immer ein Projektor das Bild auf drei Papierbahnen wirft.¹⁰ Die Videodaten werden u.a. mittels einer Akzentuierung der Körperumrisse sowie der Farbsättigung so bearbeitet, dass Körper und Bewegungen nur mehr als Spur erscheinen.

7 Damit nimmt das Theater seit den 1960er Jahren Entwicklungen vorweg, wie sie heute im Rahmen von *augmented reality* und *ubiquitous computing* diskutiert und erprobt werden. Es geht um intuitive Interfaces, die eine Existenz im Raum haben und mit einer Gesten- und Bewegungserkennung gesteuert werden können.

8 Vgl. zu *hier*: <http://www.blackhole-factory.de/hier.html>, 02.07.2007.

9 Vgl. dazu die Website des Herstellers: *Cycling 74*: „Max/MSP“, 2007, <http://www.cycling74.com/products/maxmsp>, 02.07.2007.

10 Auf diese Weise sind auch die Innenseiten der Papierbahnen mit Projektionen versehen.

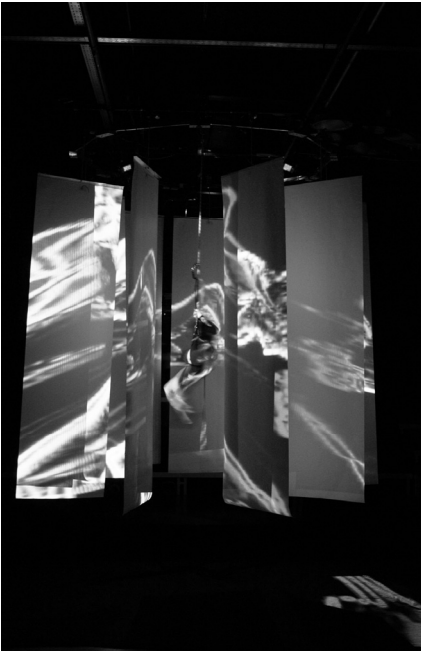


Abb. 1: Display-Environment in ‚hier‘ (2005)¹¹

Zusätzlich zur Videomanipulation und Steuerung durch die Bewegungen der Akteurin wird noch die durch einen *zellulären Automaten*¹² eingefügt, der im letzten Drittel der Aufführung auch als sich ständig verändernde Formationen von wohlbekanntem Figuren eines *Game of Life* auf den Projektionsflächen zur Anschauung gebracht wird. Der zelluläre Automat steuert die Performance immer dann, wenn die Bewegungen der Performerin einen festgelegten Schwellenwert unterschreiten. Liegt dieses Signal vor, wird das ‚Pixelbild‘ der Position des Körpers in den zellulären Automaten übertragen (vgl. Abb. 2) und zum Ausgangspunkt für Verteilung und Organisation der Zellen (vgl. Abb. 3). Solange der zelluläre Automat auf Grund des Schwellenwertes der Bewegungen der Akteurin die Steuerung vornimmt, wird er von diesen nicht beeinflusst. Er organisiert sich vielmehr selbst über das Verhältnis von ‚toten‘ und ‚lebendigen‘ Zellen (d.h. nach Wachstum oder Verfall).

11 Foto: Martin Kroll.

12 Dieser zelluläre Automat läuft als ein externes Objekt von *SoftVNS*, entwickelt von David Rokeby, in der Programmierungsumgebung *Max/MSP/Jitter*. Vgl. dazu Rokeby, David: „SoftVNS“, 2002, <http://homepage.mac.com/davidrokeby/softVNS.html>, 02.07.2007.

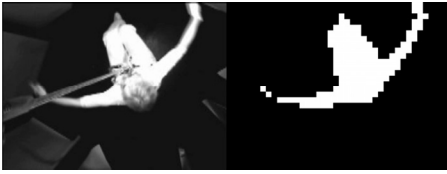
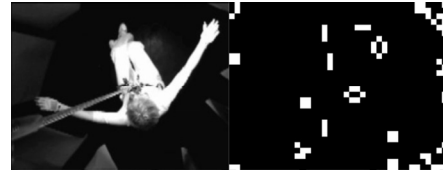


Abb. 2: Körper und ‚Pixelbild‘

Abb. 3: Organisation der Zellen¹³

Ziel der Verwendung des zellulären Automaten ist die Schaffung eines Environments, das der Mensch nicht organisieren und kontrollieren kann.¹⁴ Der Mensch soll in einen operativen Raum geraten, in dem er sich die Kontrolle über dessen Struktur und Aussehen mit einem sich selbst organisierenden Automaten teilt und so integraler Bestandteil eines vom Computer selbsttätig gesteuerten, vermeintlich intelligenten Environments wird.¹⁵

Bei genauerer Betrachtung konvergieren in *hier* drei Strömungen innerhalb der Computerentwicklung. Es handelt sich (1) um über *analoge Computer* gesteuerte Videosynthesizer zur *elektronischen Bildmodulation* als Vorläufer unterschiedlicher Formen der computergestützten Bildbearbeitung und Bildgenerierung (vgl. Lee Harrisons ANIMAC, 1962) und (2) um *interaktive Computergrafik* mit digitalen Computern (vgl. Ivan Sutherlands *Sketchpad* mit Lichtgriffel, 1963). Elektronische Bildmodulation und Computergrafik konstituieren sich beide gleichermaßen aus der Integration und Funktionalisierung der Kathodenstrahlröhre (CRT) als Display im Sinne einer operativen Eingabe- und Ausgabefläche, d.h. sie zeigt nicht nur die Ergebnisse des Computers¹⁶ in Echtzeit an, sondern ist Teil der Verrechnungen, Steuerungen und Schaltungen. In den Performances mit Computern wird eben dieses Setting in den Raum vergrößert und der Akteur so an den Computer gebunden, dass er selbst zur Steuerungseinheit wird. Im Theater werden also zwei Bereiche zusammengeschlossen, die – so zumindest die bisherige Medien- und Technikgeschichtsschreibung –, obwohl sie zeitgleich nebeneinander bestehen, nur wenig miteinander zu tun haben. Es gilt zu klären, was deren in der Performance zur Anschauung kommende Ko-Existenz und deren Zusammenspiel über Computergeschichte aussagt bzw. sie neu formuliert. Mit dem zellulären Automaten werden schließlich (3) die Interaktivierung von digitaler Bildgenerierung und die über Elektronen gesteuerte analoge Abtastanimation in einen Bezug zur

13 Screenshots: Martin Slawig.

14 So Martin Slawig in einem Telefoninterview mit der Autorin am 10.06.2007.

15 Der Anschein, dass die Selbststeuerung sich auf das Environment ausdehnt, kommt dadurch zustande, dass die Organisation der Zellen des Automaten nicht nur in der Projektion repräsentiert wird, sondern sie sich auch in Bewegungen der Papierbahnen, in den Winkeln der Stellung der Papierbahnen zur Aufhängung, in ihren Rotationen sowie in ihrem Zittern und Flattern manifestiert.

16 Die Trennung von Daten und Display immer vorausgesetzt, denn was auf dem Display erscheint sind nicht die Daten selbst, sondern deren Transformation in Phosphorleuchten.

Konzeptualisierung und Erprobung der Berechenbarkeit von Mensch und Natur als selbst gesteuerte und sich selbst reproduzierende Automaten gebracht.

Was bedeutet diese durchaus ungewöhnliche Zusammenschaltung über Inszenierungsweisen von Displays für eine *Theatergeschichte des Computers*?

3 ANIMAC. SICH DIGITAL GEBÄRDENDER ANALOGER VIDEOSYNTHESIZER

Eine höchst interessante Form der computergesteuerten Bildmodulation, die heute als Beginn der Computeranimation gilt, wurde von Lee Harrison III¹⁷ mit ANIMAC (Hybrid graphic animation computer, 1962)¹⁸ und *Scanimate* (1969)¹⁹ erfunden und praktiziert. Die Bildmanipulation mit dem ANIMAC kann als eine der Ursprünge von *Theater mit Computern* gelten: Für eine Filmproduktion statuierte Harrison eine Tänzerin mit Potentiometern – Spannungsreglern, die gewöhnlich in Form von Knöpfen im Patchpanel des ANIMAC integriert waren – aus und verband sie über Kabel mit dem Rechner, so dass es schien, sie würde durch ihre Bewegungen in Echtzeit eine Strichfigur, die auf einer CRT sichtbar wurde, über den Computer animieren. Auf einer Fotomontage Lee Harrisons (vgl. Abb. 4) wird für die Nachwelt der bis heute wirkende Eindruck erzeugt, es könnte sich bei der Produktion um eine Performance – ähnlich der heute praktizierten – gehandelt haben, in der die Live-Animation über einen Projektor verräumlicht wurde. Dieser Eindruck ist entscheidend, denn er ist mit ausschlagend dafür, dass die Idee in die Welt gesetzt wurde, der Mensch könne vom Computer vermessen werden und auf dieser Grundlage steuernd auf ihn einwirken; Mensch und Computer seien Teil eines integralen Schaltkreises.

17 „Lee Harrison, born 1929 in St. Louis, Missouri. Studied at the School of Fine Arts, Washington University, St. Louis. 1953 U.S. Coast Guard Officer Training, New London, Connecticut: stationed in Long Beach, California, and the Philippines. 1955 Technical illustrator, McDonald Aircraft, St. Louis. 1956-59 Engineering School, Washington University, St. Louis. 1959-65 Engineer at Philco Corporation, Philadelphia. 1965 Bio-cybernetic Engineer at the Denver Research Institute, University of Denver. 1967-68 President, Chairman of the Board, & CEO of Lee Harrison Associates. 1969 Founder & CEO of Computer Imaging Corporation. 1971-86 President until it closes. Lives Denver, Colorado.“ So trocken werden Biografien verfasst und weitergegeben: Vasulka Archive: „Harrison 3/2/92“, <http://www.vasulka.org/archive/Artists2/Harrison, Lee/bios.pdf>, 02.07.2007.

18 Vgl. zur ersten Orientierung: AudioVisualizers: „Lee Harrison iii's – ANIMAC“, <http://www.audiovisualizers.com/toolshak/vidsynth/animac/animac.htm>, 02.07.2007.

19 Dave Sieg (1979 Mitarbeiter bei *Image West*, Hollywood) hat sich die Dokumentation der Arbeit mit *Scanimate* zur Aufgabe gemacht: Sieg, Dave: „The Scanimate Site – History of Computer Animation“, 2006, <http://scanimate.zfx.com>, 02.07.2007.



Abb. 4: Tänzerin mit ANIMAC²⁰

Es stellt sich die Frage, auf welcher technischen und diskursiven Grundlage dieser ‚Schaltkreis‘ hergestellt wird und welche kulturellen Effekte er zeitigt.

Der Grundgedanke beim ANIMAC ist, mit Hilfe einer kontrollierten Ablenkung von Elektronenstrahlen auf eine CRT zu ‚malen‘.²¹ Ausgangspunkt ist eine Verbindung von Scannen und Animation durch Elektronenmodulation, weshalb Harrisons ANIMAC in die Gruppe der Videosynthesizer²² gehört, die mit *re-scan*, der Kombination mehrerer Abtastschritte und mit Abtastmodulationen arbeiten.²³ Um nun überhaupt an ein Bild zu gelangen, werden zunächst die Elektro-

20 <http://www.audiovisualizers.com/toolshak/vidsynth/animac/harn.jpg>, 02.07.2007. Vgl. auch Harrison, Lee: „ANIMAC (Hybridgraphicanimationcomputer), 1962“, in: Dunn, David (Hrsg.): *Eigenwelt der Apparate-Welt. Pioniere der elektronischen Kunst*, Ars Electronica Linz 1992, S. 92-95, hier S. 93, http://www.vasulka.org/Kitchen/PDF_Eigenwelt/pdf/092-095.pdf, 02.07.2007. Die abgebildete Anordnung gilt heutzutage als Beginn des *Motion Capture*.

21 So Lee Harrison in einem Interview: N.N.: „Lee Harrison Tape Transcription“, o.J., S. 1, <http://www.vasulka.org/archive/RightsIntrvwlnstitMediaPolicies/IntrvwlnstitKaldron/55/Harrison.pdf>, 02.07.2007.

22 Vgl. zu Arten von Videosynthesizern und deren Technik: Beck, Stephen: „Image Processing and Video Synthesis. Electronic Videographic Techniques“ [1975], in: Dunn (wie Anm. 20), S. 161-164, http://vasulka.org/Kitchen/PDF_Eigenwelt/pdf/161-164.pdf, 02.07.2007. Vgl. auch Miller Hocking, Sherry/Brewster, Richard: „Image Processing. Experimental Television Center, 1986“, in: Dunn (wie Anm. 20), S. 168-181, http://vasulka.org/Kitchen/PDF_Eigenwelt/pdf/168-181.pdf, 02.07.2007.

23 Der ANIMAC wurde mit diesen Prinzipien Ende der 1960er Jahre von Harrison zum *Scanimate* weiterentwickelt mit dem Ziel, einen kommerziellen Gebrauch zu ermöglichen. 1972 gewann Harrison den Emmy Award. 1977 produzierte er eine Animation für den ersten STAR WARS Film, eine andere für den Beatles Film SGT. PEPPER'S LONELY HEARTS CLUB BAND. In den 1980er Jahren endete die Phase der analogen Animation in

nenstrahlen so abgelenkt, dass auf einer hochauflösenden CRT (als einem cartesianischen Koordinatenfeld) über Vektorablenkung eine geometrische Figur erscheint, die wiederum von einer hochauflösenden Kamera abgefilmt, abgetastet und somit in elektronische Signale zerlegt und manipulierbar wird. Dazu werden die durch das Abtastverfahren (Scannen) gewonnenen Videosignale mit Hilfe von Spannungsmodulatoren und Signalkonvertern transportiert und so platziert, dass auf einer CRT ein sich zu Bildern und Figuren formierendes, elektronenstrahlabgelenktes Phosphorleuchten erscheint, welches in Echtzeit manipuliert werden kann. Hierzu schreibt Lee Harrison:

ANIMAC's basic character starts out as a stick figure, with each stick called a ,bone' made from wire-frame line segments. A ,skin' is added to the bones by superimposing curlicue springs that modulate the stick vectors with circular sweeps of spinning vectors. The thickness of the bones, or displacement of the rings from the center of the line, is voltage modulated by a ,skin scanner'. The scanner is constructed from a ,flying spot scanner', a vector camera pointing at an intensity graph with higher brightness representing a larger bone displacement. The ,joints' or connection of bones to skin are formed by drawing the bones in a specified order, the endpoints being momentarily held till the next bone is drawn. A synthetic mouth, lips and eyeballs are created through parabolas and sine waves modulated with precise control from voltage sources. The entire figure is manipulated in three dimensions by passing the control signals through a three dimensional (3D) rotation matrix. These control signals are formed from horizontal and vertical sweep generators, with camera angle, size and position voltages run through rotation matrices constructed from adders, multipliers and sine/cosine generators. To give the illusion of depth, an additional camera tracks the intensity of the skin, giving the illusion of an edge by modulating the skin brightness and leaving it in silhouette.²⁴

Von besonderem Interesse ist nun die diskursive Überformung der Technik. Im Grunde genommen geht es bei der Inauguration analoger Videomodulation als Beginn computergelenkter Bildanimation um einen ausgeklügelten Trick, der die

Harrisons Firma *Computer Image* auf Grund der Durchsetzung digitaler Systeme. Im *Scanimate* wurde ein abzutastender Gegenstand auf einen Lichttisch gelegt und von einer hochauflösenden Kamera aufgenommen und direkt auf eine CRT gespielt. Eine NTSC-Kamera zeichnete nun wiederum dieses Bild auf dem Display auf. Über den Computer wurden die Signale auf der CRT manipuliert. Alle Funktionen, die die Abtastung beeinflussten, wurden durch Spannungen ausgelöst und über Patchpanels programmiert. Vgl. Sieg, Dave: „How Scanimation was Done“, <http://scanimate.zfx.com/scan2.html>, 02.07.2007.

24 Harrison (wie Anm. 20), S. 92.

Leistung Harrisons keineswegs schmälert,²⁵ denn die künstliche Strich-Figur und deren Interaktion mit einem Menschen zu erzeugen gelingt Harrison zu einer Zeit, als an Computeranimation oder Computergrafik in Echtzeit mit Hilfe digitaler Rechner kaum zu denken war. Mit Harrisons Maschine wird zwar eine äußerst kontrollierte Ablenkung und Steuerung von Elektronenstrahlen möglich, da eine getaktete Erzeugung von Spannungen und Wellenarten mit Hilfe von mathematischen Funktionen über ein System von Schaltern und Schaltungen adressiert und angeordnet wird.²⁶ Es handelt sich aber beim ANIMAC um einen analogen Computer.²⁷ Es wird zwar geschaltet, aber es werden *keine* diskreten Daten erstellt und codiert, sondern vielmehr kontinuierliche Spannungen und Wellenlängen und -formen gemessen und transportiert.²⁸ Da das Eingreifen in die Parameter der Elektronenablenkung und deren Verteilung mit Hilfe mathematischer Formalisierungen und über integrierte Schaltkreise geschieht, überformt Harrison sie allerdings als digitale Prozesse.²⁹ Dabei handelt es sich aber eben nicht um eine exakte technische Beschreibung, sondern um eine diskursive ‚Programmierung‘.³⁰ Entgegen Harrison vermerkt Dave Sieg: „The point was that it took me a while to

-
- 25 In den 1960er/1970er Jahren konstituiert sich eine ganze Generation von Videokünstlern aus der analogen Computeranimation und -modulation. Zu denken ist an Nam June Paik, Steina und Woody Vasulka, Peter Weibel, die Bewegung des *Expanded Cinema*. Vgl. dazu Youngblood, Gene: *Expanded Cinema*, New York 1970, http://www.ubu.com/historical/youngblood/expanded_cinema.pdf, 02.07.2007.
- 26 Eine detaillierte Beschreibung würde an dieser Stelle zu weit führen. Die genaueste Beschreibung bietet eine Handschrift zum ANIMAC von Lee Harrison: Vgl. Harrison, Lee: „Notes for an Early Animation Device“, in: Dunn (wie Anm. 20), S. 209-223, http://vasulka.org/Kitchen/PDF_Eigenwelt/pdf/209-223.pdf, 02.07.2007.
- 27 In Harrisons Maschine sind die Schaltungen fest verdrahtet. Deshalb ist sie nicht programmierbar, bleibt eine Rechenmaschine und ist eben noch kein Computer, der sich auf Grund einer symbolischen Codierung nach 0 und 1 durch seine Metaphorizität auszeichnen würde, d.h. aus der Codierung könnte alles mögliche errechnet werden.
- 28 Sieg konstatiert: „Before the days of digital computers, calculations were done with analog circuitry. Instead of typing commands, you wired things together and adjusted knobs. The animators essentially had to be analog design engineers, because they had to literally wire each animation together. The animator would patch together series of ramp, sine/cosine generators, bias and gain potentiometers and multipliers and summing amplifiers to produce an animated sequence on the CRT.“ (Sieg, Dave: „Scanimation in the Analog Days“, <http://scanimate.zfx.com/article.html>, 02.07.2007.)
- 29 Harrison (wie Anm. 20) schreibt: „To start it was to essentially put a signal on a line that governed the opening of a lot of sampling gates. The inputs to the gates were the parameters that governed the position and some of the qualities and characteristics of that bone. To program it we had a patch panel. [...] When you started a bone you also started that counter and that flip-flop was plugged into the counter that would turn that bone off. It was pretty much all digital [Hervorhebung M.L.]. The next bone would be plugged into another count and so forth and you varied the counts depending. A count represented some number of high frequency units that was part of the clock network of the whole machine.“
- 30 Vgl. Anm. 27.

get used to calling a bunch of analog ramp generators, summing amps, multipliers, and phase-lock oscillators a CPU!³¹

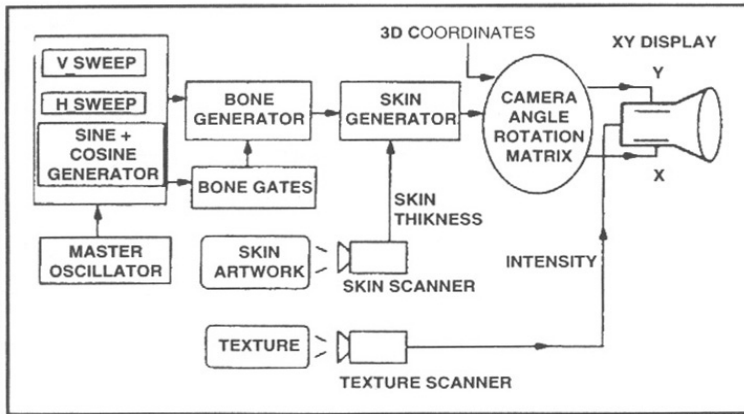


Abb. 5: Flowchart ANIMAC³²

Der ANIMAC ist im Grunde nur ein Spannungsleiter, der Spannungen misst, regelt und adressiert. Die CTR wird Teil der CPU, dient als Speicher und als Anzeige sowie als Signal-Umwandler. All dies geschieht 1962 im Reellen der Elektronenablenkungen, in dem Bewegungen der Knöpfe oder der Tänzerin der Bewegung von Wellen und Signalen entspricht. Bisher kaum beachtet und für die Computergeschichte noch nicht ausgewertet – durch *Theater mit Computern* im Stile von *hier* aber nunmehr offenkundig – ist also, dass sich die Computergeschichte durch ein Zusammenspiel von Computern (als symbolischen Maschinen) mit Rechenmaschinen zur analogen Videomodulation Computergeschichte konstituiert. Während in der Informationsästhetik³³ an der diskreten Programmierung von Computergrafik laboriert wird und in Amerika Ivan Sutherland deren Interaktivierung und Echtzeit-Generierung erfindet, geht es in der Videowelt um eine ‚Simulation‘ computergesteuerter, digitaler Computeranimation, die sich technisch allein der Möglichkeiten der Elektronenmodulation bedient, dies aber im diskursiven Beiwerk verdeckt. Die Welt der analogen Videosynthesierung und die der diskreten Bildgenerierung, mithin die Welt des kontinuierlichen Messens und die des diskreten Zählens, sind damit *integraler* Bestandteil der Computergeschichte. Der Mehrwert des analogen Computers ist eher gering, denn ein Effekt der analogen Verarbeitung ist, dass das hergestellte Bild nicht gespeichert

31 Sieg, Dave: „Scanimate Tour: The CPU“, <http://scanimate.zfx.com/scancpu.html>, 02.07.2007. Vgl. die Abbildungen des ANIMAC Patchpanels: AudioVisualizers (wie Anm. 18).

32 Quelle: <http://www.audiovisualizers.com/toolshak/vidsynth/animac/flow.jpg>, 02.07.2007. Hier nachgestellt von Domingo Stephan.

33 In Deutschland die *Stuttgarter Schule* um Max Bense, u.a. Frieder Nake, Georg Nees und in Amerika Michael Noll. Vgl. dazu einführend: Herrmann, Hans-Christian von/Büscher, Barbara: „Programmierung des Schönen“, in: *Kaleidoskopien*, H. 5, 2004, S. 155-163.

und somit nicht wiederholt werden kann.³⁴ Dennoch steht in der Computer-Geschichtsschreibung der ANIMAC am Beginn der *digitalen* Computeranimation – auch wenn an ihr der Anschein haften bleibt, dass es sich in der Mensch-Maschine-Interaktion um analoge Prozesse handeln und dass elektronisches Schalten und Manipulieren schon einem digitalen Prozessieren entsprechen würde.

Fortgeführt wird damit eine Ästhetik, die sich aus den Möglichkeiten der Ablenkung von Elektronen seit der Erfindung der Kathodenstrahlröhre im ausgehenden 19. Jahrhundert konstituiert, und mit der die Geschichte des Computer-Displays als eine der analogen Spannungen messenden und diese abtastenden und leitenden Oszillographie begann und zumindest bei Harrison auch mit kulturbildenden Folgen tradiert wird. Denn dass in *hier* und anderen Performances an diese Bildlichkeit angeknüpft wird (allerdings heutzutage auf digitaler Grundlage), ist ein gewichtiger medienkultureller und kulturtechnischer Schritt, bedingt er doch die Verknüpfung analoger und (angesichts der mit Harrison entstehenden Differenzierungsgrauzone auch) digitaler Computer an die Elektro-Experimental-Physiologie um 1900.³⁵ Im Zentrum steht mit ihr das von der Ätherphysik gestützte Schwingen von Frequenzen als Ausdruck spiritueller und paraphysikalischer Ereignisse, an denen der Mensch insofern teil hat, als er sich in Resonanz mit diesen Schwingungen sowie mit denen technischer Medien befindet.³⁶ Damit ist der Mensch Teil eines elektro-elektronischen Universums, in dem Resonanzen entstehen zwischen Tönen und visuellen Abbildungen, den Ablenkungen von Elektronen und magnetischen Feldern. So werden Stimmen von Geistern und Gedanken übertragen, *Radiosendungen* (!) gehört und bis heute Performances mit Medien und *Vijjing* betrieben.³⁷

In der Welt des Analogen geht es um das Weiterleiten und Schalten von Energie, aber noch nicht um das von Information. Wie kann das u.a. mit Harrisons Tänzerin entstandene Resonanzparadigma mit einer Digitalisierung zusammenge-

-
- 34 Dave Sieg (wie Anm. 31) schreibt: „[...] this was great, because you could show a client the element you were working on right then in finished form. He could suggest changes to the movement, appearance, whatever he wanted, and you could turn a few knobs, move a few wires, and there it was. [...] There is no such thing as duplicating a job on a scanimate. The phases of the moon, the earth's rotation, the cosmic karma of the gods of Analog all contributed to each masterpiece being necessarily unique!“
- 35 Vgl. dazu und zum Folgenden einführend: Hagen, Wolfgang: „Theorien des Radios. Ästhetik und Äther“, Humboldt-Universität zu Berlin 1995/96, <http://www.whagen.de/seminare/AETHER/AetherI.htm>, 02.07.2007; Siegert, Bernhard: „Funken und Strahlen: Zum Okkultismus der Moderne (Hertz, Crookes, Peirce, Branly, Lodge)“, (Vorlesung Radio03), <http://www.uni-weimar.de/medien/kulturtechniken/lehre/ws2006/material/VLRadio03-Netzversion.pdf>, 02. 07. 2007.
- 36 Vgl. zur *Theatergeschichte des Elektro-Hysterismus*, vor allem zu Loie Fuller: Leeker, Martina: „Weibliche Medien um 1900. Über okkulte Herkünfte der Medienwissenschaft“, in: Wagner, Hedwig (Hrsg.): *Gender-Media-Studies*, Weimar (im Druck).
- 37 Vgl. zur Verortung zeitgenössischer Performances im Resonanzparadigma von 1900: Leeker, Martina: „Musik Computer Tanz. Auf den Spuren des Resonanzparadigmas, 1900/2000“, in: Schrödter, Stephanie (Hrsg.): *Musik – Tanz* (im Druck).

bracht werden, in der Menschen schließlich in Bezug zu informationsverarbeitenden Maschinen kommen, in denen aus Schwingungen und Frequenzen nun mal das Schalten und Adressieren von invarianten, bedeutungsleeren Symbolen wird? Es wird nun darum gehen, wie im Kontext der metaphorischen Digitalisierung des Analogen die Bilderzeugung in digitalen Computern vonstatten geht und wie in ihr das Display inszeniert wird.

4 SUTHERLANDS SKETCHPAD UND DER AKTEUR ALS STEUERUNG

Für eine über Nutzungen und Inszenierungen von Displays hergestellte *Theatergeschichte des Computers* ist das *Sketchpad* von Sutherland zentral, da – wie eingangs erwähnt – der Akteur in den Display-Environments in Theater/Performance mit Computern an den von Sutherland erfundenen Lichtgriffel gemahnt, der den Computer über die CRT steuert. Auch dass das Display als interaktives Element genommen und genutzt wird, ist ein Verdienst von Ivan Sutherland. Das *Sketchpad* ist zudem der Part in der *Theatergeschichte des Computers*, mit dem der Bezug von Mensch und digitalen, Information und nicht bloß Spannungen schaltenden Computern hergestellt wird. Wie dies geschieht, ist im Zusammenspiel mit Harrison neu zu verstehen: *Theater mit Computern* führt bisher unentdeckt beide Traditionen und Computergeschichtsstränge zusammen.

Das komplette Gegenteil zum analogen ANIMAC ist das auf einem digitalen TX-2 programmierte *Sketchpad* zur digitalen Bildgenerierung. Ivan Sutherland kann mit diesem Programm als Begründer der *interaktiven* Computergrafik gelten, die er 1963 in seiner Dissertation³⁸ bei Claude Elwood Shannon am MIT darlegte. Es handelt sich um eine Art Skizzenblock, mit dem geometrische Figuren, gar Entwürfe mit einem Lichtgriffel über die CRT initiiert, im Computer erstellt und über die CRT wieder ausgegeben werden können. *Sketchpad* war mit beiden Händen zu bedienen, wobei eine Hand mit einem Lichtgriffel Punkte auf die Kathodenstrahlröhre ‚zeichnete‘ und die andere Hand Knöpfe zur Befehlseingabe bediente. Das Display wurde interaktiv und der Computer zu einer Blackbox, die Sutherland sinnfällig als einen Zugang zu *Alices Wonderland* bezeichnet.

Whereas a microscope enables us to examine the structure of a sub-miniature world and a telescope reveals the structure of the universe at large, a computer display enables us to examine the structure of a man-made mathematical world simulated entirely within an electronic mechanism. I think of a computer display as a window on Alice's Wonderland in which a programmer can depict either objects that

38 Vgl. den Wiederabdruck: Sutherland, Ivan Edward: *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System* [1963], (Technical Report No. 574), Cambridge University Computer Laboratory 2003, <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf>, 02.07.2007.

obey well-known natural laws or purely imaginary objects that follow laws he has written into his program.³⁹

Sutherland beschreibt die Leistung des Programms:

„Here again, the ability to change the individual element of the repetitive structure and have the change at once brought into all subelements makes it possible to change the elements of an array without redrawing the entire array.“⁴⁰

Claus Pias fasst so prägnant zusammen, dass an dieser Stelle eine Paraphrasierung sich erübrigt:

Schaltungen nicht mehr bloß zu *zeichnen*, sondern diese Zeichnungen selbst auch *arbeiten* zu lassen. [...] Man klickt einen Widerstand weg und einen anderen hin, und sogleich hat man nicht nur eine andere Zeichnung, sondern zugleich einen Test des Geräts, das nach dieser Zeichnung gebaut werden könnte. [...] Die Möglichkeitsbedingung solcher Laienarbeit liegt *erstens* in der Entkoppelung von Daten und Display: das Bild an dem wir arbeiten und mit dem wir steuern hat nichts mit den Daten zu tun, die wir manipulieren, aber es unterhält laufend *Beziehungen* zu ihnen. Sie liegt *zweitens* in der Struktur der Software selbst, die eine Bibliothek von manipulierbaren Bildbestandteilen und Arbeitsanweisungen wie gruppieren, drehen, verzerren, skalieren usw. bereitstellt. Es sind die basalen Operationen wie ausschneiden, kopieren und einfügen [sic] (cut, copy & paste), die Sutherland in Bildverarbeitung einführte, [...]. Kreissegmente werden seit Sutherland nicht mehr durch kreisförmige Bewegungen erzeugt, sondern als Anfangs- und Endpunkt eingeklickt und ‚aufgezogen‘.⁴¹

Anders als beim ANIMAC wird bei Sutherland die CRT nicht mehr nur als Speicher, Wandler und Anzeige, sondern vor allem als Eingabefläche genutzt. Es wird nicht wie beim ANIMAC vor allem vom Schaltwerk her auf die Ablenkung der Elektronenstrahlen zugegriffen, sondern das Display wird zum Auslöser für einen Zugriff auf das Rechenwerk, wobei es – und das ist entscheidend – zu einer Trennung von Display und Daten kommt, da binäre Schaltungen und das, was auf der CRT erscheint, nichts gemein haben. Der Benutzer löst mit dem Lichtgriffel auf

39 Sutherland zitiert nach: Wagner, Kirsten: „Computergrafik und Informationsvisualisierung als Medien visueller Erkenntnis“, in: IMAGE. Zeitschrift für interdisziplinäre Bildwissenschaft, H. 1, 2005, S. 46-63, <http://www.bildwissenschaft.org/VIB/journal/content.php?function=fnArticle&showArticle=33>, 02.07.2007.

40 Sutherland (wie Anm. 38), S. 29.

41 Pias, Claus: „Bilder der Steuerung“, Vortrag, Kunsthochschule für Medien Köln 2002, <http://www.khm.de/kmw/kit/pdf/pias.pdf>, 02.07.2007.

der CRT allerdings ‚nur‘ ein Objekt des Programms aus. Das heißt, er zeichnet dieses nicht selbst, sondern er gibt ‚nur‘ einen Befehl, mit dem der Computer automatisch eine Vektorgrafik errechnet und diese über die Ablenkung der Elektronenstrahlen anzeigt. Dass dabei dennoch der Eindruck entsteht, der Benutzer würde den Computer dazu bringen, seine Intentionen zu verstehen und zu vollenden, ist nur möglich in einem diskursiven Kontext, der u.a. mit Harrisons analogen Schaltungen und Leitungen geschaffen wird. Das grafische ‚Mensch-Maschine-Kommunikationssystem‘ funktioniert ja nur dann, wenn das Display etwas anzeigt, das analog und kontinuierlich erscheint und somit den diskreten und rechnenden Charakter seiner Entstehung verdeckt, camouffiert. Denn im Computer finden binäre Schaltungen und mathematische Berechnungen statt, während auf dem Display Linien erscheinen, die sich z.B. zu einem Auto formieren können. Indem Harrison seinen analogen Computer als einen ‚beinahe Digitalen‘ ausgab, machte er es möglich, die Auflösung von Mensch und Natur in Pixel und symbolische Formalisierungen forthin zu verkennen, so dass der Mensch annehmen konnte, seine kontinuierlichen Linien und Kreise würden als solche Bewegungen auch vom Computer vollzogen. Harrison, der 1959 über die Arbeit von Sutherland auf dem Laufenden war, und Sutherland, der die Bestrebungen von Harrison gekannt haben muss – soll er doch gesagt haben, dass eine Computeranimation in Echtzeit nur mit Rechnern möglich sei⁴², die so groß sind wie das Empire State Building⁴³–, bringt den verunsichernden Aspekt der *digitalen* Computer auf den Punkt:

[...] a lot of stuff, we would just animate because it looked good, looked right. We'd organize things so it looked right. Essentially we were pumping our own perspective. But we did have a patent on an applied automatic perspective which later when we got into more digital technology and brought more mathematical assistance and essentially for the programmers to tell the programmes what to do, they went into matrices. It was all automatic and you say you want 3-D and you got 3-D but again you lost something. It was more of an abstraction but that's just my point of view. [...] I understand the guts of the digital computer very well but they don't expect you to be able

42 Michael Noll hat schon seit Beginn der 1960er Jahre an einem Programm zur Herstellung dreidimensionaler Filme sowie an einem Choreografieprogramm mit einem digitalen Computer gearbeitet. Vgl. Noll, Michael: „Computer-Generated Three-Dimensional Movies“, in: *Computers and Automation*, Jg. 14, Nr. 11, 1965, S. 20-23. Noll konstatiert, dass mit Tricks zu arbeiten sei, um einen dreidimensionalen Effekt herzustellen: „Although the two perspectives are quite similar, the human brain translates their minute differences into a realistic depth effect“ (ebd., S. 20). Vgl auch Noll, Michael: „The Digital Computer as a Creative Medium“, in: *IEEE Spectrum*, Jg. 4, Nr. 10, 1967, S. 89-95. Filme unter http://www.youtube.com/watch?v=uLU2hIV7n_I, 02.07.2007; http://www.youtube.com/watch?v=iXYXuHVTS_k, 02.07.2007.

43 Lee Harrison im Interview (wie Anm. 21), S. 17.

to do that when they teach you a language that's a whole bunch of different shit.⁴⁴

Der *Computergrafik* und der *Computeranimation* – zu Harrison und Sutherlands Zeiten noch mit Vektorbildschirmen realisiert – gelingt der fließende und kontinuierliche Eindruck der Visualisierung erst dann, wenn die Vektorgrafik und die Vektorablenkung in der CRT von der Rastergrafik und dem Rasterbildschirm abgelöst wird. Letztere haben noch weniger Bezug zum Kontinuierlichen als die Vektorgrafik, lösen sie es doch endgültig in Pixel auf.⁴⁵ Gerade ob der hier skizzierten *Computergeschichte der Camouflage* und der *unklaren Trennschärfen* in der Interaktion mit Displays gelingt es trotz der Pixelung und der Entwöhnung vom direkten Zugriff auf das Display⁴⁶ aber umso überzeugender, fließende Übergänge zu imitieren und zu evozieren und realistischer wirkende Simulationen zu emulieren. Damit kommt eine lange Geschichte der Camouflage an ihren Höhepunkt, die über das Display organisiert und ausgetragen wurde. Es wird klar, dass das Display nicht der Ort der Anzeige sondern der Verdeckung, der Camouflage war und ist. Das Display wird zum diskursiven Ort, der technischen Wandel und Wandlungen verdeckt.

5 ZELLULÄRE AUTOMATEN MIT MENSCHEN IM GEPÄCK

Es wurde deutlich, wie in der aus einer Verräumlichung und Interaktivierung von Displays entstehenden *Theatergeschichte des Computers* digitale Welten camouffiert und als analoge ausgehen werden. Es gelang mit Camouflage und prekärer Trennschärfe, den Menschen an den Computer zu binden. Zugleich aber wird noch eine andere Form der Beziehung entwickelt, die sich mit der digitalen Bildgenerierung andeutete, mit der Integration eines zellulären Automaten in *hier* aber erst deutlich zum Tragen kommt. Diese generiert eine Kopplung des vermeintlich analogen Universums an eine Wissens- und Technikgeschichte der Formalisierung von Mensch und Natur, die darin gipfelt, diese auch als informationsverarbeitende, selbst gesteuerte Automaten zu sehen. Es kommt zu einer gleichsam schwingenden Resonanz eines diskretisierten Analoges und Kontinuierlichen, die immer wieder zwischen einer elektronischen Ätherhysterie, einer kybernetischen Feedback-Hysterie sowie einer sehr nüchternen Betrachtung des Computers als Werkzeug und Technik des Rechnens, Adressierens und Schaltens kippt. So lebt es sich in einer digitalen Kultur.

Die Idee eines zellulären Automaten wird von John von Neumann und Stanislaw Ulam Mitte der 1940er Jahre sowie von Konrad Zuse 1967 in die Welt ge-

44 Lee Harrison (wie Anm. 21), S. 8.

45 Vgl. zum Unterschied von Vektor- und Rastergrafik einführend: Fowley, James D. u.a.: *Grundlagen der Computergrafik*, Bonn/Paris 1994, S. 8-12.

46 Die CRT als Eingabefläche ist heutzutage zumeist durch die Tastatur ersetzt, das Haptische und ‚Zeigende‘ durch die tippende Eingabe von Text.

bracht und ausformuliert.⁴⁷ In *hier* gerät der zelluläre Automat nun in ein technisches und diskursives Umfeld, in dem es um die Funktionalisierung der CRT als Displays für die Bildgebung, um deren Interaktivierung und die dazu nötige Bindung des Menschen an diese geht. Damit werden analoge Elektronenstrahlenmanipulationen, diskrete Bildgenerierung, sich selbst organisierende Automaten und die Interaktion von Mensch und Computer in der Frage zusammengeführt, ob und wie das Kontinuierliche und Unendliche (Analoge) in formalen Systemen sich fassen ließe. Sie kulminiert in der Idee, dass die probate Lösung darin bestehen könnte, Information und nicht länger Energie und Materie zur universellen Einheit von Menschen, Maschinen und Natur zu machen. Aus Energie wird Information, operationalisiert in Schaltplänen, die sich in Gestalt von Zustands- und Wahrheitstabellen aus formaler Logik⁴⁸ ableiten.

Das Bedeutende der Inszenierung *hier* für die *Theatergeschichte des Computers* ist, dass die Bedingungen und Möglichkeiten der Verbindungen von analogen und digitalen Welten mit der Integration eines zellulären Automaten neu konfiguriert werden. Die Umwandlung von Energie in Information, von Leiten in Berechnen und Schalten von Informationswerten wird nicht mehr einfach nur camouffiert, sondern äußerst produktiv an ein elektronisches Universum angebunden. Generatives Operieren (wie bei Sutherland) wird mit Video, Signalflow und Ablenkungen (wie bei Harrison) verknüpft. Durch diese Verknüpfung, die sich weiterhin die Verwischung der Trennschärfe zu nutze macht, wird (1) die Option, Mensch auch als informationsverarbeitenden Automaten zu sehen, eingängiger und der Mensch versuchsweise in eine solche Denkfigur integriert. Der Computer wird (2) in der Performance zu einer Künstlichen Intelligenz erhoben. Damit wird die Performance zu einer Interaktion mit einer dem Menschen ebenbürtigen Existenz erklärt. Dies wird technisch und diskursiv bewerkstelligt, da die Zustandslisten mit den Parametern für die Bewegungen der Papierbahnen im zellulären Automaten im Programm *Max/MSP/Jitter* tatsächlich die Steuerung des Computers im Sinne einer implementierten universellen Turingmaschine übernehmen. Dies ist möglich, da sich beide auf das Abarbeiten von Zuständen

47 Zelluläre Automaten funktionieren nach einfachen Regeln, die Zellen eines Gitternetzes miteinander wechselwirken lassen. In einem bestimmten Zeittakt wechseln alle Zellen gleichzeitig den Zustand. Der darauf folgende Zustand eines Gitterpunktes hängt von den jeweiligen Zuständen der Nachbarzellen ab. Je nach der Dimension eines zellulären Automaten wird ein Band, eine Fläche oder ein Raumbereich in lauter gleiche Zellbereiche unterteilt. Für jede Zelle gibt es verschiedene Zustände, die im einfachsten Fall ‚Leben‘ oder ‚Tod‘ bedeuten. Dies wird am „Game of Life“ – erfunden vom Mathematiker John Horton Conway, Universität Cambridge in den sechziger Jahren – anschaulich: Eine tote Zelle erwacht nach dem Ablauf eines Zeitschrittes zu neuem Leben, wenn sie davor genau drei lebendige Nachbarn besessen hat. Eine lebendige Zelle dagegen stirbt mit dem nächsten Zeitschritt, wenn sie von weniger als zwei oder mehr als drei Nachbarn umgeben ist. Diese zwei simplen Regeln verleihen dem Automaten ein Verhalten, das allein von der Anfangskonfiguration aus toten und lebendigen Zellen abhängt.

48 Deren Vordenker ist George Boole Mitte des 19. Jahrhunderts.

und Zustandslisten zurückführen lassen. Der Computer wird so zu einem sich selbst organisierenden und selbst reproduzierenden Automaten, zu einer künstlichen, generativen Intelligenz, die in Kommunikation und Kooperation mit dem Menschen steht.⁴⁹

6 MAX/MSP/JITTER. IMPLEMENTIERUNG DER THEATERGESCHICHTE DES COMPUTERS IN EINEM COMPUTERPROGRAMM

Die *Theatergeschichte des Computers*, die wie gerade gesehen in der Modifizierung des Organischen hin zu einem zellulären Automaten gipfelte, ist allerdings heutzutage nicht mehr nur eine Angelegenheit der Performances mit Computern. Sie ist vielmehr unterdessen in spezieller Weise technisch implementiert in dem Programm, dem die Inszenierung *hier* sich verdankt. In *Max/MSP/Jitter* konvergieren auf der ästhetischen und diskursiven Ebene Videosignalanimation, Bildgenerierung und zelluläre Automaten und tradieren dabei zumindest tendenziell die Geschichte der Camouflagen, prekären Trennschärfen und Analogisierungen von Mensch und Maschine. Das heißt, ein Computerprogramm schreibt die *Theatergeschichte des Computers* fort; sie ist in den Computer eingewandert. Damit wird zugleich eine Vermutung über ein Computerprogramm nahegelegt. Es funktioniert vor allem als Theater, als Spiel, So-Tun-als-Ob, Camouflage, prekäre Trennschärfe, mithin als Herausforderung an Wahrnehmung und epistemische Vor-Einstellungen, die sich auf der metaphorischen Ebene abspielen und von da aus eine technische Ausprägung erfahren können. Oder anders: die metaphorische Ebene ist Teil der Technik.

Mit der Implementierung der Theatergeschichte *des Computers im Computer* wird das Verhältnis von Analogem und Digitalem allerdings zugleich neu akzentuiert. Ob der umfänglichen Diskretisierung in *Max/MSP/Jitter*, die als unbegrenzte Konvertierbarkeit erscheint, wird der Eindruck suggeriert, dass das Kontinuierliche durchaus diskret verfasst sein könnte bzw. die entsprechenden Trennschärfen nicht mehr relevant wären. Analoges und Diskretes werden zu einer Frage der ästhetischen Option und sind nicht länger eine der wie auch immer gearteten natürlichen oder technischen Verfasstheit.

Diese Neubestimmung und deren kulturelle Effekte erschließen sich aus dem Status und dem Zusammenspiel der *metaphorischen* und *technischen* Ebene des Programms. Auf der Oberfläche, auf dem Display, erscheint die GUI, auf der programmiert wird als Erinnerung an das reale Verkabeln elektronischer Geräte, das den Signalfluss herstellen und gewährleisten soll oder, auf abstrakter Ebene, als

49 Dass diese Zeiten noch keineswegs überwunden sind, zeigt das Interesse an Stephen Wolframs Ausführungen zu zellulären Automaten, die diesen einmal mehr als Modell für Künstliche Intelligenz sowie von Natur und Evolution anschreiben. Zur Genese und zur Gefahr solcher Modelle vgl. für eine kritische Lektüre: Zuse, Konrad: „Rechnender Raum“, in: *Elektronische Datenverarbeitung*, H. 8, 1967, S. 336-344, <http://www.zib.de/zuse/Inhalt/Texte/Chrono/60er/Pdf/76scan.pdf>, 02.07.2007.

Erinnerung an Diagramme von Signalflüssen (Flowcharts)⁵⁰. Diese Erinnerungen werden wachgerufen, da man kleine Boxen mit Patchcordes verbindet, die – entgegen jeglicher Logik der internen Rechnerarchitektur – die Signale anscheinend immer von oben nach unten fließen lassen. Das heißt, in der Bildlichkeit bewegt sich der Benutzer immer auch in der Welt des analogen Leitens von Signalen und Spannungen. Diese Metaphoriken erklären sich aus der Herkunft von *Max/MSP* aus der elektroakustischen Musik⁵¹ mit ihren Synthesizern und Visuals. Bei *Max/MSP/Jitter* wird allerdings das Drehen von Knöpfen durch das Manipulieren von Zahlen ersetzt.

Ein wichtiger Bestandteil von *Jitter*, dem u.a. in Performances gerne genutzten ‚Videoprogramm‘ von *Max*, sind integrierte Fenster, auf denen vom Programm veränderte Videos, die durchaus analoge Effekte imitieren können, erscheinen (vgl. Abb. 6). Das ‚Nachher-Videofenster‘ wird auf die in den Raum projizierten Displays des Performance-Environments übertragen, indem es isoliert und als Vollbild vom Monitor abgenommen und projiziert wird. In Performances mit *Max/MSP/Jitter* changieren nun die projizierten ‚Bilder‘ mit ihren über Objekte gesteuerten Effekten und Manipulationen zwischen *ästhetischen Anmutungen/Imitationen einer elektronischen Abtastmodulation*, die etwa beim ANIMAC ja technisch auf dem Messen von Spannungen und der Ablenkung von Elektronen beruhte, und einer an binäre Codierungen und Schaltungen gemahnende *Pixel-Ästhetik* (vgl. Abb. 7). *Max/MSP/Jitter* operiert zwar diskret und zählend, dieser Umstand kann aber verdeckt bzw. unklar gehalten werden. Eine Ästhetik prekärer Trennschärfen zwischen Elektronenmodulation und Pixelgenerierung entsteht, in der analoge und digitale Welten scheinbar zur ästhetischen Option werden.

50 Diesen Hinweis verdanke ich Dominik Busch.

51 Zunächst war es mit *Max* nur möglich hauptsächlich auf die MIDI-Schnittstelle des Computers zuzugreifen, um damit Synthesizer oder Sampler zu steuern. Mit zunehmender Hardware-Entwicklung gelang es, direkt auf die Audiohardware des Computers zuzugreifen, um so auch den Computer als Synthesizer/Sampler zu nutzen. Diese Erweiterung nennt sich „Max Signal Processing“, kurz MSP. Torsten Belschner schreibt hierzu in der *Neuen Musikzeitung*: „Die Geschichte von Max beginnt 1986, als der Komponist und Software-Entwickler Miller Puckette am Pariser Ircam einen grafischen Hochsprachen-Editor namens Patcher für die Apple-Plattform veröffentlichte, dessen Funktionalität auf die Erzeugung und Verarbeitung von Kontrolldaten per MIDI beschränkt war. Patcher steuerte damit den ‚4X‘, eine externe Recheneinheit zur Echtzeit-Klangsynthese.“ (Belschner, Torsten: „In Bildern komponieren. Die Programmiersprache Max/MSP (Teil I)“, in: *Neue Musikzeitung*, Jg. 52, Nr. 5, 2003, S. 21, <http://www.nmz.de/nmz/2003/05/internet-maxmsp.shtml>, 02.07.2007.) Zur Bedeutung des IRCAM Musical Workstation Project für die Audio- und Synthesizergeschichte vgl. IRCAM: „A Brief History of MAX“, http://freesoftware.ircam.fr/article.php3?id_article=5, 02.07.2007.

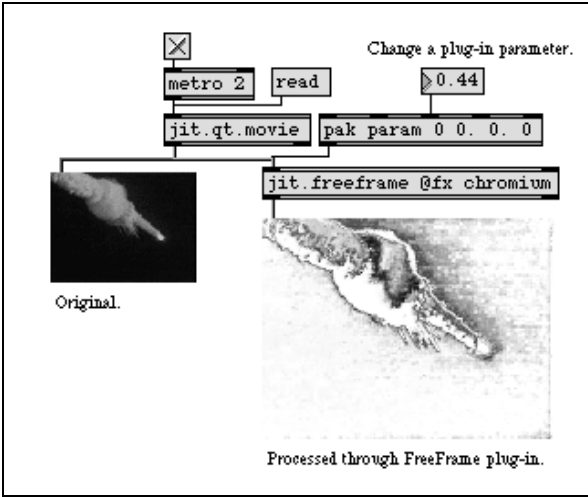


Abb. 6: Screenshot Max/MSP/Jitter mit ‚Videomodulationsästhetik‘⁵²

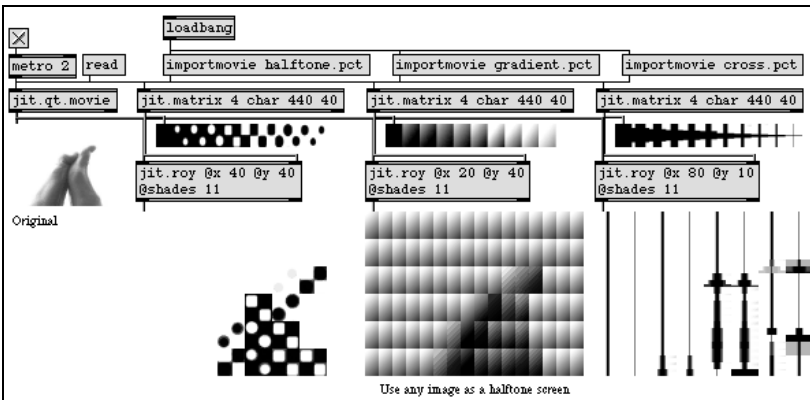


Abb. 7: Screenshot Max/MSP/Jitter mit ‚Pixelästhetik‘⁵³

Diese Option existiert allerdings nur auf der metaphorischen Ebene, denn hinter dem Display arbeiten Schaltungen in binären Codierungen auf der Grundlage von Symbolsystemen mit invarianten Zeichen und mathematische Algorithmen. Die einzelnen Objekte sind, und das ist entscheidend, z.B. bei Jitter in Matrizen⁵⁴ zer-

52 Quelle: Cycling 74: „jit.freeframe. FreeFrame Effects for Jitter Matrices“, <http://www.cycling74.com/documentation/jit.freeframe>, 02.07.2007.

53 Quelle: Cycling 74: „jit.roy. Convert Image to Halftone Image“, <http://www.cycling74.com/documentation/jit.roy>, 02.07.2007.

54 „Jitter extends the Max/MSP programming environment to support realtime manipulation of video, 3D graphics and other data sets within a unified processing architecture. Because Jitter, like Max/MSP, is generic in nature, it offers unlimited possibilities for

legt. Es handelt sich also um Zahlentafeln, in denen Filme, geometrische Körper und Sounds – genauer deren Ab-Bild in Schwingungen und Frequenzen – gleichermaßen zu Pixelpunkten werden, die Punkt für Punkt verändert werden können.⁵⁵ Ausgegeben werden diese Pixeltabellen über eine Rechenplatz sparende Grafikkarte, so dass die diskreten und endlichen Tabellen auf der Oberfläche sowie auf dem Weg zur visuellen Darstellung wieder zum Anschein einer analogen Welt modifiziert werden. *Max/MSP/Jitter* kann als ein ‚Programm der All-Konvertierung‘ gelten, einst erstellt, um die Wandlung von analogen Signalen in digitale Daten und umgekehrt auf der Ebene des Programms zu unterstützen und zu automatisieren, so dass alle sinnlichen Erscheinungen, Töne, Bilder und geometrische Körper zu in Listen zuordenbaren Ziffern werden, aber auch wieder zu sinnlichen Erscheinungen rückkonvertiert werden können – mit MIDIs⁵⁶ als Bestandteilen des Settings sobald, wie in Performances, Sensoren im Spiel sind.

Damit bleibt das Programm zunächst noch auf der Ebene des Bildlichen und Akustischen. Um die Beziehung zum Organischen und zum Menschen, mithin zum kontinuierlichen Analogen herzustellen, bedarf es einer (1) technischen und einer (2) diskursiven Bedingung.

Die Integration eines zellulären Automaten in der Inszenierung *hier* über das Programm *Max/MSP/Jitter* geschieht (1) auf einer technischen und wissenschaftlichen Grundlage. Die ‚All-Konvertierung‘ von *Max/MSP/Jitter*, die eben auch den zellulären Automaten betrifft, gründet auf einer Programmierung, durch die im Diskreten aus Daten *alles* werden kann. Hierzu Jeremy Bernstein, einer der Entwickler von *Max/MSP/Jitter*:

Anstatt mit einfachen Strömen von Ziffern zu arbeiten, gibt's in Jitter ausschließlich Matrizen. Matrizen können wir als Tabellen von Ziffern verstehen, oder wenn wir mit Film vertraut sind, als Frames. Aber die

creative exploration. [...] Jitter abstracts all data as multidimensional matrices, so objects that process images can also process audio, volumetric data, 3d vertices, or any numerical information you can get into the computer. Jitter's common representation simplifies the reinterpretation and transformation of media. [...] Jitter matrices may be composed of one of four data types: char (8 bit unsigned int), long (32 bit signed int), float32 (32 bit floating point), or float64 (64 bit floating point). Matrices may have up to 32 dimensions, and may have up to 32 planes. [...] This common representation makes the transcoding of information effortless. You can experiment with interpreting text as an image, converting video images to 3D geometry, turning audio into a particle system, or playing video data as audio. The possibilities are unlimited.“ (Cycling 74: „Jitter“, 2007, <http://www.cycling74.com/products/jitter>, 02.07.2007.) Zur weiteren Lektüre seien die „documentation“ und „tutorials“ empfohlen.

55 Die Matrizenprogrammierung wird mit Jitter 2001 eingeführt. Vorher stellte sich die Flexibilität und Kovertierungsfähigkeit von *Max/MSP* über die *objektorientierte Programmierung* her, die darauf fokussierte, Module mit Schnittstellen für Hardware sowie solche für Datenumwandlungen zur Verfügung zu stellen. Diesen Hinweis verdanke ich Dominik Busch.

56 MIDI ist ein Verbindungsprotokoll. Mit ihm werden nicht Bilder oder Töne übertragen, sondern Stellenwerte von Noten.

Frames sind generisch: ein Frame kann Text, Video (oder 3D-Texture), 3D-Geometrie oder beliebige Datei darstellen, ohne dass es für das System Probleme bereitet. Eine Matrix ist einfach eine Einheit oder Gruppierung von Ziffern. Nichts mehr und nichts weniger. Damit kann man, z.B. CA, Lindenmeyersysteme, Partikelsysteme oder was weiß ich simulieren, da all diese Systeme Frame-basiert sind. CA war also kein Ziel des Systems, sondern eine Folge des Designs.⁵⁷

Soweit die technische Voraussetzung. Diskretisierung und All-Konvertierung ergeben aber erst dann den Eindruck des Lebendigen und Organischen und erhalten einen Bezug zum Menschen, wenn die *Theatergeschichte des Computers* als Spiel, Camouflage, Inszenierung, Illusionierung und Täuschung an die neu entstandene Dimension der *spielerischen Unschärfe* als Vorteil ihrer Automatisierung angeschlossen sind. Dies wird ermöglicht durch die Bestimmung der Ontologie des Computers in seiner Metaphorizität, dass alles alles werden kann, die mit dem derzeit in den geistes- und kulturwissenschaftlichen Disziplinen grassierenden Lob der Hybridität und Performativität korrespondiert. Diese Korrespondenz bildet (2) den diskursiven Hintergrund, vor dem auch Menschen zu Automaten im Sinne einer diskreten Modellierung und Selbstorganisation des Organischen werden. Oder, noch einmal mit den Worten von Jeremy Bernstein:

Solche Systeme eignen sich besonders für Ton oder Video, da die irgendwie ‚organisch‘ sind. Ich teile diesen Glauben nicht, aber verstehe, wieso die Idee so verführerisch ist. Mit Partikeln, CA, Fraktalen kann man Wachstum und Verfall ziemlich überzeugend modellieren: fließende Systeme, Wasser, Staub, usw.⁵⁸

57 Aus einem Mail-Interview mit der Autorin vom 15.06.2007. Vgl. exemplarisch den zellulären Automaten in Max/MSP/Jitter: jit.conway. In *hier* wird zwar ein anderes Objekt benutzt (vgl. Anm. 12); dieses basiert aber auf der gleichen Funktionalität: „Devised by mathematician John Conway (1937-), the Game of Life treats the cells that comprise a matrix as either dead (0) or alive (non-0). The matrix is then modified according to the following rules: If a live (non-0) cell has two or three neighbors, it remains alive, otherwise it dies (becomes 0). If a dead cell has exactly three neighbors it becomes alive (255), otherwise it stays dead. The jit.conway object works on 1- and 4-plane char data. It is usually used in a matrix feedback network so that multiple generations of the game can be calculated (see the help patch for details). The jit.conway object treats the incoming matrix as a torus space (i.e. the top wraps to the bottom and the left wraps to the right), so that cells can travel off one edge of the matrix and reappear on the opposite edge.“ (Cycling 74: „jit.conway. Conway’s Game of Life, Cellular Automata“, <http://www.cycling74.com/documentation/jit.conway>, 02.07.2007.)

58 Mail-Interview mit der Autorin. Es sei ausdrücklich betont, dass Jeremy Bernstein von solchen Metaphorisierungen nichts hält.

7 FAZIT: THEATERGESCHICHTE DES COMPUTERS UND MEDIENKULTUREN

In der Konvergenz von Harrisons Elektronenmodulationen und Sutherlands Graphen mit zellulären Automaten wird der Computer zu einer selbstproduktiven, diskreten Maschine, an die der Mensch als Teil des analogen Universums anschlussfähig ist. Im Zusammenspiel dieser Teilbereiche der Computergeschichte werden drei Dinge deutlich: Es wird (1) eine neue Sicht auf Computergrafik, die Erzeugung von digitalen Bildern, möglich. Sie ist eine Selbst-Steuerung der Maschine jenseits des Menschen, die ihm aber vorgaukelt – im Rahmen der diskursiven Programmierung durch Sutherland und durch eine seit 40 Jahren währende Nutzung im Theater in Form von verräumlichten Displays, die von tanzenden menschlichen Leuchtgriffeln gesteuert werden –, er sei ihr Urheber und befinde sich in einer unmittelbaren Kommunikation mit ihr. Diese Verblendung gelingt (2) in der Rückbindung der Bildgenerierung an die Denkfigur des *zellulären Automaten*, die aufs Engste mit der Kybernetik verbunden ist. Sie steht für die Idee, ein Automat könne sich selbst reproduzieren, hätte er nur die Schaltpläne seiner selbst zu Verfügung. Und sie versucht sich an einer Erklärung von Mensch und Natur, Physiologie und Physik, mithin des unendlich Kontinuierlichen, als rechnende Räume, zelluläre Automaten, die sie insofern sind, als sie schlicht oder im Geniestreich als Schaltwerke von Information gedeutet werden. Könnte denn die Entwicklung einer Welle oder die des Wetters nicht auf einem Informationsaustausch beruhen? Diese schwer zu verstehende Wendung, mit der das Lebendige statt Materie und Energie zu sein zum bedeutungslosen Schalten von Ja und Nein mutiert, muss verstehbar und annehmbar gemacht werden. Hier nun kommt das Theater ins Spiel. Wo sich bei den Computerexperten theatralische und dramaturgische Muster und Denkstile ausmachen lassen – etwa wenn Sutherland von Verzauberung und Hineingleiten in Alices Wunderland spricht – nehmen die Theatermenschen die Technik direkt mit auf die Bühne und setzen sich ihr aus. Dabei gelingt ihnen ein folgenreicher Trick: Sie schließen die diskreten, auf Informationsschaltung beruhenden zellulären Automaten und die diskreten, formal-logischen, aber auf analogen Displays als Bilder ausgegebenen Operationen (3) an die Welt des Analogen an, indem sie in der ästhetischen Anmutung die mit analogen Computern gesteuerten Videoanimationen der 1960er-1980er Jahre mit ins Boot holen.

Auf diese Weise wird der problematische Übergang vom Digitalen zum Analogen und wieder zurück diskursiv und ästhetisch camouffiert und dabei Computergeschichte neu geschrieben. Es wird eine Genealogie erstellt, die zum einen ein neues Licht auf die Computergeschichte wirft, in der bisher der Ko-Existenz von analogen und digitalen Computern sowie von Videotechnik (Abtastung, Mathematik und Praxis der Ablenkung von Elektronenstrahlen) und Displays zu wenig Beachtung geschenkt wurde. Zum anderen wird aus dieser neuen Sicht auch die *Dramaturgiegeschichte des Computers* lesbar, in der er eben auch als Spiel und Inszenierung, als ein ‚So-Tun-Als-Ob‘ generiert wird und in der in Theater

und Performance die Camouflage als Kulturtechnik der Erzeugung von Medien und des Umgangs mit ihnen erfunden und erprobt wird. Es zeigt sich, dass Medien weniger zum kulturellen Apriori werden als vielmehr, dass in Theatergeschichten imaginäre Apparate erzeugt und inszeniert werden, die als bloße mediale Effekte zu vermeintlich real existierenden Apparaten aufsteigen.

Der Computer ist offen, erst das Display gibt ihm eine sichtbare Bedeutung. Vor diesem Hintergrund schreibt sich *Theater mit Computern* in den Computer ein, interpretiert ihn als Bild- und Kommunikationsmaschine der Mensch-Maschine-Interaktion. Dreh- und Angelpunkt dieser Geschichte ist das Display, die Kathodenstrahlröhre, die auf der Bühne durch ihre Extension über einen Datenbeamer prominent zur Anschauung kommt. Es ist Anzeiger der Medien und zugleich deren Camouflage. Das Display ist der Umschlagplatz von Signalkonvertierung, es macht sichtbar, was nicht sichtbar ist und was vor allem kein Bild ist. Das Besondere der Displayvergrößerung ist, dass sie als operative Oberfläche inszeniert wird, über die der Akteur den Computer steuert und – vor allem – mit ihm in ein Feedback kommt. Es geht um die Berechenbarkeit von Welt im Sinne von Konvertierbarkeit und Schaltbarkeit.

Statt forthin solche kulturkritischen Medienstudien zu verfassen, die über die Technik aufklären und gegen den auf den Displays auftauchenden Schein anschreiben, könnte die hier skizzierte *Dramaturgiegeschichte des Computers* Anlass dazu geben, die Camouflage von Medien sowie die Erstellung prekärer Trennschärfen als integrale Bestandteile der Computergeschichte, als deren kulturelle Programmierung sowie als Kultur des Umgangs mit ihnen, zu betrachten. *Medienkulturen* konstituieren sich dann zum einen aus der Kultur, die Medien hervorbringen. Zum anderen entstehen Medien eben erst aus einer Kultur, aus einer Wissens- und Theatergeschichte, die Medien, Apparate und Technik vordenkt, bevor sie da sind, und die sie erzeugt und ausprägt, wenn sie einmal erschienen sind. Die untrennbare Verbindung von analogen Abtastungen und Übertragungen mit Be- und Verrechnungen mittels invarianter Symbole, Adressierungen und Befehlsschaltungen in digitalen Computer konstituiert Computergeschichte als eine der Täuschung und des Spiels. Als solche werden Computer wirksam und bis heute genutzt.

DISPLAYING INTERPLAY

Entwicklungstrends der Mensch-Maschine-Interaktion

VON ANDREAS KOLB, CHRISTOF REZK-SALAMA,
JOCHEN VENUS

Das gegenwärtige Mediensystem stellt sich den Leuten vor allem als undurchschaubares Gewebe vernetzter Displays dar. Ein großer Teil der wirtschaftlichen, rechtlichen und politischen Kommunikationsroutinen, die vormals von Printprodukten und ihrer Distributionslogik abhingen, werden heute an Displays vollzogen und von Datennetzen vermittelt. Displays konstituieren, so könnte man sagen, die Kontaktzonen zwischen dem Einzelnen und den gesellschaftlichen Strukturen jenseits seiner mikrosozialen Horizonte.

Dieser displayvermittelte Datenaustausch ist mit Blick auf seinen zeitlichen, räumlichen und materiellen Ressourcenbedarf von einer nachgerade revolutionären Effizienz, und dies bei einer außerordentlichen Plastizität seines medienästhetischen Substrats: Displays vermitteln heute Bilder, Klänge und Texte in nahezu beliebigen Kombinationsformen und Darstellungsqualitäten; allein die materielle Oberfläche des Projektionsschirms bzw. des Projektionsgrundes setzt der texturalen Anmutung der angezeigten Daten noch gewisse Grenzen. Die gesellschaftlichen Systeme, deren Kommunikationsstrukturen von diesem Medienumbruch betroffen sind, haben relativ abrupt eine schnellere Taktung und ein neues ästhetisches Gepräge angenommen.

Aus der Omnipräsenz und der gesellschaftlichen Relevanz der Displaytechnologie ergibt sich ein neuer und eminenter Bereich gesellschaftlicher Semantik, ein unscharf begrenztes semiotisches Feld, das sich von der Displaytechnologie selbst und den entsprechenden ingenieurwissenschaftlichen Diskursen über die Images und Einstellungen, die sich aus der Displaynutzung ergeben, bis zu den kulturkritischen Debatten über die ‚telematische Gesellschaft‘ (Flusser) erstreckt.

In der Traditionslinie medienreflexiver Apokalyptik artikuliert sich in diesem Feld die Sorge, dass sich hinter dem Oberflächendesign der Displays die relevanten Vergesellschaftungsstrukturen dem Zugriff des Einzelnen mehr und mehr entziehen. Die Datennetze und die in ihnen ablaufenden Programme zeigen nur noch Eingabemasken vor, die man nach vorgeschriebenen Formen zu bedienen hat, deren Funktion und technologische Basis man aber nicht versteht, geschweige denn zu gestalten in der Lage wäre. Die ungeheure Komplexität gegenwärtiger Informationstechnologie, die selbst von versierten Experten nicht mehr im Ganzen durchschaut werden kann, bildet in der Perspektive dieser Apokalyptik ein blindes Herrschaftssystem aus, dem der Einzelne hilflos ausgeliefert ist.

Genährt werden solche Überzeugungen vor allem von den frustrierenden Erlebnissen im alltäglichen Umgang mit Computersystemen. Unerwartete Ergeb-

nisse, Fehlermeldungen und Systemabstürze brechen über die Nutzer herein wie kleine Naturkatastrophen, und die apokalyptische Vision verschafft vor diesem Hintergrund den kurzfristigen Triumph des negativen Durch- und Überblicks. Vilém Flusser etwa halluzinierte schon in den 1980er Jahren den Advent einer ‚fascistischen Gesellschaft‘ im Zeichen technischer Bilder und traf damit durchaus den Nerv der Zeit:

Die Medien bilden von den Zentren, den Sendern ausgestrahlte Bündel. ‚Bündel‘ heißen lateinisch ‚fascies‘. Die Struktur der von technischen Bildern beherrschten Gesellschaft ist demnach fascistisch, und zwar ist sie fascistisch nicht aus irgendwelchen ideologischen, sondern aus ‚technischen‘ Gründen. So wie die technischen Bilder gegenwärtig geschaltet sind, führen sie ‚von selbst‘ zu einer fascistischen Gesellschaft.¹

Komplementär zu diesen apokalyptischen Denkfiguren stehen pragmatisch orientierte Gebrauchswertideale, die den frustrierenden Alltagserfahrungen mit positiven Normen begegnen. Sie sollen dafür sorgen, dass sich die Computersysteme und ihre Benutzerschnittstellen in ihrer technischen Evolution mehr und mehr menschlichen Motiven und Fähigkeiten anpassen. Einen institutionellen Rang haben diese pragmatisch orientierten Gebrauchswertideale in der Leitnorm DIN EN ISO 9241 erhalten, die mit Blick auf die Dialoggestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion folgende Qualitätskriterien postuliert:

- **Aufgabengemessenheit:** Das System soll eine geeignete Funktionalität aufweisen und dabei die überflüssigen Interaktionen minimieren.
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit:** Das System soll durch Hilfen und Rückmeldungen ein Höchstmaß an Verständlichkeit realisieren.
- **Steuerbarkeit:** Der Dialog soll durch den Benutzer gesteuert werden.
- **Erwartungskonformität:** Das System soll nach Maßgabe eines realistischen Benutzermodells funktionieren.
- **Fehlertoleranz:** Benutzungsfehler sollen leicht korrigierbar sein und nicht zum Systemabsturz führen.
- **Individualisierbarkeit:** Das System soll an besondere Benutzermerkmale und Arbeitskontexte angepasst werden können.
- **Lernförderlichkeit:** Das System soll leicht zu erlernen sein und den Lernprozess optimal unterstützen.

Sowohl die medienreflexive Apokalyptik als auch die Ideale der Software-Ergonomie dürfen aber nicht mit der Wirklichkeit der technologischen Entwicklung verwechselt werden. Als polemisch bzw. normativ überschießende Reaktionsbildungen weisen sie lediglich auf Problemlagen und abstrakte Zielvorstellungen hin.

¹ Flusser, Vilém: *Ins Universum der technischen Bilder*, Göttingen 1985, S. 68.

Diese sind zwar wichtige Determinanten des gesellschaftlichen Status und der Entwicklungstrends der Displaytechnologie. Ein realistischeres Bild gewinnt man aber, wenn man darüber hinaus historische und systematische Erwägungen mit einbezieht, die den ideologischen Motiven der Apokalyptik und der ergonomischen Normierung einen konkreten Gehalt geben. Entscheidend ist dabei eine Weiterung des sachlichen Fokus. Einerseits ist es aufschlussreich, die gegenwärtige Displaytechnologie als Konfiguration im Rahmen einer Geschichte technischer Anzeigen zu perpektivieren, die von primitiven Maßstäben, Sonnenuhren und frühgeschichtlichen Sternwarten über die feinmechanischen Messgeräte der Neuzeit bis zu der modernen elektronischen Messtechnologie reicht. Andererseits ist es sinnvoll, die Displaytechnologie funktional im Rahmen der Mensch-Maschine-Interaktion zu betrachten, denn nach dem Stand der technikgeschichtlichen Entwicklung werden Displays heute insbesondere dazu benötigt, das Zusammenspiel von menschlichem und maschinellm Verhalten zu projizieren und für den menschlichen Anwender kontrollierbar zu machen. Diese technische Funktion erzwingt, dass moderne technische Anzeigen, die das Zusammenspiel von technischen Systemen und ihren Anwendern beobachtbar machen sollen, diese darstellen, *als ob* sie wirkliche Interaktionspartner wären. Die, wenn man so will, *funktionale Fiktion einer Mensch-Maschine-Interaktion* wird somit zum Gegenstand technischer Rationalisierung. Es gilt, die technikhistorisch mit einer gewissen Zwangsläufigkeit emergierende Metapher der Mensch-Maschine-Interaktion technisch möglichst zwingend zu implementieren. Der nächste technik- und medienhistorische Schritt scheint vor diesem Hintergrund der Schritt aus dem *Bildraum des Displays* in den *Aktionsraum der virtuellen Realität* zu sein. Die technologischen Trends jedenfalls sprechen für eine Entrahmung des klassischen Displays und einen Sprung in die dritte Raumdimension.

Im Folgenden sollen kurz einige wichtige Stationen in der Geschichte der Mensch-Maschine-Interaktion rekapituliert werden, um vor diesem Hintergrund die jüngsten Entwicklungen auf diesem Gebiet zu skizzieren und versuchsweise zu evaluieren.

I GESCHICHTE DER MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION

Allgemein gesprochen besteht die Leistung technischer Anzeigen vor allem in der distinkten und verlässlichen Darstellung faktischer Zustände und Ereignisse, die sonst gar nicht oder nur schwer und ungenau aufzufassen wären. Die Distinktheit der Darstellung resultiert dabei aus dem systemischen Charakter der Darstellungsoberfläche. Jede besondere Darstellung, die von einer technischen Anzeige vermittelt wird, wird als Ereignis in einem wohldefinierten Ereignisraum präsentiert. Die Verlässlichkeit der Darstellung beruht dagegen auf der naturgesetzlichen Determiniertheit des Darstellungsprozesses. Das Dargestellte steht mit der Darstellung in einer geprüften Kausalbeziehung, so dass die Darstellung als empirischer Nachweis des Dargestellten aufgefasst werden kann. In den Termini der

Peirceschen Semiotik formuliert sind die Darstellungen, die durch technische Anzeigen vermittelt werden, – im Unterschied zur Darstellung mittels *arbiträrer Symbole* oder *abbildender Ikone* – *indexikalisch*, d.h. sie konstituieren einen Zeichenzusammenhang, der zu dem bezeichneten Objekt in einer naturgesetzlichen Beziehung steht.² Die Leistung technischer Anzeigen besteht also in der *automatisierten Produktion skaliertes Indexe*. Displays stehen sozusagen am logischen Ende messtechnischer Systeme.

Die Geschichte technischer Anzeigen weist vor dem Hintergrund gegenwärtiger Displaytechnologie zwei entscheidende Wendepunkte auf. Als konstitutive Bestandteile von Messgeräten dienten sie zunächst allein zur differenzierten Beobachtung unabhängiger Naturvorgänge. Technische Anzeigen vermittelten zwischen Mensch und Natur, nicht zwischen Mensch und Technik. Das traditionelle Handwerk kannte keinen expliziten Zeichentausch zwischen Gerät und Nutzer. Die Interaktion zwischen Mensch und Werkzeug war sozusagen implizit und stellte sich als trainierte und geschickte Umgangsweise dar. Die ‚Ergonomie‘ des Werkzeugs bezog sich noch nicht auf allgemeine anthropologische Merkmale, sondern auf einen hinsichtlich Kraft und motorischer Routinen hochgradig spezifizierten Körper. Die ergonomische Raffinesse der über Jahrhunderte fortentwickelten Handwerkszeuge teilte sich nicht dem Lehrling mit, sondern dem durch dauernde Übung am Gerät ausgebildeten Handwerker.

Die Fortschritte im Automaten- und Werkzeugmaschinenbau seit dem ausgehenden 17. Jahrhundert veränderten diese Lage. Sie machten die Geschicklichkeitsvoraussetzungen des Handwerks zwar nicht obsolet, der gesellschaftliche Rang handwerklichen Geschicks ist aber seither beständig gesunken. Bedeutsam war vor allem, dass der technologische Fortschritt den Unterschied zwischen zwei Aspekten deutlich machte, die im Handwerk ungeschieden zusammenfielen: den Unterschied zwischen Kraftentwicklung und performativer Umsetzung der Kraft. Eine moderne Werkzeugmaschine vollzieht ihr technisches Potenzial, ihren ausgeklügelten performativen Mechanismus nur, wenn die entsprechenden Kräfte auf sie einwirken. Zur technischen Herausforderung wurde vor diesem Hintergrund eine standardisierte Produktion und Beherrschung von Kraft. Mit den Kraftmaschinen des Industriezeitalters, zunächst mit James Watts Dampfmaschine und ihrer weiterführenden Rationalisierung in Gestalt der Hochdruckdampfmaschine, fand diese Herausforderung ihre ingenieure Lösung. Die Kraftmaschinen verlangten vom menschlichen Nutzer nicht mehr körperliche Kraft oder feinmotorisches Geschick, sondern, angesichts der Präzisionsanforderung in ihrer Fertigung und entsprechender Aus- und Unfallsrisiken, eine möglichst verlässliche Überwachung des Herstellungsprozesses und des Betriebs. Damit wurde die Beobachtung technischer Prozesse seinerseits zur technologischen Herausforderung, und der Messtechnologie eröffnete sich ein neues Anwendungsfeld. Techni-

2 Vgl. Peirce, Charles S.: „Nomenclature and Divisions of Triadic Relations, as Far as They Are Determined“, in: ders.: *The Essential Peirce. Selected Philosophical Writings*. Bd. 2 (1893-1913), hrsg. v. The Peirce Edition Project, Bloomington 1998, S. 289-299.

sche Anzeigen kamen nunmehr nicht mehr allein bei der technischen Naturbeobachtung zum Einsatz, sondern auch bei der Kontrolle *ereigniskritischer technischer Prozesse*. Die bestimmende technologische Form bestand fortan in der Steuerung von Maschinen anhand von technischen Anzeigen, die skalierte Indexe der respektiven Maschinenzustände übermittelten.

Erst auf dieser paradigmatischen Grundlage, der Maschinensteuerung auf Basis einer quantifizierbaren Datenlage, ließ sich ein technisches Problem denken, dessen Lösung den zweiten Wendepunkt in der Geschichte der Displaytechnologie markiert – die Entwicklung von *Steuerungstechnologie auf der Basis von Datenverarbeitung*. Displays sind also keine späte Folge der Datenverarbeitung, auch wenn die ersten Computer noch nicht über Displays im heute geläufigen Sinne verfügten. Technikhistorisch sind sie ein bedeutsamer Faktor ihres Ermöglichungszusammenhangs. Allerdings schafft die Computertechnologie die Bedingungen für einen logischen Sprung im semiotischen Funktionszusammenhang des Displays, der zur schrittweisen Aufhebung des etablierten Mediendispositivs des Displays führt, zur medialen Überformung und Auflösung der klassischen technischen Anzeige hin zur multimedialen Benutzerschnittstelle und schließlich zur interaktiv anmutenden virtuellen Realität.

Bis zu Beginn der 1960er Jahre war der Begriff Benutzerschnittstelle sehr unscharf. Die Nutzung des Computers beschränkte sich auf die Ausführung langer Berechnungen, weniger auf die visuelle Präsentation der Ergebnisse. Schnittstellen für eine kontinuierliche Intervention des Menschen waren kaum realisiert. Als Ausnahme war der TX-2 am Massachusetts Institute of Technology (MIT) einer der wenigen Computer, die über eine Konsole mit einem Monitor und Tastatur direkt bedient wurden.

Anfang der 1960er Jahre entwickelte Ivan Sutherland auf dem TX-2 sein revolutionäres Computersystem Sketchpad. Dieses System beinhaltete das erste Computerprogramm, das eine graphische Benutzerschnittstelle nutzte. Sutherland bediente das System mit einem Lichtgriffel, indem er direkt auf den Kathodenstrahlmonitor zeichnete, und demonstrierte, dass Computergraphik sowohl für künstlerische als auch für technische Zwecke eingesetzt werden kann.

In den 1960er Jahren griff Douglas Engelbart erneut eine Idee auf, die bereits 1945 von Vannevar Bush in seinem MEMEX-System³ entwickelt wurde: Die Verbindung von inhaltlich verwandten Informationen und Dokumenten über Verknüpfungen (Links). Die Begriffe Hypertext und Hypermedia wurden 1965 von Ted Nelson geprägt.⁴ Engelbart entwickelte in den Stanford Forschungslaboren

3 MEMEX = Memory Expander. Vgl. Bush, Vennvar: „As We May Think“, in: *Atlantic Monthly*, Jg. 176, Nr. 1, 1945, S. 101-108.

4 Nelson, Ted: „A File Structure for the Complex, the Changing, and the Indeterminate“, in: *Proceedings of the 20th National Conference of the Association for Computing Machinery*, 1965, S. 84-100.

mit dem NLS⁵ das erste System zur direkten Erstellung von Hypertext-Dokumenten. Dieses System ermöglichte es bereits, zwei Benutzern über Netzwerkverbindungen simultan an einem gemeinsamen Dokument zu arbeiten. Der wenig ergonomische Lichtgriffel wurde ersetzt durch eine Maus, die über den Tisch bewegt wurde. Engelbart führte erste Studien zur Ergonomie von Interaktionsgeräten durch, unter anderem mit einem obskuren, unter dem Tisch montierten Gerät zur Textauswahl mit dem Knie (*knee-device*). Viele der damals erarbeiteten Konzepte finden sich im heutigen Personal Computer wieder, beispielsweise die Unterteilung des Bildschirms in Textfenster. Überlappende Textfenster (Windows) wurden 1969 von Alan Kay entwickelt.⁶

Das erste graphische Computerspiel *SpaceWar* wurde 1962 von Slug Russel am MIT entwickelt und verwendete bereits einen Joystick zur Steuerung. Das erste populäre, kommerzielle Computerspiel war *Pong*, ein einfaches Spiel bei dem ein Lichtpunkt zwischen zwei Benutzern hin und her gespielt wird. Die Steuerung erfolgte über einfache Gamepads. Ende der 60er Jahre wurde die 3D-Rastergraphik populär. Die militärischen Entwicklungen von Flugsimulatoren führten zu den ersten kommerziellen Systemen mit 3D-Echtzeit-Graphikanwendungen. Das erste 3D-Interaktionssystem war der *Lincoln Wand*, ein 3D-Positionserfassungssystem basierend auf Ultraschall, 1966 entwickelt von Larry Roberts.⁷ Eine frühe Anwendung für dieses System war die Modellierung molekularer Strukturen.

II VON DER GRAFISCHEN BENUTZERSCHNITTSTELLE ZUR 3D-INTERAKTION

Parallel zu diesen historischen Entwicklungslinien, in denen sich das Profil einer technischen Implementierung der Metapher von der Mensch-Maschine-Interaktion immer deutlicher herausbildete, entstand auch ein Bewusstsein der besonderen medialen Konfigurationen, die sich im Zusammenspiel technischer Systeme und menschlichen Nutzen ergeben. Die metaphorische Bildquelle der Mensch-Maschine-Interaktion, die Interaktion menschlicher Individuen, und das Zielfeld der Metapher, das produktive Zusammenspiel maschinellen und menschlichen Verhaltens durch dessen mediale Veranschaulichung für den menschlichen Nutzer, können paradigmatisch integriert werden, wenn die semiotischen Kapazitäten von Mensch und Maschine in ihrer Spezifik analytisch begriffen und technisch beherrscht werden.

5 NLS = On Line System. Vgl. English, William K. u.a.: „Display Selection Techniques for Text-Manipulation“, in: *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, Jg. 8, Nr. 1, 1967, S. 5-15.

6 Vgl. Kay, Alan: *The Reactive Engine*, University of Utah 1969 (Diss.).

7 Vgl. Roberts, Lawrence G.: *Machine Perception of Three-Dimensional Solids*, (MIT Lincoln Laboratory Technical Report, Nr. 315), Cambridge, Mass. 1963 (Diss.).

Im Vergleich zur Kommunikation zwischen menschlichen Individuen ist die Interaktion zwischen Mensch und Computer in ihrer Komplexität stark eingeschränkt. Die Anzahl unterschiedlicher Kommunikationsmedien (z.B. Schrift, Bilder, Sprache, Gestik), die im Zusammenspiel von Mensch und Maschine Verwendung finden, sind deutlich geringer und asymmetrisch auf die ‚Kommunikationspartner‘ verteilt. Dem Mensch stehen zum Senden erheblich weniger Ausdrucksformen zur Verfügung, oft nur Schrift (Tastatur) und deiktische Operationen (Maus). Der Computer kann dagegen mehr und andere Medien für die Ausgabe von Informationen an den Menschen nutzen. Dies ist unter anderem bedingt durch die eingeschränkten Fähigkeiten zur Interpretation und Reaktion des Computers.⁸

Der menschliche Handlungsprozess als Teil der Mensch-Maschine-Interaktion lässt sich für die Zwecke einer technischen Modellierung in drei Teilaspekte untergliedern: die Absicht (Intention), die Planung einer Handlung, sowie die Steuerung (Regulation) der Durchführung. Donald Norman hat in seiner Untersuchung zur Psychologie alltäglicher Dinge ein detailliertes Modell des Handlungsprozesses entwickelt.⁹ Unter der Handlungsregulation versteht man einen kontinuierlichen Prozess, bestehend aus Rückkopplung, Vergleich mit dem Ziel der Handlung und der Modifikation der Handlung. In der Mensch-Maschine-Interaktion erfolgt die Handlungsregulation in der Regel nur einseitig. Der Computer hat nur wenige Möglichkeiten zu prüfen, ob sein Kommunikationsziel vom menschlichen Benutzer verstanden wurde. Er ist daher in seiner Möglichkeit zur Handlungsregulation erheblich eingeschränkt. Die Formen der Handlungsregulation des Menschen auf kognitiver und motorischer Ebene hingegen können kategorisiert werden in

- bewusste, intellektuelle Handlungen (intellektuelle Leistungen des Gehirns basierend auf einer Wissensgrundlage),
- Routinehandlungen (Flexible Handlungsmuster) und
- vollständig automatisierte Handlungen (sensomotorische Bewegungsabläufe).¹⁰

Diese Kategorisierung basiert auf dem Grad der Aufmerksamkeit, die für eine bestimmte Handlung notwendig ist. Bewusste Handlungen erfordern die höchste Aufmerksamkeit. Der Mensch kann daher im Wesentlichen nur eine intellektuelle Handlung gleichzeitig ausführen. Sensomotorische Handlungen, wie beispielsweise das blinde Schreiben auf einer Tastatur, erfordern hingegen nur eine sehr geringe Aufmerksamkeit. Mehrere solcher sensomotorischen Handlungen können auch parallel ablaufen. Das grundlegende Designparadigma für die Mensch-Ma-

8 Vgl. Dahm, Markus: *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion*, München 2006, Kapitel I.

9 Vgl. Norman, Donald A.: *The Psychology of Everyday Things*, New York 2002.

10 Vgl. Hacker, Winfried: *Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*, Bern u.a. 1986.

schine-Schnittstelle fordert daher das Ziel, den Bedarf einer intellektuellen Regulation zu vermeiden. Der Nutzer muss sich auf die übergeordnete Aufgabe, die er mit Hilfe der Maschine zu lösen versucht, konzentrieren. Seine Aufmerksamkeit sollte nicht durch die Benutzerschnittstelle beeinträchtigt werden.

Das Forschungsgebiet der Software-Ergonomie untersucht die Nutzbarkeit und Gebrauchstauglichkeit von Softwaresystemen. Die Effizienz wird hier oft quantifiziert als die durchschnittliche Zeit, die für einen bestimmten Handlungsprozess benötigt wird. Das GOMS-Modell¹¹ von Card et al. zerlegt die Mensch-Maschine-Interaktion in elementare Aktionen und basiert auf einem eher mechanistischen Modell des Menschen.¹² Es erlaubt die Analyse und Quantifizierung der Effizienz anhand heuristischer Regeln und durchschnittlicher Zeiten für elementare Operationen.

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle umfasst sowohl reale Interaktionsgeräte (z.B. Tastatur, Maus) als auch virtuelle Interaktionselemente (Elemente einer Graphischen Benutzeroberfläche, wie Knöpfe, Auswahlelemente und Schieberegler). Sowohl die realen als auch die virtuellen Interaktionselemente stellen auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen Metaphern für mögliche Operationen dar. Die Analogie von realem und virtuellem Objekt sollte im Idealfall konsistent sein. Eine grundlegende Richtlinie für die Auswahl und Entwicklung von Interaktionsgeräten ist eine intuitive, problemspezifische Nutzung. Als nahe liegendes Beispiel wäre die ideale Steuerung eines Flugsimulators durch Interaktionselemente gegeben, die einer realen Flugzeugkanzel möglichst originalgetreu nachempfunden sind.

Eine mögliche Kategorisierung moderner Interaktionsgeräte kann anhand der mit ihnen assoziierten räumlichen Dimension erfolgen. Sutherlands Sketchpad wird als der Urvater vieler Interaktionsgeräte mit zweidimensionalem Interaktionsraum gesehen. Kamerabasierte Interaktionsgeräte erlauben es, neben den oben beschriebenen Formen der bewussten Regulation, auch die Verarbeitung unbewusster oder unterbewusster Gesten. Eye-Tracking Systeme beispielsweise verfolgen die Augenbewegung eines Betrachters.¹³ Einsatzgebiete findet man neben den kognitiven Wissenschaften, vor allem in der autostereoskopischen Displaytechnik und der Werbung. Die meisten Eye-Tracking Systeme lokalisieren das Zentrum der Pupille in einem Kamerabild und erzeugen eine corneale Reflexion im Infrarotbereich. Auf diese Weise ermitteln sie den (zweidimensionalen) Punkt auf der Bildebene, den der Betrachter anvisiert. Ein kamerabasiertes System zur Spielsteuerung wurde mit dem *Eyeto* von Sony vorgestellt. Hierbei handelt es sich um ein System zur Erfassung lateraler Bewegungen im Bild. Aufgrund der Ein-

11 GOMS = Goals, Operations, Methods, and Selection Rules.

12 Vgl. Card, Stuart K. u.a.: *The Psychology of Human Computer Interaction*, Hillsdale, N.J. 1983.

13 Vgl. Rayner, Keith: „Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research“, in: *Psychological Bulletin*, Jg. 124, Nr. 3, 1998, S. 372-422.

schränkung auf Bewegungen parallel zur Bildebene ist dieses System ebenfalls zu den Geräten mit zweidimensionalem Interaktionsraum zu zählen.

Zu den Interaktionsgeräten mit drei assoziierten Raumdimensionen zählen Spacemouse (bzw. Spaceball), Flystick, Datenhandschuh (Cyberglove) oder Exoskelett (Haptic Workstation).¹⁴ Optional sind einige dieser Geräte auch mit Vibrationselementen zur Umsetzung eines taktilen Feedbacks versehen. Diese tendenziell teuren Geräte werden vorwiegend in virtuellen Umgebungen für Produktdesign und -planung eingesetzt. Ihre Akzeptanz bei den Benutzern ist im Allgemeinen relativ gering, da sie sehr ungewohnt in der Nutzung und wenig komfortabel zu tragen sind. Darüber hinaus muss trotz der vielen Anwendungen von 3D-Interaktionstechniken im Bereich *Virtual Environments* festgehalten werden, dass es nur eine sehr geringe Anzahl übergreifender Interaktionsmetaphern gibt.¹⁵

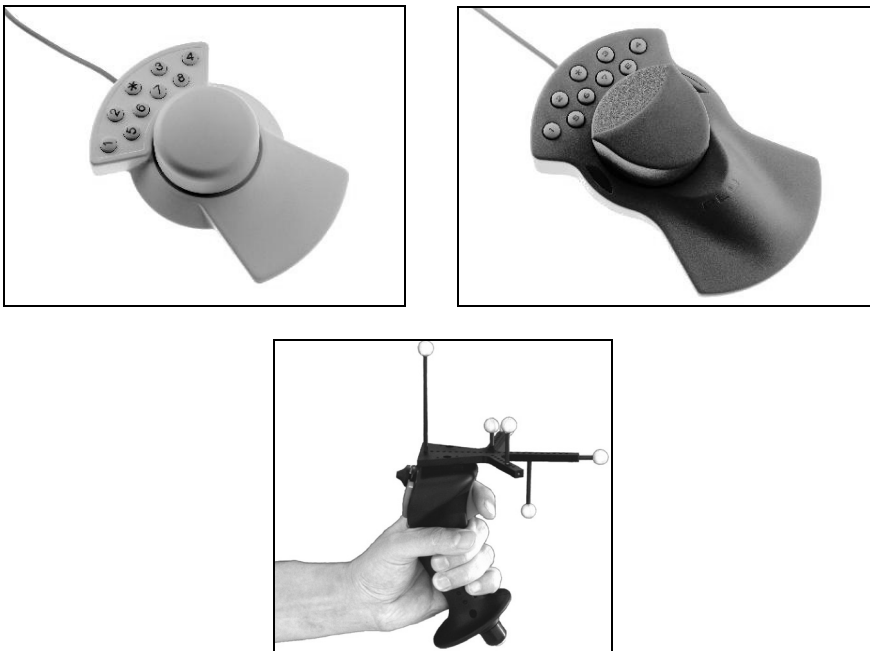


Abb. 1-3: D-Interaktionsgeräte: Space-Mäuse und Flying-Joystick.

Höhere Akzeptanz bieten kamerabasierte Systeme. Existierende Lösungen basieren vorwiegend auf der Verfolgung (Tracking) natürlicher oder künstlicher Marker. Die Marker werden im Bild erkannt und ihre räumliche Position und Orien-

14 Vgl. Vince, John A.: *Introduction to Virtual Reality*, London u.a. 2004.

15 Vgl. Mehnert-Spahn, John/Steck, Sibylle D./Kolb, Andreas: „A Cross-Platform Approach for User-Interaction in Virtual Environments“, in: *3. Fachtagung zu Virtual Reality und Augmented Reality*, Tagungsband, Fraunhofer IFF, Magdeburg 2006, S. 321-328.

terierung relativ zur Kamera errechnet.¹⁶ Auf optischem Tracking einzelner Punkte basieren auch Motion-Capturing-Systeme, die Gelenkbewegungen des menschlichen Körpers anhand künstlicher Marker erfassen. Diese Systeme verwenden ein kinematisches Modell des Menschen, das den möglichen Bewegungsspielraum vordefiniert und im Vergleich zum natürlichen Bewegungsumfang häufig auch einschränkt.

III BILDBASIERTE 3D-BEWEGUNGSERFASSUNG ALS GRUNDLAGE VON 3D-INTERAKTION

Laser-Triangulierung¹⁷ und Stereo-Technik¹⁸ sind Standard-Techniken zur Erfassung von Entfernungen. Während die Laser-Triangulierung auf die Erfassung statischer Szenen beschränkt ist, kann die Stereo-Technik nur bei ausreichender Objektstruktur eingesetzt werden und ist nur eingeschränkt echtzeitfähig. Alternative Techniken wie strukturiertes Licht¹⁹ oder *Parallel Range Sensing*²⁰ eignen sich zur Erfassung dynamischer Objekte und Szenen. Der Ansatz mit strukturierterm Licht erfordert eine aufwändige Offline-Berechnung der Entfernungswerte. Beim *Parallel Range Sensing* kommt eine zeitlich hochgenaue, hochdynamische Verschlusstechnik (*gating*) zum Einsatz, die eine kompakte und kostengünstige Bauweise verhindert.

Die *Photonic Mixer Detector* (PMD)-Technologie arbeitet mit Amplituden-Modulation im Nah-Infrarot (NIR) Bereich. Die Lichtlaufzeit wird über das direkte Sampling der Korrelationsfunktion zwischen dem Referenzsignal und dem optischen Signal aus der Szene auf dem Pixel realisiert.²¹ Dies erlaubt eine sehr kom-

-
- 16 Vgl. Koch, Reinhard u.a.: „Markerless Image-based 3D Tracking for Real-time Augmented Reality Applications“, Vortrag, *Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services*, Montreux 2005, <http://www.ist-matris.org/publications/WIAMIS-AR.pdf>, 10.09.2007.
- 17 Vgl. Winter, Gundolf/Bogen, Manfred: „Teilprojekt B7: Virtualisierung von Skulptur“, in: Finanzierungsantrag, *Kulturwissenschaftliches Forschungskolleg SFB/FK615 Medienumbüche*, Universität Siegen 2005, S. 489-522; Levoy, Marc u.a.: „The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues“, in: *ACM Proceedings SIGGRAPH*, Juli 2000, S. 131-144.
- 18 Vgl. Ma, Yi u.a.: *An Invitation to 3D Vision. From Images to Geometric Models*, New York u.a. 2004.
- 19 Vgl. ABW GmbH (Hrsg.): „Optische 3D-Formerfassung mit Codiertem Lichtansatz plus Phasenmessung“, http://www.abw-3d.de/messverfahren/messverfahren_de.php, 10.09.2007.
- 20 Vgl. Inition (Hrsg.): „3DV Systems - ZCam - Discontinued“, http://www.inition.co.uk/inition/product.php?URL_=product_digiscan_3dvsystems_zcam&SubCatID_=53, 10.09.2007.
- 21 Vgl. Lange, Robert: *3D Time-of-flight Distance Measurement with Custom Solid-state Image Sensors in CMOS/CCD-Technology*, Universität Siegen 2000 (Diss.).

pakte Bauweise auf Basis einer Standard-CMOS-Technologie.²² Die herausragenden Eigenschaften der PMD-Technologie, konkret

- die zeitgleiche Erfassung von nahezu 20.000 Entfernungswerten,
- die hohe zeitliche Auflösung der Daten-Akquisition von ca. 20 FPS und
- und kompakte und kostengünstige Bauweise des Sensors

stellen ein herausragendes Potential zu Umsetzung neuer, innovativer Interaktionstechniken dar. Der PMD-Sensor wurde bereits für eine prototypische Gestenerkennung für eine Hand eingesetzt.²³ Hierbei wurde ein modellbasierter Ansatz verfolgt, bei dem die Tiefendaten der PMD-Kamera in Echtzeit auf ein, bislang starres Handmodell abgebildet werden. Hierbei wird von der so genannten Hauptachsen-Analyse (englisch: *principle component analysis*, PCA) Gebrauch gemacht, mit deren Hilfe die wesentliche Ausrichtung der virtuellen Hand an die segmentierten PMD-Daten angepasst wird.

IV ANWENDUNGSPOTENTIALE BILDBASIERTER 3D-INTERAKTION

Für die Untersuchung möglicher Anwendungsszenarien für die Mensch-Maschine Interaktion durch Gestiken kann von einer initialen Unterteilung mit einer groben Charakterisierung der Anwendungsgebiete ausgegangen werden. Bezüglich des Bedarfs und des Nutzens gestischer Interaktion können Softwareapplikationen in unterschiedliche Klassen eingeteilt werden:

- *Abstrakte Anwendungsprogramme ohne direkten Raumbezug für Interaktion und Darstellung*
In diese Kategorie fallen alle Anwendungen, die eine abstrakte Steuerung basierend auf Metaphern (Buttons, Slider etc.) verwenden. Beispiele sind beliebige Datenbank-, Textverarbeitungs- oder Präsentationsanwendungen. Ein Szenario aus dieser Kategorie wäre sehr experimentell und würde dem Entwurf eines neuen, intuitiven Interaktionsparadigmas ein sehr großes Gewicht verleihen. Fiktive Steuerungsmöglichkeiten, wie beispielsweise die Datenbanknavigation im Film MINORITY REPORT (Twentieth Century Fox und Dreamworks, 2002), zeigen jedoch durchaus, dass gestische Interaktion für derartige Anwendungen denkbar ist.
- *Unterhaltungsmedien, wie Computerspiele oder digitale Kunst*
In diesem Bereich wurde 3D-Interaktion bereits eingesetzt, ist aber kein zwingender Bestandteil der bekannten Interaktions-Paradigmen. Insbeson-

22 Vgl. Kraft, Holger u.a.: „3D-Camera of High 3D-Frame Rate, Depth-Resolution and Background Light Elimination Based on Improved PMD (Photonic Mixer Device)-Technologies“, Vortrag, OPTO, Nürnberg 2004; Schwarte, Rudolf u.a.: „Neue 3D-Bildsensoren für das Technische 3D-Sehen“, Vortrag, VDE Kongress ‚Ambient Intelligence‘, Berlin 2004.

23 Vgl. Breuer, Pia: *Entwicklung einer prototypischen Gestenerkennung unter Verwendung einer IR-Tiefenkamera*, Universität Koblenz-Landau 2006 (Diplomarbeit).

dere im Bereich der Computerspiele werden intuitivere und ergonomischere Alternativen zu Maus und Tastatur, etwa Gamepad oder Lenkrad, verwendet. 3D-Interaktionsparadigmen, wie sie in diesem Projekt erforscht werden, könnten die Steuerung eines Spiels mit direktem Raumbezug (z.B. ‚Wegducken‘ eines virtuellen Charakters) aber auch mit Indirektion (Beispiel Hand- oder Kopfgestik) umsetzen.

- *Virtual Environments*

In diesem Kontext ist die 3D-Interaktion aktuell am weitesten verbreitet. Anwendungen wie virtuelle Produktpräsentationen oder Produktintegrationsaufgaben finden sich in vielen Investitionsgüterindustrien. Die Umsetzung eines Szenarios in diesem Bereich würde die Möglichkeit eines unmittelbaren Vergleichs mit bekannten, nicht kamerabasierten Interaktionsgeräten eröffnen.

In einer Reihe von Anwendungen mit 3D-Interaktion spielt die Haptik zur Exploration von Gegenständen, beispielsweise von der Oberflächenbeschaffenheit, eine wesentliche Rolle. Naturgemäß ist es bei einem bildbasierten Ansatz, der ohne zusätzliche Geräte auskommen soll, nicht möglich, diese Form der direkten Immersion zu integrieren. Diese Einschränkung kann durch Abbildung der zu vermittelnden Eigenschaften auf andere, im Wesentlichen visuelle Merkmale zu einem gewissen Teil kompensiert werden kann.

Andererseits eröffnet dieser scheinbare Mangel an Immersion bei der taktilen Komponente, Möglichkeiten für neue und innovative Interaktionsformen insbesondere bei Anwendungen mit direktem Raumbezug. Der ‚schwerelose‘ Umgang mit virtuellen Objekten mit unmittelbarem Raumbezug, beispielsweise Automobile oder Häuser, hat das Potential neue Interaktionsformen hervor zu bringen.

V RAUMDISPLAYS UND DIE EXPERIMENTELLE MORPHOLOGIE GESTISCHER KOMMUNIKATION

Die Hoffnungen und Ängste, dass eine Ausweitung des Displays in den Raum zu einer unterschiedslosen Verschmelzung ‚natürlicher‘ und virtueller Interaktionsformen führen könnte, erscheinen vor diesem Hintergrund unbegründet. Die Verräumlichung der Mensch-Maschine-Interaktion eröffnet vielmehr das Feld einer experimentellen Morphologie gestischer Kommunikation, deren sozialpsychologische Implikationen vorerst unabsehbar sind. Denkbar wäre einerseits, dass es im Zuge der massenattraktiven Implementierung einer gestisch basierten Mensch-Maschine-Interaktion zu einer kulturellen Aufwertung und Raffinierung der Gestik kommt; denn für den Prozess der elektronischen Datenverarbeitung müssten die Gebärden in distinkte Einheiten zerlegt werden, die z.T. bedeutungstragend, z.T. aber auch nur als bedeutungsdiskriminierend anzusehen sind (und daher ähnlich wie die Lautsprache auf der Basis einer begrenzten Ausdrucks-

substanz einen unendlichen Formenreichtum zu codieren in der Lage sind²⁴). Schon heute funktionieren die Controller von Computerspielen als semiotisch höchst komplexe Kommunikationsgeräte, die teils gestisch analog, teils deiktisch, teils symbolisch funktionieren und diese Formen darüber hinaus in vielfältigen z.T. kontextabhängigen Kombinationen einsetzen.

Auf den ersten Blick ist allerdings nicht zu sehen, welcher praktische Vorteil in einer gestisch basierten Mensch-Maschine-Interaktion stecken soll. Diese Frage mag jedes Forschungs- und Entwicklungsprojekt auf seine Weise beantworten; eine allgemeine Antwort ist nicht vonnöten. Die computervermittelte Steuerungstechnologie wirft grundsätzlich das technische Problem einer Steuerung 2. Ordnung auf. Das Display einer solchen Steuerungstechnologie muss den Steuerungsprozess und die Möglichkeiten seiner Steuerung durch den Nutzer darstellen. Die technische Herausforderung der Darstellung der Mensch-Maschine-Interaktion ist mit der computervermittelten Steuerungstechnologie gesetzt. Dass auch die gestischen Vermögen des Menschen Gegenstand der Implementierung werden, braucht dann keine weitere Rechtfertigung, als dass dies im Horizont der Problemstellung liegt. Alles Weitere ist durch die moderne Logik technischer Entwicklung, die schon in den 1950er Jahren von Arnold Gehlen beschrieben worden ist, hinreichend motiviert:

[...] [E]s geht um die Ausschöpfbarkeit bestimmter Methoden, und man gewahrt immer deutlicher eine Art Achsendrehung der Fragestellung. Es handelt sich immer weniger darum, für schon definierbare Zwecke die technischen Mittel der Herstellung, für vorgegebene Gegenstandsgebiete die besten Erkenntnismethoden zu finden [...]: die Darstellungsmittel, Denkmittel, Verfahrensarten selbst zu variieren, durchzuprobieren, bis zur Erschöpfung aller Möglichkeiten ins Spiel zu bringen und zu sehen, was dabei herauskommt. Auch in der Technik geht man natürlich, wie früher, oft noch von Zwecken aus und sucht Mittel dafür. [...] Daneben aber und anscheinend zunehmend wichtig gibt es die umgekehrte Art der Problemstellung, nämlich die Frage, was sich Unvorhergesehenes aus einer gegebenen Verfahrensart herausholen lässt.²⁵

Die gesellschaftliche Semantik, von der eingangs die Rede war und die sich um die Entwicklungen der Displaytechnologie rankt, scheint sich unter dem Eindruck dieser Entwicklungen schon umzustrukturieren. Zwar hat man heute immer noch vor allem die an den Bildschirm gebundene, im doppelten Sinne flachen Displays

24 Vgl. Lyons, John: *Einführung in die moderne Linguistik*, München ⁶1984, insbes. S. 56: 2.1.3 Die ‚Doppelgliederung‘ der Sprache.

25 Gehlen, Arnold: *Die Seele im technischen Zeitalter. Sozialpsychologische Probleme in der industriellen Gesellschaft*, Reinbek 1957, S. 28f.

of Interplay im Blick, und dies prägt ganz wesentlich den Vorstellungsgehalt von der Mensch-Maschinen-Interaktion:

Im Englischen wird schon das Betätigen eines Videorecorders als *interaction* bezeichnet, dabei sollte man in solchen Fällen lieber vom Beginn mehrstufiger Online-Transaktionen sprechen. Diese wachsen mittlerweile explosionsartig an und entwickeln im Ensemble alltäglicher Austauschprozesse eine ‚kritische Masse‘. Das Shopping im Netz, die Teilnahme an Auktionen und das Home-Banking, auch virtueller Behördenverkehr sind heute für viele Routine geworden. [...] [I]n der Netzkommunikation [tendiert, d. Verf.] die Hierarchie zwischen Sender und Empfänger (respektive Produzenten und Rezipienten von Information) [...] zu einer symmetrischen Wechselwirkung. [...] Pseudo-interaktive Anwendungen spiegeln solcherlei nur vor: Das meiste, was als ‚interaktives Fernsehen‘ angepriesen wird oder unter dem Banner ‚interaktiver Kunst‘ läuft, reduziert sich auf die begrenzte Auswahl aus einem starren Menü, erst in zweiter Linie sind minimale Eingriffe in das Medienangebot möglich [...] ‚Echte‘ Interaktivität verlangt mehr: Sie erfordert Einfluss auf Inhalt und Form, [...] die aktive De- und Reprogrammierung des ‚Programms‘ sowie die offene und autonome Mitgestaltung der Netzwerkkonstruktion.²⁶

„Echte“ Interaktivität ist nach den Vorstellungen Leggewies und Biebers zunächst einmal allein die Interaktivität aufgeklärter Subjekte, die durch „De- und Reprogrammierung des ‚Programms‘“ (was immer man sich darunter vorzustellen hat) ihre Autonomie verwirklichen. Alles andere sei Pseudo-Interaktivität (ohne Führungsstriche). Dass Leggewie und Bieber aber nicht ohne Führungsstriche von ‚echter Interaktivität‘ sprechen wollen und einige Zeilen weiter mit Jaron Lanier unterstellen, „dass das ‚Gegenüber‘ auch die Maschine sein kann“ (ebd.), belegt, dass ihre Vorstellung medialer Interaktivität, die an die Brechtsche Utopie des Kommunikationsapparats anschließt, von ihnen selbst nicht mehr so ganz geglaubt wird und in der gesellschaftlichen Semantik offenbar nicht mehr mit der alten Selbstverständlichkeit verankert ist.

Vergleicht man mit diesen Einschätzungen die Reaktionen auf die neue Computerspielwelt, die mit dem *Eyetoy* möglich geworden ist, einem kamerabasierten Interface, das gestisch vermittelte Informationen verarbeiten kann, zeigt sich deutlich die Bereitschaft, den zur Fiktion der Mensch-Maschine-Interaktion notwendige *suspension of disbelief* zu vollziehen, sobald die eigene Performanz stärker ins Spiel kommt als in den Prozessen gängiger Benutzerschnittstellen. Wenn der gestische Umgang mit Computersystemen alltäglich und breitenwirksam eta-

26 Leggewie, Claus/Bieber, Christoph: „Interaktivität – Soziale Emergenzen im Cyberspace?“, in: dies. (Hrsg.): *Interaktivität. Ein transdisziplinärer Schlüsselbegriff*, Frankfurt a.M./New York 2004, S. 7-15, hier S. 8f.

bliert ist, so steht zu vermuten, wird die gesellschaftliche Semantik des Displays nicht mehr von Vorstellungen der ‚Ebene‘, der ‚Schnittstelle‘, des ‚Interface‘ reguliert sein, die begriffslogisch mit Vorstellungen der ‚Vermittlung‘, ‚Kommunikation‘ und ‚Rationalisierung‘ harmonieren, sondern sich mehr und mehr den Evidenzen der ‚Szene‘, des ‚Portals‘ und des ‚Environments‘ anpassen, die eher mit Kategorien wie ‚Erleben‘, ‚Möglichkeitsraum‘ und ‚bereichsspezifischer Nutzen‘ zusammen passen.

Dann wird auch die Kritik am Konzept medialer Interaktivität und interaktiver Benutzerschnittstellen, die heute noch überzeugen kann, ihre epistemologische Problematik nach außen kehren. Zwar ist die Kritik, die so genannten interaktiven Medien und Benutzerschnittstellen seien gar nicht interaktiv, insofern richtig, als weder in den Medien noch durch irgendwelche Mensch-Maschine-Schnittstellen ein freier Austausch von Motiven stattfindet, es wird lediglich das durch Hard- und Software definierte Ereignisspektrum verwirklicht; andererseits läuft die Kritik ins Leere, da das Paradigma des freien Austauschs von Motiven, das miteinander vernunftbegabter Menschen, längst seiner sachlogisch unzutreffenden Prämissen überführt worden ist: sei es soziologisch durch den Nachweis sozioökonomischer Determinanten bürgerlicher Subjektivität, sei es psychologisch durch die Aufdeckung latenter Motive, die das bewusst zielgerichtete Handeln überlagern und funktionalisieren, sei es biologisch durch den empirischen Beleg, dass es für den freien Willen keine neurologische Grundlage gibt.

Jenseits der Displays von Interaktion gibt es also streng genommen gar keine ‚echte‘ Interaktion, es gibt nur technisch mehr oder weniger gerahmte Inszenierungsoberflächen der funktionalen Hypothese, es mit einem Hin und Her bewusst motivierten Verhaltens zu tun zu haben.

Vertritt man eine in diesem Sinne pragmatische Sicht der Dinge und geht davon aus, dass Handlungsmotive und ihre Träger nicht als ontologische Primärgegebenheiten, sondern als hypothetische, rein ‚rechnerische‘ Größen anzusehen sind, die in Wirklichkeitsbeschreibungen angesichts einer sonst nicht mehr zu bewältigenden Komplexität von Verhaltensdeterminanten verwendet werden, gelangt man zu einer gleichsam Turingschen Sicht: Freiheit, Intelligenz, Subjektivität, ja selbst die sublimsten Regungen des Gefühlslebens werden zu Zuschreibungsformen, die grundsätzlich auch Maschinen attribuiert werden können, wenn es sich pragmatisch aufdrängt. Ob und in welchen Einschränkungen Mensch-Maschine-Interaktionen solche Zuschreibungsformen provozieren, ist nicht mit Sachargumenten zu entscheiden, sondern kann getrost dem technischen Fortschritt der Displaytechnologie überlassen bleiben.

DOES IT HAVE TO BE 3D?

Zum Phänomen der 3D-Technologie in
Computerspielen

VON DENNIS RAY VOLLMER

„The way it's meant to be played“

Werbeslogan des Grafikkartenherstellers Nvidia

I BRILLE – HANDSCHUH – GRAFIKKARTE?

Wer bei dem Stichwort ‚3D-Computerspiele‘ an etwas merkwürdig aussehende User mit Shutterbrille und Datenhandschuh denkt, hat eine vermutlich hinfällige Cyberutopie der körperlichen Vernetzung mit dem Computer vor Augen.¹ Ganz gleich, ob Sie Actionspiele wie etwa *Oblivion* (Bethesda, 2006) (Abb. 1), Strategiespiele a la *Warcraft 3* (Blizzard, 2002) (Abb. 2) oder Adventurespiele wie *Dreamfall* (DTP, 2006) (Abb. 3) bevorzugen, auf dem *Personal Computer* werden die generierten Spielwelten von einer Technologie modelliert und visualisiert, die seit 1995 als 3D-Grafikkarte bekannt ist.



Abb. 1: Screenshot *Oblivion*.

- I Weder das eine noch das andere Interface hat sich auf populärem Gebiet, also jenseits der wissenschaftlichen Anwendung für die Schnittstelle User-Computer durchgesetzt. Stattdessen interagiert der Spieler heute über einen Verbund aus bewegungsaufzeichnender Kamera, Display und Computerprogramm wie etwa bei *Eye Toy* für Sonys Playstation 2. Auch moderne stereoskopische Monitore setzen auf die Kopplung mit einer Kamera, etwa um die Position des Kopfes eines Betrachters bestimmen zu können.



Abb. 2: Screenshot Warcraft 3.



Abb. 3: Screenshot Dreamfall.

Diese Dreidimensionalität von Computerspielen ist jedoch mehr als ein beiläufiges ästhetisches Phänomen. Denn spätestens seit der Entwicklung von Vektorbildschirmen beginnt sich die Computergrafik als reine Ausgabe auf dem Bildschirm von ihrem Datenraum zu entkoppeln.² Im Gegensatz zu optischen Medien wie

2 Die Unverbundenheit von Computergrafik und Datenraum hinsichtlich des Computers muss natürlich in der grundsätzlichen Differenz von Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe gesehen werden. Die Entwicklung der Computergrafik ist dennoch in ihrem Beginn eng

der Filmkamera besteht keine Notwendigkeit einer linearperspektivischen Darstellung – warum müssen Spiele also 3D sein?³ Umso interessanter ist daher die Durchsetzung dieser Technologie im Bereich der Spiele und in der Architektur des PCs. Mit eigener *Graphic Processing Unit* (GPU), eigenem Speicher sowie ihren fest installierten Grafikpipelines, die wie Produktionsstraßen die innere Programmebene, die *Game Engine*, der Spielwelten mit ihrer Ausgabe auf dem Display verbinden, bildet die 3D-Grafikkarte eine inzwischen selbstverständliche Hardwareeinheit des PCs.

Der Slogan „The way it’s meant to be played“ des Grafikkartenherstellers Nvidia artikuliert beispielhaft die Diskurse – die Wünsche und Ansprüche von Usern – hinsichtlich Realismus, Freiheit und Linearität im Spiel und auch Wahlmöglichkeiten von Perspektiven, welche sich an die Hardwareentwicklung richten. Seitdem stehen Computerspiele mit der hardwareseitigen Implementation von geometrischen Berechnungen, Abtastverfahren und auch fotorealistischen Effekten im Austausch. Mit 3D-Grafikkarten hat sich eine Tradition des technisch automatisierten Sehens in der Architektur des PCs verdinglicht und nahezu alle Spielgenres auf eine gemeinsame perspektivische Modellierungsgrundlage gestellt. Die Genealogie der 3D-Computerspiele muss daher auch als eine Geschichte ihrer Hardware und der mit ihr verbundenen Diskurse gelesen werden – gerade auch im Hinblick auf eine kritische Theorie.

II ENEMY IN RANGE! PERSPEKTIVISCHE SPIELE MIT LINIE UND FLÄCHE

Und diese Wechselbeziehung zwischen Hardware und Software beginnt vergleichsweise spät, denn Computerspiele, die eine dreidimensionale Darstellung auf den Bildschirm zeichnen, gab es schon, bevor der Hersteller *3dfx* 1995 den ersten so genannten ‚3D-Beschleuniger‘ auf den Markt brachte. Bereits 1980 ‚schoss‘ man etwa in *Ataris Battlezone* (Atari, 1980)⁴ aus der Sicht eines Panzercockpits auf bewegte Panzer.

mit ihrem Display – Kathodenstrahlröhre, Radar, Sketchpad – verbunden, wie unter anderem Claus Pias in seiner Genealogie der Computergrafik beschreibt: Pias, Claus: „Punkt und Linie zum Raster“, in: Brüderlin, Markus (Hrsg.): *Ornament und Abstraktion*, Köln 2001, S. 64-69.

- 3 Eine Fragestellung, die bisher nur selten aufgenommen wurde, siehe etwa Rouse, Richard III: „Do Computer Games Need to be 3D?“, in: *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, Jg. 32, Nr. 2, 1998, S. 64-66.
- 4 *Battlezone* wurde 1980 zunächst als Arcadespiel auf einem Vektordisplay veröffentlicht. Weitere Umsetzungen für verschiedene Spiele-Plattformen etwa für den Atari 2600 oder Commodore C64 folgten 1982. Es ist allerdings nicht das erste Arcadespiel in Vektorgrafik. Am MIT programmierte Steve Russel schon 1961 das berühmte *Spacewar* auf dem *Personal Digital Processor*.

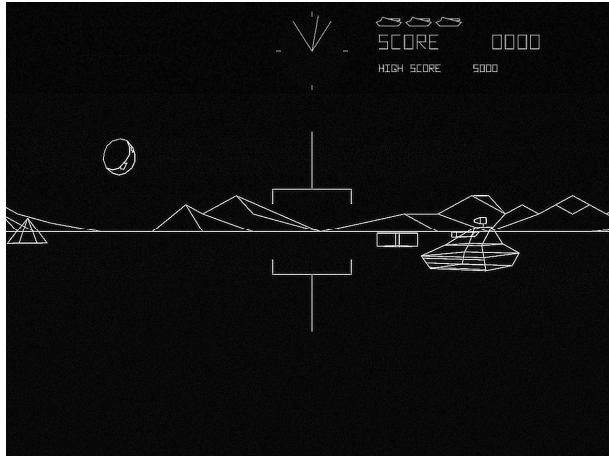


Abb. 4: Screenshot *Battlezone (Arcade Version)*: Vektorgrafik.

Battlezone nahm das spätere Genre des *First-Person-Shooter* vorweg: Zentralperspektive und Fadenkreuz auf Höhe des Fluchtpunkts bildeten die Handlungsachse des Users in einer 360-Grad-Sicht mit unbestimmbarer Blickweite.

Fahrzeuge, Hindernisse in Form von Pyramiden und Quadern bestanden aus einfachen Linienmodellen, deren Größe sich proportional zur Annäherung oder Entfernung des Betrachters veränderte und damit perspektivisch glaubhaft blieb. Doch auch ein atmosphärischer Mond und Bergketten im Hintergrund waren in derselben Vektorgrafik modelliert – selbst wenn die Zeichnung der Linien und Umrisse noch ohne Berechnung einer Grafikkarte erzeugt und das Display längst kein Vektorbildschirm mehr, sondern der heimische Monitor oder Fernseher war.

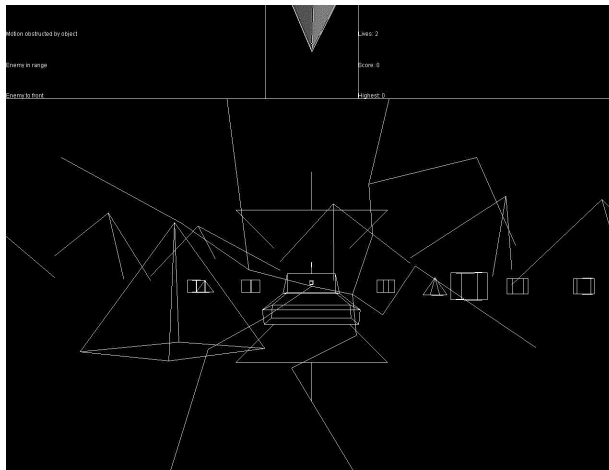


Abb. 5: Screenshot *Battlezone (Emulation für Java)*: Der Bildschirm zersplittert beim Abschuss.

1982 flog man mit Microsofts *Flight Simulator 1.0*⁵ über ein Gitternetz aus grünen Linien, welche Landschaft und ebenfalls Hügel am Horizont zeichneten. (Abb. 6) Die Welt bestand hauptsächlich aus Drahtgittermodellen (*Wireframe*). Das Cockpit auf dem Bildschirm informierte über Position, Höhe und Treibstoff. Dennoch konnte der aus Längen- und Breitengitter erzeugte Tiefeneindruck ein Problem darstellen: Die Distanz zum Boden lies sich nämlich visuell nur solange einschätzen, wie man in der Lage war, sie aus Horizontlinie und Vertikalen, die auf einen Fluchtpunkt hin konvergieren, zu konstruieren. Parallel verlaufende Vertikalen kündigten in der Regel den Crash an, der nur durch gelerntes Ablesen der Instrumentenanzeige des simulierten Cockpits zu verhindern war. Geriet aber der Horizont aus dem Blick und man stürzte mit seiner Cessna ab, so zeigten optisch die Risse in der Scheibe an, wann man den Boden erreicht hatte (zumindest in der ersten Auflage des *Simulators 2.0*), denn man befürchtete, dass der Eindruck von ‚zerbrochenen Scheiben‘ zu viel Realismus für potenzielle Cessnakäufer darstellen könnte und entfernte sie in späteren Versionen.

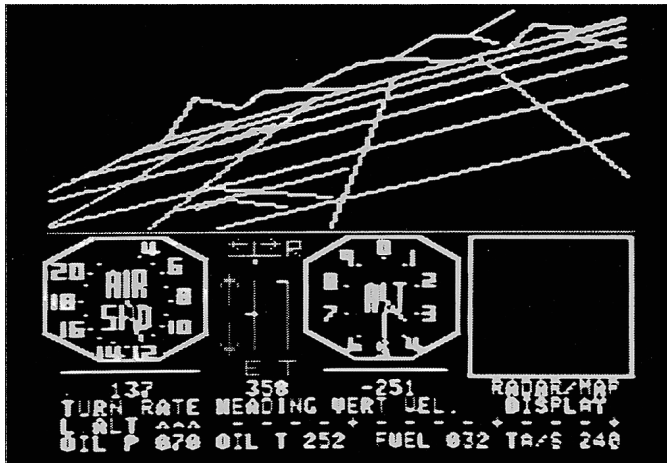


Abb. 6: Screenshot Microsofts *Flightsimulator 1.0*: Flug über das Koordinatengitter.

Vektorgrafik in Kopplung mit dem Radar diente ursprünglich dazu, Koordinaten von Objekten abzulesen und dem Computer über *Lightpen* mitzuteilen, ob es sich um Freund oder Feind handelte – das Projekt *Whirlwind* am MIT setzte sie so zum ersten Mal ein. *Battlezone* hingegen überließ die Freund-Feinderkennung nicht der Wahrnehmung des Spielers: Die Nachricht „Enemy in Range!“ auf dem

5 Der genaue Zeitpunkt der ‚Geburt‘ des *Flight Simulator* variiert von Quelle zu Quelle; so gibt Jos Gruppung das Jahr 1980 an (<http://fshistory.simflight.com/fsh/index.htm>, 10.09.2007), während Microsoft selbst 1982 als Jahr der Veröffentlichung nennt (<http://www.microsoft.com/presspass/press/2004/jan04/01-08GHHomeSoftwarePR.msp>, 10.09.2007).

Bildschirm instruierte ihn, dass sich der Feind in Abschussweite befand.⁶ Auch hier zeigte die Einbindung menschlicher Wahrnehmung ihre Tücken. Sobald sich die Linien der verschiedenen transparenten, texturlosen Drahtmodelle aus der Sicht des Cockpits perspektivisch überschneiden, konnte das Auge kaum klären, ob der Feind nun vor oder hinter einem Objekt stand. Allenfalls der Druck auf die Feuertaste verschaffte Eindeutigkeit in dieser Frage, denn das Wissen um die genauen Aufenthaltsorte der Modelle waren dem Programm vorbehalten, das so bestimmen konnte, ob Figuren und Geschosse miteinander kollidierten oder nicht.

Die ‚Battlezone‘ war zudem ein mathematisch unendlicher (Spiel-)Raum, dessen Bergkettensilhouette am Horizont eine allenfalls symbolische Grenze bildete und dem Spieler versicherte, dass irgendwo in der schwarzen Leere des Bildschirms ein Ende sein würde – das allerdings nicht zu erreichen war.⁷ Demgegenüber zeigte ein regelmäßiges, über einen zunächst planen Boden⁸ gelegtes Koordinatengitter in Microsofts *Flight Simulator* die zurückgelegte Wegstrecke an. Und blieb damit dem Grundgedanken des einstigen Zusammenschlusses aus Vektorgrafik, -bildschirm und Radar treu, welches Grafik als Ergebnis von Messungen und damit als Instruktion für den Betrachter einsetzte.⁹ So konnte der ‚Pilot‘ über die durch Land- bzw. Weltkarten gestützte Computergrafik, die tatsächliche Dauer, Entfernung und genaue Wegstrecke etwa der Flugstrecke von Paris nach New York mit jeweiligem Flugzeugtyp nachvollziehen. Auch Flüge an berühmte Schauplätze, etwa über die *Statue of Liberty* oder unter der *Golden Gate Bridge* hindurch, zählten zu den Attraktionen neuerer Versionen.¹⁰

Beide Spiele nutzten Grafik auch zur Erzeugung atmosphärischer Eindrücke wie Mond und Berge. Der wirksame mathematisch-geometrische Realismus wurde nach und nach ergänzt um einen fotorealistischen. Dank *Color Graphics Adapter*, dem 1981 von IBM geschaffenen Grafikkartenstandard, wandelte sich die Ansicht bald in eine vierfarbige Landschaft mit einer Auflösung von 320x200 Pixeln. Von Version zu Version verfeinerte sich das Wegenetz aus Längen und Breiten und wurde mit flächigen Texturen überzogen, die zwar eine fotorealistische Ansicht auf das nachgebildete Objekt lieferte, eine Orientierung am Gitter jedoch nicht mehr möglich machte.

-
- 6 Das kleine Radar im oberen Teil des Sichtfensters sollte dieser ehemaligen Nutzung von Vektorgrafiken noch Tribut.
 - 7 Seitdem sind in zahllosen Spielen Bergketten meist ein untrügliches Zeichen für die Grenze eines Spielfeldes.
 - 8 Spätere Versionen, die mit der Weltkarte operierten, gingen entsprechend von der Weltkugel aus.
 - 9 So bezeichnet Pias (wie Anm. 2), S. 65 den Zusammenschluss aus Vektorgrafik, -bildschirm und Radar gegenüber heutiger Computergrafik als ein eigenes Dispositiv, dessen Muster verstanden werden muss als eine „Notation, die zur Aufführung von Bewegungen instruiert“.
 - 10 Inklusive Crash-Landung in dieselbigen. In den neuen Versionen wird allerdings verhindert, dass man etwa in die *Twin Towers* von New York fliegt.

III DER FOTOREALISTISCHE RAUM: SPRITES UND BITMAPS

Vielleicht hätte das ‚Gitternetz‘ des Rasterbildschirms die ‚Entdecker‘ der Zentralperspektive, Brunelleschi und Alberti,¹¹ in größere Aufregung versetzt als die etwas grobe Geometrie aus Vektoren. Dabei lieferten Renaissancemalerei und Fotografie das Wissen und die Algorithmen, nach denen perspektivische Ansichten und das reflektierende Licht auf die zweidimensionale Fläche des Displays zu übertragen seien. Es bedurfte dazu weder der Modellierung virtueller noch der Vermessung oder Aufzeichnung realer Objekte: Rasterbildschirme und pixelorientierte Grafikauflösungen bildeten, Punkt für Punkt, eine detaillierte Matrix, anhand derer eine Grafik aufgebaut und ausgegeben werden konnte.

So erzählte etwa *Myst* (Brøderbund, 1993) seine Geschichte mit faszinierenden, aber starren linearperspektivischen Bildern, die visuell an die Konvention der Fotografie anschlossen. Ihre Interaktivität bestand darin, das entscheidende Bildelement zu finden und anzuklicken, mit dem die Erzählung – und damit das nächste Bild – fortgesetzt wurde.



Abb. 7: Screenshot *Myst*: Faszinierender Fotorealismus.

Day of the Tentacle (Lucas Arts, 1992) nutzte dagegen eine Technik aus *Bitmaps* und *Sprites*, um mittels perspektivischen, comichaften Hintergrundzeichnungen und überlagernden Figuren einen Tiefeneindruck zu erzeugen. Über *Sprites*, d.h.

11 Bekanntermaßen gilt Brunelleschi als ‚Vater‘ der Linearperspektive (1425). Die Idee regelhafter, homogener Darstellung nach geometrisch-optischen Gesetzen findet sich bereits im Traktat „Opus Majus“ (1260) des Franziskanermönchs Roger Bacon. Alberti schloss später an die Ergebnisse Brunelleschis und der mittelalterlichen *Perspectiva* an, und führte sie weiter als künstlerische Methode aus, verband sie aber auch zu einem Darstellungskode sittlicher Gesten und kohärenter Ordnung. Edgerton, Samuel Y.: *Die Entdeckung der Perspektive*, München 2002, S. 9 spricht daher von der „Wiederentdeckung der Linearperspektive“.

grafische Objekte, die sich in einen bestehenden Bildschirminhalt einfügen lassen, lies sich ebenfalls ein Bewegungseindruck von Figuren erzeugen.



Abb. 8: Screenshot *Day of the Tentacle*: Perspektivischer Hintergrund und überlagernde Sprites täuschen Tiefe vor.

Dies erforderte allerdings viele unterschiedliche Varianten einer Figur, die – ähnlich wie beim filmischen *Stop Motion* Verfahren – in eine glaubwürdige Bewegungssequenz gebracht werden mussten. Und ebenso erforderte dies die Einrichtung eines separaten Bildspeichers auf der Grafikkarte: Im *Framebuffer* wird dabei ein für die Ausgabe fertiges Bild abgelegt, während ein zweites berechnet wird, sodass ein flüssiger Bildaufbau erzielt werden kann. Von 1981 bis 1995 etablierten sich verschiedene Grafikkartenstandards bis zum *Video Graphics Array* (VGA) mit wachsender Auflösung und Grafikspeicher, die auf den Bereich Grafikanwendung und natürlich Computerspiele spezialisiert waren.

Diese auf Bildschirmauflösung basierenden Verfahren setzten perspektivisch keine Grenzen: Sie boten Ich-Perspektive, Draufsicht wie in *Sim City I* (Brøderbund, 1989) oder isometrische Ansichten wie *Diablo* (Blizzard, 1997). Gegenüber Vektor- oder Wireframegrafiken stellten sie jedoch eine Zäsur dar: Deutlicher müssen die durch *Sprites* und Bildpunktbearbeitung entstehenden Grafiken als ‚Bilder‘ verstanden werden, die als reine, beliebige Ausgabe mit ihrem Datenraum zunehmend unverbunden sind. Und wie Albertis Gitternetz unter dem fertigen Bild verschwindet, verbirgt auch diese Form der Computergrafik die Schemata ihrer Entstehung – die unterschwellige, grundsätzliche Unverbundenheit der benachbarten Bildschirmpunkte.¹² Darstellungskonventionen etwa des Films oder des Comics bildeten eine semantische Klammer, anhand derer ein User die Ob-

12 Weshalb etwa Weibel, Peter: „Zur Geschichte und Ästhetik der digitalen Kunst“ (http://www.aec.at/de/archives/festival_archive/festival_catalogs/festival_artikel.asp?ProjectID=9369, 10.09.2007) die Ursprünge des digitalen Bildes in den Kunstbewegungen des 20. Jahrhunderts ansetzt, „welche die Ruptur mit der klassischen Bildauffassung vorangetrieben haben“.

jekte der Bildschirmoberfläche erkennt und versteht – und seine Handlungen ausführen kann. So täuschten diese Computergrafiken das Auge „mit dem Schein oder Bild eines Bildes, während die Pixelmenge aufgrund ihrer durchgängigen Adressierbarkeit in Wahrheit die Struktur eines Textes aus lauter Einzelbuchstaben aufweist“¹³.

IV PSEUDO 3D- UND POLYGONWELTEN

1992 machte *Castle Wolfenstein 3D* (Id, 1992) eine Form der Spielansicht berühmt, die wohl am stärksten das Verständnis von 3D-Computerspielen geprägt hat: die *First-Person-* oder *Ego-Perspektive*. Ausgerichtet von einem Distanzpunkt in Augenhöhe der Spielfigur erstreckt sich eine zentralperspektivische Sicht, welche die Welt und ihre Objekte in eine konsistente Anordnung strukturiert. Im Vergleich zu heutigen Spielen müssen *Wolfenstein 3D* und besonders das spätere *Doom* (Id, 1993) als *Pseudo-3D* oder *2,5-D* Konzepte (Abb. 9) bezeichnet werden, denn sie erzeugten ihre perspektivischen Oberflächen auf der Basis von flachen Polygonfiguren und Texturen, die auch intern im Computer als Flächen und nicht als Räume abgelegt waren. Zur perspektivisch korrekten Wiedergabe einer Szene nutzte *Doom* das *Binary Space Partitioning*, d.h., es teilte sie in mehrere Abschnitte ein und erstellte eine Reihenfolge für die darzustellenden Elemente. Der so genannte *Painter's Algorithm* zeichnete anhand dieser Datenstruktur die Szene von hinten nach vorne und bestimmte so, welche Objekte für das Betrachterauge sichtbar und welche zu verdecken waren, ohne dass für die einzelnen Bildobjekte eine Raumkoordinate berechnet werden musste.

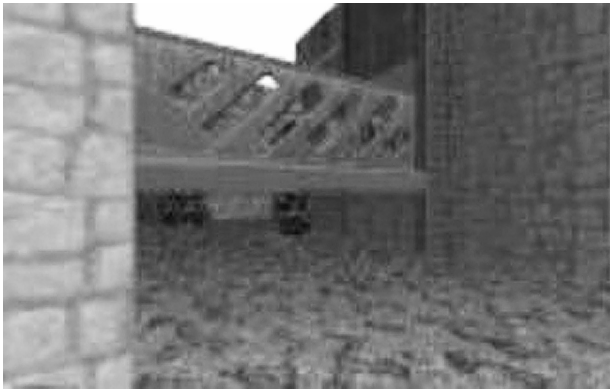


Abb. 9: Screenshot *Doom*: Pseudo 3D. Der Raum unterhalb der Brücke ist eine unbegehbare Textur.

13 Kittler, Friedrich: „Computergrafik. Eine halbtechnische Einführung“, in: Wolf, Herta (Hrsg.): *Paradigma Fotografie. Fotokritik am Ende des fotografischen Zeitalters. Band 1*, Frankfurt a.M. 2002, S. 178-194, hier S. 179.

Descent (Interplay, 1994) war eines der ersten *Games*, das tatsächlich dreidimensionale Polygonfiguren nutzte, welche noch rein von der Software berechnet wurden.



Abb. 10: Screenshot *Descent*: Eines der ersten *Games* aus Dreiecken.

1995 erschien die *NVI* des Herstellers Nvidia und eine der ersten 3D-Beschleunigerkarten, welche das Dreieck als einfachste Form der euklidischen Geometrie zum Aufbau von Computerspielwelten *hardwired* verfügbar machte und dazu in der Lage war, Bézierkurven eigenständig zu berechnen. Die erste spezialisierte 3D-Grafikkarte, die *Voodoo Graphics* von 3dfx, folgte 1996. Wie die *NVI* verfügte sie über eine eigene *Graphic Processing Unit* (GPU), die Algorithmen für Geometrie und fotorealistische Darstellungen implementiert hatte. Diese Algorithmen wurden zum Teil bereits in den 1960 und 70er Jahren u.a. von Sutherland, Henri Gouraud¹⁴ und John Warnock¹⁵ entwickelt. Die Karte berechnete und speicherte Texturen¹⁶ (*Texture Mapping*), schattierte diese (*Gouraud Shading*), entfernte verdeckte Oberflächen anhand ihrer Raumkoordinaten (*Hidden Surface Removal*), bestimmte die Transparenz von einander überschneidenden Texturen (*Alpha Blending*), Farbverläufe (*Dithering*) und sie glättete so genannte ‚Treppeneffekte‘ (*Anti-*

-
- 14 Der Erfinder des *Gouraud Shading*, eines Algorithmus zur Schattierung von Polygonoberflächen.
- 15 Der nicht nur Mitbegründer von *Adobe* ist, sondern auch den gebräuchlichsten Algorithmus für das Herausrechnen versteckter Flächen in einer Computergrafik (*Hidden Surface Removal*) schrieb.
- 16 Statt diese, wie Grafikkarten zuvor, ‚nur‘ im Speicher abzulegen.

aliasing) bei der Ausgabe auf dem Monitor. Als zusätzliche Steckkarte musste sie allerdings mit einer herkömmlichen VGA-Grafikkarte verbunden werden, um auch den ‚normalen‘ Betrieb zu ermöglichen.

Diese ‚neue‘ Generation von Grafikkarten führte abermals einen Paradigmenwechsel in der Darstellung herbei: Sie verliehen der geometrischen Polygonmodellierung (und auch bestimmten Effekten des Fotorealismus) eine feste Rechenstütze. Spiele wie *Tomb Raider* (Eidos, 1996) ergänzten die Ansichten um die so genannte Schulterperspektive oder *Third-Person-Perspective*.

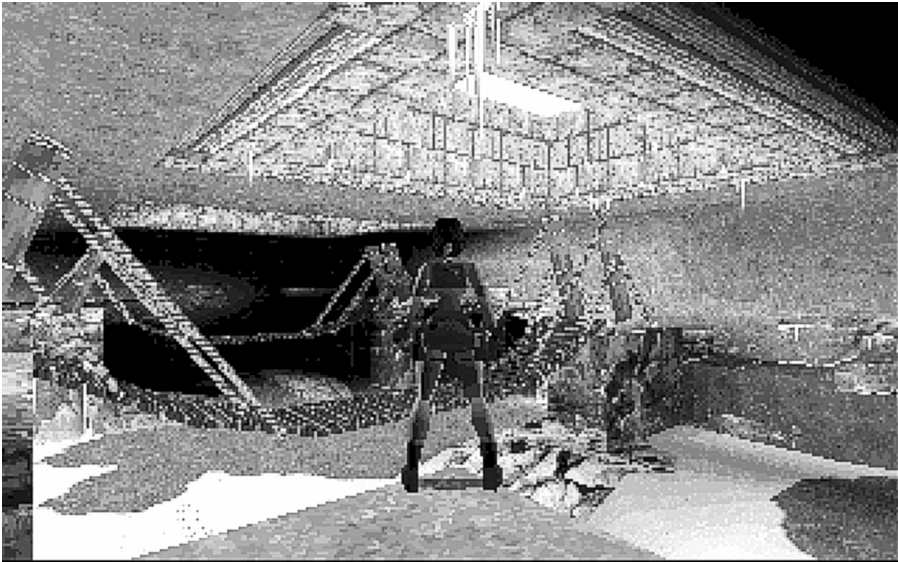


Abb. 11: Screenshot *Tomb Raider*: Berühmt für die ‚Schulterperspektive‘.

Die Frage des Betrachterstandpunkts ist seitdem eine Frage der Präferenz des Users, insofern die Polygonmodellierung der Spielwelt theoretisch gestattet, ebenso aus der Ich-Perspektive zu handeln wie aus der typisch isometrischen Sicht etwa der Strategiespiele.¹⁷

17 Entsprechend flexibel spielt man z.B. *Spellforce 2* (Jowood, 2005) aus der Ego-, Schulter- oder Vogelperspektive.



Abb. 12: Screenshot Warcraft 3: Strategischer Blick.



Abb. 13: Screenshot Warcraft 3: Blick aus der Third-Person-Perspective.

Die Auswahl der Betrachterposition ist damit ebenso wichtig wie die Steuerung der Spielfigur.¹⁸ Alternative, nichtgeometrische 3D-Varianten, wie etwa die *Voxel-*

18 Manovich, Lev: *The Language of New Media*, Cambridge 2001, S. xvi und S. 273ff. vergleicht diese gesteigerte Mobilität des Betrachterauges mit Vertovs ‚KinoGlaz‘-Theorie (1924) und der ‚New Vision‘ Bewegung der 1920er Jahre. Der Spieler im virtuellen Raum ist ein Flaneur (Benjamin).

Technik¹⁹, sind bis heute dagegen selten, da sie von Grafikkarten nicht unterstützt werden und so deutlich auf die Leistungsstärke der CPU und des verfügbaren Hauptspeichers angewiesen sind.



Abb. 14: Screenshot Delta Force 2 (Novalogic, 1999) nutzt volumetrische Elemente (Voxel) zur Darstellung.

V 3D-TECHNIK

Betrachtet man den technischen Aufbau der 3D-Grafikerzeugung, lassen sich drei Stufen unterscheiden: Applikation, Geometrie sowie *Rendering*. Die erste Stufe der Applikation legt allgemeine Daten für alle Szenen und Ereignisse fest wie etwa die Eigenschaften der Spielwelt und der dargestellten Objekte (ob diese beweglich sind oder fixiert), ob und wann bestimmte Ereignisse eintreffen und über welche Möglichkeiten und Eingaben ein Benutzer verfügt.

Die zweite Stufe der Geometrie erstellt die Polygonmodelle für eine Szene, baut die Szene maßstabgetreu auf, setzt einen Betrachterwinkel und berechnet die Beleuchtung. Die Scheitelpunkte oder *Vertices* der Polygone beinhalten verschiedene Informationen über ihre Position innerhalb des Koordinatensystems, die Farbe, die Intensität der Beleuchtung oder Angaben über die Textur. Die Größe der zu erzeugenden Welt und ihrer Objekte wird zunächst voneinander getrennt auf Idealmodelle hin berechnet und im Anschluss proportional auf eine Betrachterposition hin transformiert. Diese Transformationsphase richtet Welt und Objekte mittels einer Sehpyramide auf einen Blickwinkel hin aus und passt sie

¹⁹ Voxel = *Volumetric Element* – ein Verfahren zu Darstellung dreidimensionaler Objekte, das nicht von einem Polygongitter, sondern von aneinander gefügten volumetrischen Punkten ausgeht.

in Form einer Szene maßstabgetreu an. Dabei bestimmt die Länge der Pyramide die gewünschte Sichtweite und die aktuell zu berechnende Ausschnittsgröße. Alle Polygone, die sich außerhalb dieses Bereiches befinden, werden herausgeschnitten und die Szene erneut berechnet. Anschließend wird der Ausschnitt mit Hilfe von *Raytracing* oder – weitaus gebräuchlicher – *Lightmaps*²⁰ beleuchtet. Im anschließenden *Clipping*-Prozess werden solche Bereiche eines Objekts aus den weiteren Rechenverfahren ausgeklammert, die aus der gewählten Betrachterperspektive heraus nicht sichtbar bzw. verdeckt sind.

Die letzte Stufe der Pipeline stellt das *Rendering* dar und meint die Umwandlung der dreidimensionalen Szene in eine zweidimensionale Auflösung aus Bildpunkten. Dies umfasst gleich mehrere Prozesse: die Erkennung verdeckter Pixel, die Texturierung, die Schattierung bzw. Färbung der einzelnen Pixel sowie das ‚Glätten‘ von so genannten Treppeneffekten.²¹ Die Objekte der Szene werden also in zweidimensionale Dreiecke zerlegt und in ihren Konturen gezeichnet. Spezielle Algorithmen übersetzen geometrische Figuren in das Punkt-für-Punkt-Raster der zweidimensionalen Darstellung, so etwa der Bresenham-Algorithmus²² für Linien und Kreise oder der De Casteljau-Algorithmus²³ für Bézierkurven. Anhand der in den *Vertices* enthaltenen Tiefeninformationen lässt sich die Reihenfolge bei überlagernden Flächen bestimmen. Die Texturkoordinaten der *Vertices* bestimmen, in welcher Position eine Textur über ein Dreieck gelegt werden muss. Mittels verschiedener Filtermethoden wird für die Umrechnung einer Textur in Pixel ein durchschnittlicher Farbwert ermittelt. Jedes Pixel enthält in der folgenden Rasterisierungsphase auch eine Texturkoordinate sowie einen Farbwert. Nach dieser Rasterung wird die 3D-Szene schließlich als zweidimensionale Fläche auf den Bildschirm ausgegeben.

Neue Verfahren, die auf der Ebene eines jeden einzelnen Scheitelpunkts ansetzen, wie etwa der *Vertex Shader* der *Geforce3*-Karten oder die Berechnung von physikalisch-korrekten Bewegungsabläufen, haben diese Produktionskette inzwischen erweitert und setzen die Implementierung von Geometrie und Fotorealismus in Hardware fort. Prinzipiell kann nahezu jeder Bereich innerhalb des Produktionsprozesses weiter segmentiert werden.

20 D.h. Texturen, die Informationen über Lichtquelle, -intensität, -farbe beinhalten und zusätzlich über die für das Objekt vorgesehene Textur gelegt werden. Das ‚realistischere‘ Verfahren der *Radiosity*, d.h., der Berücksichtigung der gegenseitigen Reflexion von Objekten bei der Beleuchtung ist in der Regel jedoch nicht einbezogen.

21 Durch farbliche Annäherung der Pixel, die an die zu ‚glättende‘ Linie oder Fläche angrenzen. Neuste Generationen von Grafikkarten verfügen inzwischen über eine gesonderte *Antialiasing*-Einheit, welche auch Computergrafiken älterer Spiele nachbearbeitet, die Kantenglättung nicht vorgesehen haben.

22 Jack E. Bresenham entwickelte in den 1960er Jahren für IBM Algorithmen zur Darstellung von Linien und Kreisen auf einem Computerdisplay.

23 Paul de Casteljau, Mathematiker und Ingenieur bei Citroën, entwickelte diese Annäherungsverfahren von Polygonketten an eine Bezierkurve.

VI DIE SYMBOLISCHE MASCHINE: 3D UND DATENSTRUKTUR

3-D Technik hat Computergames erneuert, jedoch anders, als die von Shutterbrille und Datenhandschuh geprägten Vorstellungen einer haptisch erfahrbaren virtuellen Welt hätten vermuten lassen: Sie bietet eine fotorealistische Spielwelt der optischen Bewegungsfreiheit indem sie neben der horizontalen und vertikalen Bewegung auch solche in die Bildschirmtiefe ermöglicht.

Wo zuvor Beobachtungs- und Handlungsperspektiven in der Regel genretypisch in Ich- (z.B. Action), Erzähler- (z.B. Adventure) und isometrischer Perspektive (Strategie) unterschieden waren, ist es dem Nutzer nun möglich, seine Blick- und Handlungsachse stets in die spielerisch optimale Position zu stellen. 3-D Technik richtet die Welt immer neu auf diese Spielbedürfnisse hin aus.

Und sie zwingt ihm diese Entscheidung auch auf: Das Ringen mit der „Kamera“ um den besten Aktionswinkel ist ein Teil des Spielens geworden, genauso wie das Flanieren durch einen fotorealistischen, detailreichen virtuellen Raum, das sich um die „eigentliche“ Spielanforderungen oder Narration nicht kümmert. Der dreidimensionale, kontinuierliche Spielraum stülpt sich dem User über, der nun „realistische“ Wegstrecken ablaufen, -fahren oder -fliegen muss - und keinen „Teleporter“ nehmen kann.

Die skizzierte Entwicklung von Grafik und Hardware sollte zeigen, dass die ‚Wende‘ zur 3D-Modellierung mittels Polygonen keineswegs kontinuierlich oder selbstverständlich ist. Weder Computerspiele bzw. Software noch Hardware haben alternative Verfahren völlig ausgeschlossen, sondern bestimmte Methoden der Erzeugung fotorealistischer Effekte und Berechnung geometrischer Modellierung synthetisiert, die sich dann weiter zu populären Verfahren verdichtet haben. Handelt es sich bei dieser Synthese von Fotorealismus und 3D-Modellierung vielleicht einfach um Kontingenz? Ich denke nicht. Vielmehr scheinen die Paradigmenwechsel in der Grafik mit sich verändernden Auffassungen des Computers selbst verbunden zu sein. Hartmut Winkler verdeutlicht eine solche ‚Genealogie‘ eines sich wandelnden Computerverständnisses und seiner Diskurse: vom Computer als Rechenmaschine und Steuerungsinstrument in den 1960er und 1970er Jahren, zum Computer als Multimediemaschine in den 1980er bis 1990er Jahren bis hin zum Computer als Medium.²⁴ Die von Winkler vorgestellten Betrachtungsweisen gehen mit bestimmten Zeiträumen einher, in denen sich auch Grafik und Hardware veränderten: Die Ära der Rechenmaschine nutzte Vektorbildschirme und Wireframe-Grafik, die Multimedia-Phase Rasterbildschirme und pixelgenauen Fotorealismus.

Ausgehend von dieser Überlegung, scheint das ‚neue‘ Verständnis des Computers genau in dieser Fähigkeit der Konstruktion und Simulation von Modellen zu

24 Vgl. Winkler, Hartmut: „Medium Computer. Zehn populäre Thesen zum Thema und warum sie möglicherweise falsch sind“, in: Engell, Lorenz/Neitzel, Britta (Hrsg.): *Das Gesicht der Welt. Medien in der digitalen Kultur*, München 2004, S. 203-213.

bestehen.²⁵ Oder mit Winkler formuliert, ist der Computer ein Medium *und* eine symbolische Maschine, die „in der Lage ist, Signifikanten programmgesteuert automatisch zu prozessieren“²⁶ – und damit sowohl Instruktion, Vor-Schrift im Sinne Flussers ist, als auch Probehandeln ermöglicht. Zwar bezieht sich Winkler nicht direkt auf die Entwicklung von 3D-Technologie, sondern auf den medienwissenschaftlichen Diskurs, jedoch haben gerade 3D-Grafikkarten das Ausagieren und Permutieren von bereits zu Zeichen gewordenen Prozessen, d.h. von Modellen und – tiefer liegend – von Algorithmen, zum präferierten Gebiet ihrer Anwendungen gemacht.²⁷ Und insofern ihren vermeintlichen ‚Bildern‘ nun die Macht eines mathematischen Modells – einer operational modellierten ‚Realität‘, die sowohl zur Nachbildung als auch zur Vorlage etwa von zukünftigen realen Objekten dienen kann – unterliegt, kann 3D-Technologie nicht einfach als Fortsetzung einer gesteigerten Bildwerdung der Oberflächen aufgefasst werden.

Wenn die Medienwissenschaft die Entwicklung der Computergrafik und die Emergenz der *Games* etwas ungnädig als „Verbergung von Hardware und Software durch die Phantasmagorie von buntem Plastik und geschütztem Code“²⁸ verstanden hat, also auf die unterschwellig entstehende Zäsur zwischen Datenraum und Ausgabe kritisch verwies, so rückt die symbolische Maschine beide Ebenen näher zusammen, indem sie 3D-Modellierung als Modus des einen und Linearperspektive als Modus des anderen in ein ineinander übersetzbares Verhältnis bringt.

Allerdings ist dieses Verhältnis regelhafte Übersetzung von Modellen in Oberflächen immer noch weit entfernt von einer „Verwandlung von Datenstrukturen in eine sinnlich wahrnehmbare Spiegelwelt“²⁹, die Astrid Deuber-Mankowsky am Beispiel virtueller Welten beschreibt. Zwar können Daten als über die Sinne erfahrbare Zeichen für den User ebenso ‚real‘ werden wie das, was er aus Sinneseindrücken als Realität erfährt, die fotorealistischen Polygonwelten täuschen jedoch nicht darüber hinweg, dass sie an ihrem Rahmen, dem Display enden. Auch die Technik- und Werbediskurse um Effekte und Bildschirmauflösungen betonen diese symbolische Differenz. Sie bilden damit zumindest einen Einwand, Fiktion und Realität auf der Ebene der Sinneserfahrung völlig zu vermischen und müssen aus diesem Grund ebenso in die Tradition der „Illusionstechniken des Fiktiven“³⁰ gestellt werden.

25 Die nicht wirklich neu ist, sondern eben vorgängige Nutzungsweisen der Simulation und digitalen Fotografie synthetisiert – Verfahrensweisen, die so Normalusern zuvor nicht zur Verfügung standen.

26 Winkler (wie Anm. 24), S. 211.

27 Sogar Microsofts neues Betriebssystem „Vista“ greift auf 3D-Technologie zurück.

28 Pias, Claus: *Computer Spiel Welten*, München 2002, S. 5.

29 Deuber-Mankowsky, Astrid: *Lara Croft. Modell, Medium, Cyberheldin*, Frankfurt a.M. 2001, S. 48.

30 Krämer, Sibylle: „Vom Trugbild zum Topos. Über fiktive Realitäten“, in: Iglhaut, Stefan u.a. (Hrsg.): *Illusion und Simulation. Begegnung mit der Realität*, Ostfildern 1995, S. 130-

Deuber-Mankowskys Darstellung einer ‚sinnlich-wahrnehmbaren Spiegelwelt‘ berücksichtigt ebenfalls nicht, dass die Beziehung zwischen Datenstruktur und Ausgabe kaum in dem Maße regelhaft ist, wie z.B. die optischen Gesetze, nach denen ein Spiegel sein Umfeld reflektiert.³¹ Lässt man ‚Bilder‘ etwa der fraktalen Geometrie außer Acht, so beziehen sich die wahrgenommenen Zeichen überwiegend nicht direkt auf ihre Datenstruktur, sondern im hohen Maße auf die Darstellungskonventionen des Films, der Fotografie, des Comics oder der Musik. So ließe sich mit Volker R. Grassmuck erwidern:

Nur der Teil der Welt, der bereits mediatisiert ist, erscheint auf dem Medienhorizont, und er erscheint in der sensorischen Bandbreite, mit der jeweils der Medienkonsument an den künstlichen Horizont angeschlossen ist.³²

Hinzu tritt, dass diejenigen Bereiche, die als Datenstruktur ihren Weg in die Wahrnehmung finden, denjenigen gegenüberstehen, welche weder visualisiert, noch gehört, noch ertastet werden können oder sollen. Die Betonung der Sinnlichkeit virtueller Welten eignet sich daher nicht, dem von der Medienarchäologie hervorgehobenen problematischen Status des Menschen als Systemstelle eines Computersubjektes entgegenzutreten.³³ Umgekehrt aber vernachlässigt die medienarchäologische Kritik an verbergenden grafischen Oberflächen, dass, angesichts der starken Technik- und Werbediskurse zur 3D-Hardware, die immer wieder das hinter dem fotorealistischen Bild liegende Gittermodell entblößen, von einer ‚Täuschung‘ über die Bedingungen der Entstehung von Bildschirmoberflächen kaum zu sprechen ist.

Ungeachtet der immer noch bestehenden Grenzen zwischen Fiktion und Realität, Daten und Wahrnehmung, bleiben die Umbrüche in der Computergrafik im Hinblick auf eine mögliche kritische Theorie weiterhin interessant: Does it have to be 3D? Bereits die oben angesprochene Linearperspektive Albertis hatte von Beginn an einen theologischen Disput sowie Ideale der Ordnung und des ‚Guten‘ implementiert.³⁴ Als nicht weniger ‚ideologisch‘ beschreibt Sibylle Krämer die Funktion von Zentralperspektive und virtuellen Welten:

137, hier S. 137 weist darauf hin dass „[d]ie traditionellen Illusionstechniken des Fiktiven einher[gehen] mit Inszenierungen der symbolischen Differenz. Es gibt Theaterbühnen, Bilderrahmen, Fernsehschirme.“

- 31 Ihrer Auseinandersetzung fehlt leider insgesamt ein Technikbezug, welcher die unterschiedlichen Konstruktionsbedingungen virtueller Welten berücksichtigen könnte.
- 32 Grassmuck, Volker R.: „Die Turing Galaxis. Das Universal-Medium als Weltsimulation“, in: *Lettre International*, Jg. 28, Nr. 1, 1995, S. 48-55, hier S. 48.
- 33 Vgl. Pias (wie Anm. 28), S. 7.
- 34 Edgerton (wie Anm. 11), S. 33 führt dazu aus: „Die perspektivische Szenerie selber war bereits eine visuelle Metapher für diese höhere Existenz [von *virtù*, *onore* und *nobiltà*]“.

Während die Zentralperspektive suggeriert, daß real ist, was Bezug auf einen externen Beobachter hat, wird die virtuelle Realität zum Sinnbild dafür, daß der Standpunkt des externen Beobachters – wird er absolut gesetzt – selber illusorisch ist.³⁵

Virtuelle Welten scheinen, vielleicht wenig überraschend, mit Vorstellungen der Welt und des Menschen verbunden zu sein, die sich nicht allein auf der Ebene der Repräsentation äußern, sondern bereits auf der Ebene ihrer unterliegenden Struktur, der mathematischen Modellierung selbst. Ein einfacher Bezug auf die Oberflächendarstellung ist folglich nicht ausreichend, um eine (ideologie-)kritische Betrachtung von 3D-Technologien und ihrer ‚Realität‘ zu ermöglichen.

Betrachtet man die verschiedenen Ausformungen des Computers – wie etwa Winkler sie anführt – jeweils als Dispositive im foucaultschen Sinne, so müsste eine kritische Theorie der 3D-Technologie und der Spiele – wenn nicht sogar der symbolischen Maschine selbst – zukünftig fragen, welche die möglichen Formen der Erkenntnis, des Wissens und der Macht der jeweiligen Implementierung von Algorithmen in Hardware bilden und welche Diskurse zu ihnen geführt haben – „The way it’s meant to be played“.

35 Krämer (wie Anm. 30), S. 137.

DIE ANRUFUNG DES WISSENS

Eine Medienepistemologie auditorischer Displays und auditiver Wissensproduktion

VON AXEL VOLMAR

Und die Auskultation begann. [...] Als er aber sattsam geklopft hatte, ging er zum Horchen über, indem er sein Hörrohr, das Ohr an der Muschel, auf Joachims Brust und Rücken setzte [...]. „Kurz“, „verkürzt“, diktierte Hofrat Behrens. „Vesibulär“, sagte er, und abermals: „Vesibulär“ (das war gut, offenbar). „Rauh“, sagte er und schnitt ein Gesicht. „Sehr rauh.“ „Geräusch.“ Und Dr. Krokowski trug alles ein, wie der Angestellte die Ziffern des Zuschneiders.
Thomas Mann¹

Wenn von Displays die Rede ist, sind im Allgemeinen Bildschirme gemeint. Displays als Medien der Darstellung sind indes nicht allein auf das Visuelle abonniert, sondern können auch an andere Sinne adressiert sein. Akustische Darstellungen im Allgemeinen und auditorische Displays im Besonderen wurden im medien-theoretischen und wissenschaftshistorischen Diskurs bisher weitgehend vernachlässigt – sei es, weil ein ‚Klangbegriff‘ weniger greifbar erscheint als ‚Bild-‘ bzw. ‚Schriftbegriff‘, sei es, weil der Einsatz akustischer Darstellungen in den Wissenschaften eher unüblich oder schlicht weniger offensichtlich ist. ‚Klang‘ als Darstellungsmedium bildet innerhalb der Epistemologie geradezu einen blinden Fleck. Diese Situation beginnt sich jedoch seit der Schwerpunktverlagerung von der Wissenschafts- zu einer Wissensgeschichte zu verändern, da diese verstärkt die Repräsentationsformen und damit einhergehend auch die Medien des Wissens in den Blick nimmt.

Aktuelle Publikationen zur Thematik akustischer Repräsentation von Wissen ergehen sich des Öfteren in der Kritik an einer in der westlichen Kultur vorherrschenden „Okulartyrannis“² und beklagen die Vernachlässigung der auditiven Wahrnehmung in der Hierarchie der Sinne. Diesem Missstand wird gerne entge-

1 Mann, Thomas: *Der Zauberberg*, Frankfurt a.M. 1991, S. 250.

2 Vgl. hierzu Dombois, Florian: „Sonifikation. Ein Plädoyer, dem wissenschaftlichen Verfahren eine kulturhistorische Einschätzung zukommen zu lassen“, in: Meyer, Petra M. (Hrsg.): *Acoustic Turn*, München 2007, S. 86-96, hier S. 91.

gengehalten, dass der Hörsinn „der wichtigste Orientierungssinn“³ des Menschen sei, denn nur dieser versetze uns schließlich in die „Lage, uns ein ‚Bild‘ dessen zu machen, was hinter uns geschieht.“⁴ Ebenso werden andere spezifische Fähigkeiten der auditiven Wahrnehmung – etwa das hohe zeitlich-spektrale Auflösungsvermögen des Gehörs – gerühmt und gegen die traditionelle Bevorzugung des Visuellen als Wissensträger ins Feld geführt. Diese ‚audiovisuelle Litanei‘⁵ – wie es der Kulturwissenschaftler Jonathan Sterne treffend formuliert – verkennt jedoch, dass die Entwürfe auditorischer Displays auf je spezifische Erkenntnisinteressen zurückgehen und auf die Erfüllung konkreter Zwecke ausgerichtet waren und sind. Für eine Theorie auditorischer Displays sind weniger die auditive Wahrnehmung im Allgemeinen als vielmehr die Möglichkeiten und das Arrangement der zugrunde liegenden Technologien entscheidend. So konzentriert sich der folgende Beitrag auf die Fragen, welcher Status dem Wissen und den *Medientechnologien* im Rahmen akustischer Repräsentation und auditiver Wissensgenese zukommt und wie ein *auditiver Erkenntniszugang* zu den Untersuchungsgegenständen je realisiert wird. Reden wir also über Ohren, die technischen Medien lauschen und über Displays, deren ästhetische Objekte im Gehör ihre sinnliche Adresse finden.

I AUDITORISCHE DISPOSITIVE

Seit 1992 diskutiert die *International Community for Auditory Display*⁶ aus einer vorwiegend ingenieurs- und computerwissenschaftlichen Perspektive die Möglichkeiten der Genese und Repräsentation von Wissen durch Klang auf der Basis digitaler Technologien. Der Ausdruck ‚*auditory display*‘ bezeichnet hier die akustische Darstellung bzw. Repräsentation von *Daten* und fällt oft im Verbund mit dem Begriff der ‚Sonifikation‘⁷. Unter Sonifikationen werden Verfahren verstanden, die *quantitative Daten* jedweder Form in Klänge bzw. Audiosignale übersetzen. Auditorische Displays ermöglichen die auditive Interpretation dieser Daten und mit- hin die Produktion *qualitativen Wissens*:

-
- 3 Ingwersen, Sören: „Sonifikation. Zwischen Information und Rauschen“, in: Segeberg, Harro/Schätzlein, Frank (Hrsg.): *Sound. Zur Technologie und Ästhetik des Akustischen in den Medien*, Marburg 2005, S. 332-346, hier S. 332.
 - 4 Frauenberger, Christopher: „Sonifikation und Auditory Display. Ansätze der auditiven Informationsdarstellung“, in: La Motte-Haber, Helga de u.a. (Hrsg.): *Sonambiente Berlin 2006. Klang, Kunst, Sound Art*, Heidelberg 2006, S. 366-373, hier S. 367.
 - 5 Vgl. Sterne, Jonathan: *The Audible Past*, Durham 2003, S. 15.
 - 6 Vgl. <http://www.icad.org>, 01.07.2007.
 - 7 Eine seit Jahren anerkannte Definition für Sonifikation findet sich auf der ICAD-Homepage: „Sonification [is the] use of nonspeech audio to convey information; more specifically sonification is the transformation of data relations into perceived relations in an acoustic signal for the purposes of facilitating communication or interpretation.“ (ICAD (Hrsg.): „Glossary“, <http://dev.icad.org/node/392>, 01.07.2007.)

Sonification, or data-controlled sound, and audification, or the direct playback of data samples, are the general means used to display quantitative information. Auditory interfaces for general computing environments, teleoperation, virtual reality, and other „environmental“ displays generally convey qualitative information.⁸

Die meisten auditorischen Displays entfalten ihr epistemogenes Potential durch eingebettete Sonifikationsverfahren – das heißt durch intermediale Übersetzungsprozesse, die beliebige Eingangsdaten aus dem Reich des Symbolischen in das Imaginäre zumeist synthetisierter Klanggestalten übertragen. Die medientechnologische Grundlage für solche Perzeptionalisierungen bildet heute wesentlich die *zeitdiskrete Signalverarbeitung*. Auf dieser Basis werden die Eingangsdaten zunächst in binärcodierte Zeitreihen oder Steuersignale ‚liquidiert‘ und anschließend in ihrer spektralen Bandbreite und ihrem Zeitverhalten auf den menschlichen Wahrnehmungsbereich zugeschnitten, denn nur so kann sich ihr akustischer Output direkt an Hörersubjekte richten.

Klänge, die Sonifikationsumgebungen entstammen, sind immer schon in mehrfacher Hinsicht ‚gestaltet‘⁹; das Adjektiv ‚auditorisch‘ besitzt daher – anders als die Bezeichnungen ‚akustisch‘ und ‚auditiv‘, die sich auf physikalischen Schall bzw. auf subjektive Wahrnehmungsobjekte beziehen – einen *ästhetischen Vektor*. ‚Auditorisch‘ heißen Signale und mithin Klänge, die auf eine spezifische Weise für das Hören bestimmt sind und so immer auch ein Wissen *über* das Hören verkörpern – ein Wissen über den menschlichen Hörapparat, das längst in die Algorithmen der zeitdiskreten Signalverarbeitung eingegangen ist und uns so erst auditorische Medien beschert. Dieser Vektor des Auditorischen ermöglicht Korrelationen zwischen einerseits datenimmanenten Beziehungen, Strukturen oder Mustern und andererseits auditiven Gestalten und klanginhärenten Relationen. Auditorische Displays liefern ‚ästhetische Objekte‘, in denen sich ‚epistemische Objekte‘ manifestieren können, weil die auditive Beschaffenheit der Klänge auf die Ursprungsdaten zurückverweist.

Dem Menschen wird aufgrund seiner physiologischen Hörfähigkeiten in auditorischen Displays die Funktion einer „Mustererkennungsmaschine“¹⁰ zugewiesen. Neben diesem *Hören* als gleichsam ‚hardwareseitiger Informationsverarbeitung‘ setzen Sonifikationsverfahren zumeist auch den Einsatz ‚kultureller Software‘ voraus – ein gerichtetes, fokussierendes *Zuhören*. Solche *Kulturtechniken des Hörens* bilden einen wesentlichen Bestandteil auditorischer Displays. Die Schulung und Verfeinerung des Gehörs führt in einem hohen Maße zu einer Aus-

8 Kramer, Gregory (Hrsg.): *Auditory Display. Sonification, Audification and Auditory Interfaces*, Reading u.a. 1994, S. xxiv.

9 Zur Gestaltung von Wissen vgl. Krohn, Wolfgang: „Die ästhetischen Dimensionen der Wissenschaft“, in: ders. (Hrsg.): *Ästhetik in der Wissenschaft*, Hamburg 2006, S. 3-38, hier S. 4.

10 Gregory Kramer, mündlich.

bildung ‚impliziten Wissens‘ (*tacit knowledge*)¹¹ über ein Repertoire auditiver Gestalten, deren Variationen und Differenzen sowie deren mögliche Bedeutungen. „Auditory Displays are systems that use sonification as technical (processing) subsystem, but in addition include the user, the interfaces (amplifier, speaker, headphones) and respect the situational context (background noise, task, etc.).“¹² Der Begriff des ‚*auditory display*‘ umfasst so neben den technologischen Arrangements der Ver- und Beschallung auch den Akt der Darstellung selbst. Auditorische Displays bilden Dispositive oder – mit Hans-Jörg Rheinberger gesprochen – ‚Experimentalsysteme‘¹³, in denen sich Forschungsprozesse vollziehen und Wissen generiert wird. Auditorische Displays sind ferner mediale Dispositive, die Erkenntnisobjekte als Klang repräsentieren und durch die sich Wissen in Klang repräsentiert – sie stellen hochgradig konstruktive Verfahren dar, deren Repräsentationsweisen sich zumeist nicht in einfachen Übersetzungs- und Abbild-Relationen erschöpfen.

2 KLEINE EPISTEMOLOGIE AUDITORISCHER DISPLAYS

2.1 KLANGKÖRPER

Ein frühes akustisches Display stellt die im Bereich der medizinischen Diagnose entwickelte Methode der ‚Auskultation‘ mit Hilfe des Stethoskops dar. Der französische Arzt René Théophile Hyacinthe Laënnec (1781-1826) erfand das Instrument um 1816 und beschrieb seine nach einigen Jahren der praktischen Anwendung entwickelte Methode des wissenschaftlichen Abhörens in seiner Abhandlung *De l'auscultation médiate ou traité du diagnostic des maladies des poumons et du cœur*¹⁴. Laënnec spricht nicht zufällig von einer ‚mediatisierten‘ Auskultation; er hebt explizit hervor, dass eine gewinnbringende Diagnose durch das Abhören des Körpers nur in Verbindung mit einer medialen Aufrüstung des Hörsinns gegeben sein könne. Das Stethoskop leistet jedoch nicht nur eine Verstärkung der innerthorakischen Geräusche, sondern auch die Fokussierung bzw. Ausrichtung der Hörwahrnehmung auf einen präzise eingrenzbaeren Ort. Das Instrument erlaubt mithin den auditiven Zugriff auf einen Phänomenbereich, der sich dem ‚unbewaffneten‘ Ohr¹⁵ schlicht entzöge. Auch zwingt es seine Nutzer zu einem gänzlich anderen

11 Vgl. Polanyi, Michael: *Implizites Wissen*, Frankfurt a.M. 1985.

12 Hermann, Thomas: „Sonification – A Definition“, <http://www.sonification.de/main-def.shtml>, 01.07.2007.

13 Vgl. Rheinberger, Hans-Jörg: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen 2001.

14 Laënnec, René T.H.: *De l'auscultation médiate ou traité du diagnostic des maladies des poumons et du cœur*, Paris 1819.

15 Den Begriff des ‚bewaffneten Ohres‘ wird Hermann von Helmholtz etwa 40 Jahre später für das mediatisierte Hören prägen. Vgl. etwa Helmholtz, Hermann von: *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Braunschweig 1870, S. 76.

Hören – diese müssen sich mit einer Vielzahl von Geräuschen vertraut machen sowie relevante Details und Differenzen erkennen können. Erst der Verbund von technischem Hilfsmittel und gerichtetem Hören ergibt die Grundlage für eine spezifische ‚Hörtechnik‘. Jonathan Sterne macht im Anschluss an Marcel Mauss deutlich, dass es sich bei einer solchen ‚*technique of listening*‘ um eine mühsam zu erlernende Körper- qua Wahrnehmungstechnik handelt, die deshalb vom gewöhnlichen Hören deutlich unterschieden werden müsse.¹⁶

Mit seinem Instrument ausgerüstet, auskultiert und kartographiert Laënnec systematisch die akustische Landschaft pathologischer Körper und entwickelt sukzessive eine auditive Hermeneutik, indem er auftretende Geräusche sammelt, klassifiziert und möglichen Krankheiten zuordnet. So oft es ihm möglich ist, sucht er unter Anwendung von Sektionen nach physischen Ursachen neu registrierter Geräusche, um seine auditiven Befunde zu validieren. Glücklicherweise verging, so weiß Laënnec zu berichten, zwischen der letzten Auskultation moribunder Patienten und deren Obduktion in einigen Fällen nur ein einziger Tag.¹⁷ So stellte die Auskultation selbst zwar durchaus eine rein auditive Methode dar, für ihre Genese spielten dagegen ‚intermediale‘ Zugriffe auf den Erkenntnisgegenstand eine entscheidende Rolle. Auch ohne einer ‚audiovisuellen Litanei‘ das Wort zu reden, können wir zugeben, dass das visuell-haptische Verfahren der Sektion letztlich zu einer präziseren Diagnose führt. Leider nur ist diese Gewissheit *post mortem* keine, über die sich Patienten selbst besonders hätten freuen können, denn da sich diese allein der Demontage ihres Erkenntnisobjekts verdankt, käme diese in jedem Fall zu spät. Bereits am Beispiel der mediatisierten Auskultation zeigt sich also, dass es bei der Wissensgenese durch die Sinne nicht auf deren Leistungsfähigkeit im Allgemeinen ankommt, sondern vielmehr auf die konkreten Umstände der ‚Experimentalsituation‘ und darauf, wie gut sich ein angestrebtes Ziel erreichen lässt.

Durch den Verbund von analytischer Hörtechnik, Sektion und schriftlicher Beschreibung konnte Laënnec der Medizin ein veritables Frühwarnsystem zu Verfügung stellen, mit dem Krankheiten lange vor dem Auftreten sichtbarer Symptome horchend diagnostiziert werden konnten. Zudem waren feinhörige Ärzte durch das instrumentell augmentierte Abhören und das von Laënnec erstellte Handbuch in der Lage, Erkenntnisse über den Gesundheitszustand von Körpern ohne jeglichen Eingriff von außen zu gewinnen. Im 20. Jahrhundert münden die Medientechnologie und die Kulturtechnik der *Auskultation des Körpers* in ein *Abhören der Welt* – neben das Horchen nach Innen tritt ein Horchen nach außen. In der submarinen Seefahrt obliegt es den Hydroakustikern, zwischen Freund und Feind anhand von Schiffsmotorengeräuschen zu unterscheiden, an den Küsten bildet – freilich vor der Erfindung von Radar – ein Netz von Horchposten ein akustisches Frühwarnsystem für die Flugabwehr, und im Landesinneren starten

16 Sterne (wie Anm. 5), S. 90ff.

17 Sterne (wie Anm. 5), S. 121.

Laënnecs späte Erben – die Geheimdienstler aller Diktaturen und Demokratien dieser Welt – ganz ohne physischen Eingriff den großen Lauschangriff auf die Privatsphäre ihrer Mitbürger.

2.2 SIGNALKÖRPER

Durch die Verbreitung technischer akustischer Medien in den späten 1870er Jahren erfahren akustische Übertragung und mediatisiertes Hören eine radikale Veränderung. Phonograph und Telefon ermöglichen über die Analogie von Schallwellen und oszillierenden Gravuren bzw. elektrischen Strömen erstmals die *Abkopplung* akustischer Informationen von ihrem angestammten Trägermedium, der Luft. Die Speicherung und Übertragung von Schallereignissen verdankt sich so vor allem dem Prinzip der *Schallwandlung*, durch das akustische Wellen in andere Energieformen überführt werden, die zu diesen in einer Ähnlichkeitsbeziehung oder – mit Peirce gesprochen – in einem *indexikalischen* Verhältnis stehen. Schallwandler (Mikrophon und Lautsprecher) führen im Verbund mit der Elektrifizierung zu einem entscheidenden Medienwechsel, der die Vorstellung eines imaginären *Signalraums* etabliert und durch den die Elektrizität den Status einer neutralen ‚Tauschwährung‘ für akustische Sinnesdaten erhält. Das Reich der Signale bildet fortan einen Realitätsbereich, *in* den und *aus* dem Akustisches übertragen wird.

Umgekehrt folgt aus diesem Umstand aber auch, dass elektrische Ströme jedweder Herkunft nun über Schallwandler hörbar und so einer sinnlichen Erkenntnis zugänglich gemacht werden können. Im späten 19. Jahrhundert, in dessen nachrichtentechnischem Dispositiv die Äquivalenz von Nervensystem und Telegraphie eine anerkannte Wissensfigur bildete, hieß das primär: Elektroakustische Schallwandler erlauben Medizinern und Physiologen die auditive Teilhabe an elektrischen Vorgängen in Muskeln und Nervenbahnen. Tatsächlich wurde das epistemogene Potential der Analogie von Schall und Elektrizität innerhalb der physiologischen Wissenschaft recht schnell erkannt. Bereits 1878, fast unmittelbar nach der Einführung des Telefons, begannen Physiologen, Fernsprecher zweckzuentfremden und diese unter vorsätzlicher Umgehung bzw. Dekonstruktion der vorgesehenen Übertragungskette Schall – Strom – Schall direkt an körperinterne elektrische Signalquellen anzuschließen. So wurde das Telefon u.a. zur Hörbarmachung von Muskelreizen verwendet, um Kontraktionsrhythmen detektieren und vergleichen zu können.¹⁸ So bringt das Telefon zu Gehör, was nie zum Hören bestimmt gewesen war und ermöglicht eine auditive Ausforschung vormals unzugänglicher Phänomenbereiche, hier die elektrische Aktivität des Zentralnervensystems.¹⁹

¹⁸ Vgl. hierzu Dombois (wie Anm. 2), S. 92.

¹⁹ Als besonders signifikant erscheint ein Artikel des russischen Physiologen Tarchanow, der auch im Deutschen eine sinnesneutrale Bezeichnung des ‚Displays‘ schon im Titel trägt: Vgl. Tarchanow, J.: „Das Telephon als Anzeiger der Nerven- und Muskelströme

Akustische Displays führten trotz des neuen Erkenntniszugangs ein Schattendasein innerhalb der Wissenschaft, da sich diese – anders als bildgebende Verfahren wie Selbstschreiber und Oszillographen – durch die fehlende Persistenz ihrer Wahrnehmungsobjekte als inkompatibel mit dem wissenschaftlichen Publikationswesen erwiesen. Innerhalb eines Forschungsprozesses fanden sie zwar als heuristische Hilfsmittel eine Verwendung; die spätere Legitimation gewonnener Erkenntnisse im Rahmen wissenschaftlicher Veröffentlichungen wurde jedoch vorrangig anhand graphischer Darstellungen vorgenommen. Den Widrigkeiten zum Trotz wurde in den Laboren dennoch weiterhin im Namen der Wissenschaft konzentriert gelauscht. Der britische Anatom und Physiologe Edgar Douglas Adrian setzte sich in den 1930er Jahren intensiv mit der elektroenzephalographischen Methode auseinander, die der Deutsche Neurologe und Psychiater Hans Berger ab 1929 in mehreren Veröffentlichungen²⁰ erstmals vorgestellt hatte. Um den Ursachen des von Berger beschriebenen hirnelektrischen Phänomens, das heute als Alpha-Grundrhythmus bekannt ist, auf die Spur zu kommen, bediente sich Adrian innerhalb der Untersuchung sowohl visueller als auch akustischer Darstellungen:

As the potential waves are of the order of 1/10 mv. or less they are most conveniently recorded by a valve amplifier leading to some form of oscillograph. [...] It is sometimes an advantage to be able to hear as well as see the rhythm; although its frequency is only 10 a second it can be made audible by using a horn loud speaker [...].²¹

Da sich der Berger-Rhythmus mit dem Schließen der Augen einstellt, wurden einige Versuche und Selbstversuche bei völliger Dunkelheit durchgeführt – die akustische Darstellung der gemessenen Hirnströme lieferte in dieser Situation ein zuverlässiges Feedback in Echtzeit. Durch diese Anordnung konnte u.a. geklärt werden, dass nicht der Lichteinfall, sondern primär die Fokussierung des Blicks für das Verschwinden des Ruhe-Rhythmus' verantwortlich war.²² Aufgrund der elektrischen Natur der Hirnsignale blieb die Wahl ihrer sinnlichen Repräsentationsweise prinzipiell freigestellt. Da in Laboren ohnehin eine „Bricolage“²³ der Technologien verbreitet war, mag auch die Verwendung unterschiedlicher Verfahren zur Versinnlichung von Messungen keine Seltenheit gewesen sein.

beim Menschen und den Thieren“, in: *St. Petersburger medicinische Wochenschrift*, Jg. 3, 1878, S. 353-354.

20 Vgl. u.a. Berger, Hans: „Über das Elektrenkephalogramm des Menschen“, in: *Archiv für Psychiatrie*, Nr. 87, 1929, S. 527-570.

21 Adrian, E.D./Matthews, B.H.C.: „The Berger Rhythm: Potential Changes from the Occipital Lobes in Man“, in: *Brain*, Jg. 57, Nr. 4, 1934, S. 355-385, hier S. 356f.

22 Adrian/Matthews (wie Anm. 21), S. 371.

23 Hagner, Michael: „Zwei Anmerkungen zur Repräsentation in der Wissenschaftsgeschichte“, in: Rheinberger, Hans-Jörg u.a. (Hrsg.): *Räume des Wissens. Repräsentation, Codierung, Spur*, Berlin 1997, S. 339-355, hier S. 341f.

Während Adrian und Matthews die akustische Anzeige der elektroenzephalischen Ströme dennoch eher als temporäres Substitut für graphische Darstellungen betrachteten, entstand im gleichen Zeitraum ein anderes auditorisches Echtzeit-Display, das zu einer weitaus größeren Bedeutung gelangen sollte: das Geiger-Müllersche-Zählrohr. Dieses ein wenig zu Unrecht heute lediglich unter dem Namen ‚Geigerzähler‘ bekannte Instrument gehört zu den leistungsfähigsten auditorischen Displays überhaupt und hat sein größtes Einsatzgebiet außerhalb wissenschaftlicher Labore bekanntlich im Strahlenschutz gefunden. Der deutsche Physiker Hans Geiger hatte es 1928 zusammen mit seinem Mitarbeiter Walther Müller zur Detektion ionisierender Strahlung entwickelt.²⁴ Strahlungseinfälle erzeugen im Innern des Rohres jeweils für eine kurze Zeit einen Stromfluss, durch den radioaktive Strahlung zählbar und – elektronisch verstärkt – optisch wie akustisch darstellbar wird. Das Zählrohr also gibt nicht den Verlauf kontinuierlicher Signale wieder, sondern registriert Impulsphänomene. Der Geigerzähler steht mithin paradigmatisch für ein auditorisches Dispositiv, das nicht auf die auditive Auswertung von Daten bzw. Signalen, sondern auf ein akustisches ‚Sichmelden‘²⁵, ein ‚Lautgeben‘ außersinnlicher *Ereignisse* und *Abläufe* durch sinnliche Indikatoren zielt. Die instrumentelle Wahrnehmung und selbsttätige Anzeige von Ereignissen und deren Häufigkeiten gleicht einer medialen Vermittlung von Nachrichten aus jenen „schwarzen Sektoren“, die nach Rilke „das uns Unerfahrbare bezeichnen“ und die um so vieles größer sind als die „lichten Ausschnitte, die den Scheinwerfern der Sensualität entsprechen“.²⁶

Das Dispositiv des Geigerzählers findet indes auch in der *Prozessüberwachung* technischer Systeme Verwendung: Auditorische Displays sind in Hochsicherheitsumgebungen, etwa im Bereich der Flugsicherung, der Luft- und Raumfahrt²⁷ sowie in Kraftwerken oder Fabrikanlagen mittlerweile ubiquitär, denn Warnungen wollen nicht gesehen, sondern vor allem gehört werden. Da alle Computer in analoger Signalverarbeitung wurzeln und so selbst ‚Zeit-Maschinen‘ bzw. Umgebungen darstellen, in denen unzählige Rechen- und Steuerprozesse gleichzeitig ablaufen, gibt das *process monitoring* auch das Vorbild für die auditorische Gestaltung von Benutzeroberflächen und die Repräsentation im Hintergrund laufender Prozesse ab. Aus diesem Grund geben Desktop-Computer Warntöne von

24 Vgl. Geiger, Hans/Müller, Walther: „Das Elektronenzählrohr“, in: *Physikalische Zeitschrift*, Jg. 29, 1928, S. 839-841; Trenn, Thaddeus J.: „The Geiger-Müller Counter of 1928“, in: *Annals of Science*, Jg. 43, Nr. 2, 1986, S. 111-135.

25 Vgl. Heidegger, Martin: *Sein und Zeit*, Tübingen 1967, S. 29ff.

26 Rilke, Rainer Maria: „Das Ur-Geräusch“, wiederabgedruckt in: Kittler, Friedrich: *Grammophon, Film, Typewriter*, Berlin 1986, S. 63-69, hier S. 67.

27 Vgl. Wenzel, Elizabeth: „Spatial Sound and Sonification“, in: Kramer (wie Anm. 8), S. 127-150.

sich, wenn auf der Festplatte Speichermangel droht, die Batterieleistung zur Neige geht oder neue Emails abgerufen werden.²⁸

2.3 DATENKÖRPER

Die Digitaltechnik überführt auch den Bereich der auditorischen Datenanalyse in ein grundsätzlich neues Paradigma – der Einsatz zeitdiskreter Signalverarbeitung brachte hier zunächst wesentliche Vorteile im Hinblick auf die Handhabung und Prozessierbarkeit analoger Daten. Ein in diesem Zusammenhang immer wieder gerne angeführtes Beispiel stammt aus dem Bereich der Geologie: Die politisch brisante Frage, ob und wie anhand von Messdaten zwischen natürlicher seismischer Aktivität und unterirdischen Nuklearwaffentests unterschieden werden kann, beschäftigte das Amerika des Kalten Krieges und rief Seismologen auf den Plan. Geeignete Kriterien für die Bewältigung dieser Aufgabe zu finden, gestaltete sich jedoch, wie der Seismologe Sheridan D. Speeth 1961 der *Acoustical Society of America* berichtete, als ein schwieriges Unterfangen, da sich die jeweiligen Ursachen kaum durch eindeutige Merkmale auszeichneten. Zur Verbesserung der Lage schlug er vor, vermittels Sonifikation eine Art ‚sinnlich-empathische‘ Verbindung zu den Seismogrammen herzustellen und die Diskriminierung anhand der auditiven Gestalten durchzuführen. Da sowohl seismische Aktivität wie auch menschliche Stimmen auf den Vibrationen physischer Körper beruhen, argumentiert Speeth, bestehe zwischen den beiden Phänomenbereichen eine Analogie. Eine Explosion von einem Erdbeben zu unterscheiden, gleiche in vielerlei Hinsicht der Aufgabe, die Stimmen von ‚Freunden‘ am Telefon zu erkennen. Auch bei widrigen Umwelt- und Übertragungsbedingungen sei dies aufgrund der spezifischen „information contained in the temporal dynamics of the short-time audio spectrum“²⁹ leicht möglich. Speeth folgerte daraus, dass es möglich sein müsse, ein Gespür für die ‚Klangcharakteristiken‘ der unterschiedlichen Erdstöße zu entwickeln. Um nun den ‚telefonischen‘ Kontakt mit den Artikulationen der Erdkruste aufnehmen zu können, mussten die Seismogramme allerdings in den menschlichen Hörbereich transponiert werden. Diese Anpassung geschah an Magnetbandmaschinen durch eine beschleunigte Wiedergabe oder – wie in diesem Fall – durch eine Verdichtung des Signals mittels digitaler Signalverarbeitung:

An auditory display was created by using time compression to shift recorded seismogram frequencies into the audible range. [...] A pair of

28 Vgl. Mountford, S. Joy/Gaver, William W.: „Talking and Listening to Computers“, in: Laurel, Brenda (Hrsg.): *The Art of Human-Computer Interface Design*, Reading 1990, S. 319-334; Gaver, William W.: „The SonicFinder. An Interface That Uses Auditory Icons“, in: *Human Computer Interaction*, Jg. 4, Nr. 1, 1989; Cohen, Jonathan: „Monitoring Background Activities“, in: Kramer (wie Anm. 8), S. 499-532.

29 Speeth, Sheridan D.: „Seismometer Sounds“, in: *JASA*, Jg. 33, Nr. 7, 1961, S. 909-916, hier S. 909.

seismograms, one of an explosion, the other of an earthquake, [...] had been digitalized at a sampling rate of ten samples/sec, and were available on punched cards. To equalize intensities, the two sets of cards were fed into an IBM 7090 where every of one set was multiplied by a constant to produce equal rms amplitudes. Both were then read to a magnetic tape through a digital-analog converter at sampling rates of 1000, 2000, 4000, and 8000 samples/sec. This provided time compression factors of 100, 200, 400, and 800. The resulting analog tape was played through an AR-1 loudspeaker, and a clearly discriminable difference between the two seismograms could be heard.³⁰

Durch eine ausgeweitete Testreihe konnte Speeth seine auditorische Methode der ‚Anrufung des Wissens‘ mittels Computer, D/A-Wandler und Gehör validieren: Nach einer kurzen Trainingsperiode waren Versuchspersonen in der Lage, nahezu fehlerlos und allein anhand des Höreindrucks auf die physikalischen Ursachen der sonifizierten Seismogramme zu schließen. Auch in diesem Beispiel war für das Gelingen der Sonifizierung zunächst weniger die menschliche Hörfähigkeit im Allgemeinen entscheidend, als vielmehr die Manipulierbarkeit der Messsignale und damit die Gestaltung der erzeugten Klänge, durch die sich eine optimale auditorische Präsentation und Vergleichbarkeit erzielen ließ. Auditorisches Wissen geht im 20. Jahrhundert numerisch in die Algorithmen der Signalverarbeitung ein, in diesem Fall in Form der Faktoren für die Kompressionsrate und eine einheitliche Lautstärke.³¹ In gegenwärtigen Verfahren³² wird der Beschleunigungsfaktor so gewählt, dass die Länge eines sonifizierten Erdbebens in den Verarbeitungszeitraum des Kurzzeitgedächtnisses fällt – diese tragen also auch kognitionspsychologischem Wissen Rechnung.

Aktuelle auditorische Displays gehen wesentlich über derartige ‚Zeitachsenmanipulationen‘³³ hinaus. Digitalisierte Signale zeichnen sich bekanntlich durch die merkwürdige Eigentümlichkeit aus, dass sie zwar – indem sie eine Mimesis an analogen Signalen betreiben – eine ‚indexikalische‘ Beziehung zur Welt besitzen, selbst jedoch aus ‚symbolischen‘ Zeichen bestehen, mithin also arbiträr codiert sind. Signale – das heißt Verschriftungen des Realen – werden im Digitalen bzw. in

30 Speeth (wie Anm. 29), S. 909.

31 Ein Algorithmus zur Sonifikation von Seismogrammen wird anschaulich dargestellt in Speeth (wie Anm. 29), S. 910.

32 Vgl. zu aktuellen Seismogramm-Sonifikationen: <http://www.auditory-seismology.org>, 01.07.2007

33 Vgl. Kittler, Friedrich: „Real Time Analysis, Time Axis Manipulation“, in: Tholen, Georg C./Scholl, Michael O. (Hrsg.): *Zeit-Zeichen. Aufschübe und Interferenzen zwischen Endzeit und Echtzeit*, Weinheim 1990, S. 363-377.

der ‚Welt des Symbolischen‘³⁴ zu prozessierbaren, berechenbaren Daten. Neben den elektrischen *Signalraum* tritt so der binäre *Datenraum* als mediale Infrastruktur für die Speicherung, Manipulation und Erzeugung von Schallereignissen. Da jegliche Repräsentation von Klang in Computern auf zeitdiskreter Signalverarbeitung beruht, lassen sich folglich nicht allein digitalisierte Signale auditorisch darstellen, sondern theoretisch auch alle anderen erdenklichen Datenstrukturen, sofern es gelingt, diese in digitale Sampleströme zu übersetzen und auf diesem Wege zu ‚verzeitlichen‘. Weil und nur weil diese Übersetzungen medientechnisch möglich geworden sind, werden sie auch für die Gestaltung auditorischer Displays verwendet.

Neben der Audifikation von Signalen, der Prozessüberwachung und der akustischen Gestaltung von Benutzeroberflächen zielt die Sonifikationsforschung gegenwärtig vor allem auf die explorative Datenanalyse (*explorative data analysis*). Gerade in der Entwicklung von Data-Mining-Verfahren, die die Auswertung mehrdimensionaler Datenbestände durch auditive Mustererkennung ermöglichen, liegt gegenwärtig das größte Potential einer auditiven Erkenntnisproduktion. Die sonifikationsbasierte Datenanalyse wird jedoch erst durch einen erheblichen Mehraufwand im Hinblick auf die ‚Präparation‘ der Eingangsdaten möglich, denn Daten, die wie statistische Erhebungen nicht aus physikalischen Messreihen resultieren, weisen keine indexikalische Beziehung zum Schall auf. Diese muss erst durch die Implementierung auditorischen Wissens, also dem Wissen über die menschliche Hörfähigkeit, und den Einsatz digitaler Klangsyntheseverfahren³⁵ hergestellt werden.

Aktuell gibt es verschiedene Ansätze, Daten in digitale Signale zu übersetzen und damit letztlich zu epistemogenen Klängen zu kommen.³⁶ Ein weit verbreitetes Verfahren bildet das so genannte ‚*Parameter-Mapping*‘, bei dem jedem Parameter eines Datensatzes eine akustische Eigenschaft (wie bspw. Tonhöhe und Klangfarbe) zugeordnet wird und sich so die simultane Darstellung vieler Parameter realisieren lässt. Im Ansatz der ‚modellbasierten Sonifikation‘ wird den Daten die fehlende physikalische Komponente durch *physical modeling*-Verfahren künstlich hinzugefügt, das heißt, Simulationen dynamischer Systeme fungieren hier als weiteres Medium auditiver Wissensgenese. Dieses ‚Hinzufügen von Welt‘ verleiht den Datenbeständen eine Art ‚virtueller Körperlichkeit‘, durch die diese

34 Vgl. Flusser, Vilém: „Digitaler Schein“, in: Rötzer, Florian (Hrsg.): *Digitaler Schein. Ästhetik der elektronischen Medien*, Frankfurt a.M. 1991, S. 147-159, hier insb. 154f.; Kittler, Friedrich: „Die Welt des Symbolischen – eine Welt der Maschine“, in: ders.: *Draculas Vermächtnis. Technische Schriften*, Leipzig 1993, S. 58-80.

35 Vgl. Scaletti, Carla: „Sound Synthesis Algorithms for Auditory Data Representations“, in: (wie Anm. 8), S. 223-252; Volmar, Axel: „Signalwege – Physikalische und metaphorische Netze in der Geschichte der elektronischen Musik“, in: Grün, Lydia u.a. (Hrsg.): *musik netz werke. Konturen der neuen Musikkultur*, Bielefeld 2002, S. 55-70.

36 Einen Einblick in verschiedene aktuelle Anwendungen geben Campo, Alberto de u.a.: „Sonification as an Interdisciplinary Working Process“, in: *Proceedings of the 12th International Conference on Auditory Display*, S. 29-35.

ebenso einer ‚Auskultation‘ zugänglich und dadurch ‚zum Sprechen‘ gebracht werden sollen wie menschliche Körper, elektrische Ströme oder Seismogramme.

Auditorische Displays verdanken sich so nicht primär einer allgemeinen Hörwahrnehmung, sondern einem epistemischen Netzwerk. Erst durch den Verbund aus spezifischen Kulturtechniken des Hörens, dem *Binärcode* als medialer Infrastruktur des Digitalen, einem Wissen über das Hören und Klangsyntheseverfahren erschließen sich die Weiten numerischer Datenräume, die ‚schwarzen Sektoren‘ des Symbolischen im Innern der Maschine, einer auditiven Wissensgenese.

E-PAPER IS TOMORROW

VON JOCHEN KOUBEK

I PAPIER

„Wir sind vom papierlosen Büro so weit entfernt wie von der papierlosen Toilette“, soll im Jahr 2001 der damalige Vorstandsvorsitzende von Siemens, Heinrich von Pierer, gesagt haben, um damit anzudeuten, dass Papier ein essentieller Bestandteil des Büros ist und auf lange Sicht auch bleiben wird.

Die Idee vom papierlosen Schreibtisch begleitet die Automatisierung der Büros seit dem Einzug der Personalcomputer in den Büroalltag. Elektronische Dokumente und Nachrichten sollen langfristig den Transport von papiergebundenen Informationen überflüssig machen. Die Idee klingt zunächst einleuchtend: Papier, Aktenordner, Lagerraum und Logistik könnten gespart werden, würden Geschäftskorrespondenz, Aktennotizen, Bestellzettel oder Memos elektronisch erstellt, verteilt und gelesen. Dennoch haben Bürocomputer den Papierverbrauch ansteigen lassen, anstatt ihn zu senken. Die Möglichkeit, Briefe auszudrucken, verleitet viele Sekretärinnen oder ihre Chefs dazu, mehrere Probeausdrucke von einem Brief anzufertigen, ehe das Resultat überzeugt – ‚die Überschrift bitte ein bisschen größer, dafür das Datum weiter rechts. Und hier könnten wir noch eine Clipart einfügen ...‘

Doch nicht nur bei der Produktion entsteht ein höherer Papierverbrauch. In einer umfangreichen Studie haben die englischen Wissenschaftler Abigail Sellen und Richard Harper den Mythos des papierlosen Büros untersucht.¹ Sie stellten fest, dass die Nutzung von E-Mail bis zu 40 % höheren Papierverbrauch nach sich ziehen kann. Neben den erwähnten Probeausdrucken sehen die Autoren den Grund darin, dass die Nutzer Papier dem Bildschirm als Leseschnittstelle vorziehen und Texte lieber ausdrucken. Harper verweist dabei auf die Vorzüge des Mediums Papier:

Looking closely at paper reveals why many existing digital technologies are inferior to paper for certain key tasks such as reading. Reading is not always conducted in a linear fashion. In reality, reading at work involves a variety of different disciplines including scanning, cross-referencing and in depth analysis. These disciplines in turn require different interactional functions from the reader. Current e-books show that designers have paid little attention to the need for people to navigate through, mark up and work across multiple documents as they

I Sellen, Abigail J./Harper, Richard H. R.: *The Myth of the Paperless Office*, Boston 2003.

read. Looking at paper use suggests innovative ways forward for digital reading as well as for other technologies.²

Papier ist gleichzeitig leicht verfügbar und tolerant im Umgang – eine Eigenschaft, die von den Autoren unter dem Begriff *affordance* zusammengefasst wird, einem Kunstwort, bestehend aus *affordable* (kostengünstig) und *allowance* (tolerant). Detlef Borchers resümiert die Ergebnisse der Studie über die Eigenschaften von Papier:

Papier ist billig und erlaubt es, mit allen möglichen Aktivitäten bearbeitet zu werden. Was wir mit einem Papier anstellen können, auch das Kritzeln, kann die Konzentration fördern. Computer lenken dagegen häufig ab. Was wir mit einem Tablet-PC anstellen können, dem am weitesten an den Schreibprozess angeglichener Computer, ist nur ein Bruchteil dessen, was das Papier gestattet.³

Hinzu kommt der Umstand, dass nur wenige Menschen bereitwillig am Computer lesen – die aktiv strahlenden Monitore ermüden die Augen, die lesende Sitzhaltung vor dem Rechner verspannt den Rücken. Die Stiftung Lesen hat im Jahr 2000 eine Repräsentativstudie zum Leseverhalten in Deutschland durchgeführt.⁴ Im quantitativen Teil wurden 2550 Personen ab 14 Jahren befragt, zusätzlich wurden 120 Personen ein- bis eineinhalb Stunden zu ihrem Lese- und Medienverhalten interviewt. Gesine Boeske fasst die von den Probanden geäußerten Nachteile des Lesens am Bildschirm zusammen:

Lesen am Bildschirm bedeutet für viele Computernutzer vor allem Umgewöhnung und Anstrengung. Das Sitzen vor dem Bildschirm ist auf Dauer unbequem, und auch die Augen ermüden schneller als bei herkömmlicher Lektüre. Dazu kommt, dass der Bildschirm für viele nicht die Qualitäten aufweist, die am Buch geschätzt werden. So erfolgt zum Beispiel das Blättern nicht mehr am Objekt direkt, sondern über Mittler wie zum Beispiel Maus oder Computertastatur. Anmerkungen oder Anstreichungen können auch nicht mehr in gewohnter Weise vorgenommen werden; und man ist in Bezug auf den Leseort

2 Harper, Richard H. R.: „The Paperless Office – Myth or Reality?“, 19.11.2001, <http://www.surrey.ac.uk/news/releases/01-1119paperless.html>, 10.07.2006.

3 Borchers, Detlef: „Das papierlose Büro, ein ewiger Zukunftstraum“, in: *Neue Zürcher Zeitung Online*, 19.12.2003.

4 Vgl. Stiftung Lesen (Hrsg.): *Leseverhalten in Deutschland im neuen Jahrtausend. Eine Studie der Stiftung Lesen*, Hamburg 2001.

sehr unflexibel, weil sich der Computer nicht kurz entschlossen mit in den Garten nehmen lässt.⁵

Hürden für das Lesen am Computer sind die geringe Auflösung von 72 dpi, ungünstige Schriftarten oder -größen, und auch die Tatsache, dass nur relativ wenig lesbarer Text auf einen Bildschirm passt und dadurch schnell die Übersicht im Gesamttext verloren geht. Falsche Sitzhaltung kann ernsthafte gesundheitliche Folgen haben, weswegen die Bildschirmarbeitsplatzverordnung die Rahmenbedingungen festlegt, unter denen ein Arbeitsplatz mit Computer gestaltet werden darf und wie die Höhe der Arbeitsfläche oder der Neigungswinkel des Bildschirms geregelt sein muss.⁶

Die Untersuchungen zu diesem einen Ausgabemedium zeigen bereits, dass in der Bedienung von Computern noch viel Verbesserungspotenzial steckt. Und sollte das Eingabeinterface eines Tages tatsächlich von dem Duo ‚Tastatur & Maus‘ auf Stimmerkennung wechseln, werden sich Betriebssysteme und Standardanwendungen derart wandeln, dass sie nur noch wenig an heutige Systeme erinnern dürften. Insofern erscheint es gewagt, den Umgang mit Computern bereits als vierte Kulturtechnik neben Lesen, Schreiben und Rechnen stellen zu wollen. Zu groß sind die Defizite und zu eng ist der Horizont, vor dem Computer betrachtet werden: Die heutigen Mensch-Maschine Schnittstellen gibt es erst seit 30 Jahren, kommerziell verfügbar sind sie seit 20 Jahren. Zu bewegt ist die technische Entwicklung, um bereits von einem kulturtechnischen Höhepunkt sprechen zu können.

Doch auch aus Sicht der Inhalte gibt es Argumente für eine Ablösung oder zumindest Ergänzung der heutigen Interfaces. Die Diskussion um digitale Inhalte ist geprägt von Begriffen wie ‚Urheberrecht‘, ‚Rechtmanagement‘ oder ‚Schutzfristen‘. Jede Äußerung oder Veröffentlichung erscheint in diesem Licht als schützenswertes Dokument, das es für die Ewigkeit zu bewahren gilt. Doch werden längst nicht alle Publikationen der Wissensgesellschaft mit Blick auf Verwertungsrechte und Archivierbarkeit produziert. Viele sollen einfach nur rasch informieren, sind für kurze Zeit aktuell und auf den Moment hin entworfen. Die visuelle Rezeption digitaler Informationen ist aber weiterhin an Computerbildschirme oder Papiausdrucke gebunden. Unabhängig von den jeweiligen Inhalten beeinflusst diese Rezeptionsform die Organisation von Arbeitsabläufen, von der technischen Infrastruktur über Informationsmanagement bis hin zu Entsorgungsproblemen.

5 Boesken, Gesine: „Lesen am Computer – Mehrwert oder mehr Verwirrung? Untersuchung zur ‚Konkurrenz‘ zwischen Buch und Hypertext“, 2002, <http://computerphilologie.uni-muenchen.de/jg02/boesken.html>, 10.07.2006.

6 Vgl. „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten“ (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV vom 4. Dezember 1996), in: *BGBI I*, S. 1843, zuletzt geändert am 25. November 2003, S. 2304.

II ELEKTRONISCHES PAPIER?

Elektronisches Papier verspricht Abhilfe, indem es sich in seiner Handhabung an herkömmlichem Papier orientiert. Die Diskussion um elektronisches Papier als unvermeidliche Zukunft der Printmedien kommt aus den 1990er Jahren, als von den Euphorikern des Hypertexts das Ende des Buchs ausgerufen wurde.⁷ Doch gab es und gibt es weiterhin wenig Hinweise für die Bestätigung dieser Hypothese, zu viele Vorteile bietet das Medium Buch. Und bislang auf dem Markt erhältliche eBooks, vom Tablet-PC, über *Adobes Glassbook* bis zum *Rocket eBook*, erwiesen sich auch durchgängig als Flop, nicht zuletzt deshalb, weil Kunden das häufig in jahrelanger Sozialisation erworbene sinnliche Gefühl des Lesens eines Buches vermissen. Es fehlt das Blättern, der Einband, das Gefühl viele Seiten in der Hand zu halten. So überrascht es wenig, dass viele Menschen längere Text lieber ausgedruckt auf Papier als vor den starren Glasdisplays der elektronischen Bücher lesen. Daher verschwand die Diskussion um elektronisches Papier zusammen mit dem Cyber-Hype und dem dot.com-Boom und der noch vor 10 Jahren propagierte Umzug der Gesellschaft in den Cyberspace fand (wieder einmal) nicht statt.

Inzwischen ist es an der Zeit, die Vorzüge des elektronischen Papiers aus einer abgeklärteren Perspektive zu betrachten und nicht mehr den Streit mit der Gesamtheit der Printmedien zu suchen. Denn die Nische für e-Papier ist groß. Viele Druckerzeugnisse, werden keineswegs als sinnliche Bereicherung der Lebenswelt verstanden, sondern als reine Informationsträger: Bedienungsanleitungen, Programmzeitschriften, Broschüren, Lottozahlen, Kataloge, Stadtpläne, Telefonbücher, Kontoauszüge, Rechnungen, Sportergebnisse, Preisschilder, Flugblätter, Speisekarten, Fahrpläne etc. Gebrauchsdrucke aller Art umgeben den informierten Menschen, ganz zu schweigen von Dokumenten, die elektronisch geliefert werden: Emails, PDFs oder Webseiten. Die in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen unterscheiden sich von aufbewahrungswürdigen Informationen in drei Punkten:

- a) Ihre Aktualität ist raumzeitlich begrenzt. Wettervorhersagen gelten für eine bestimmte Region zu einem bestimmten Zeitraum. Über den begrenzten Informationswert hinaus haben sie für den Rezipienten keine weitere Bedeutung.
- b) Ihr Trägermedium ist ohne sinnlichen Mehrwert. Gebrauchsinformationen werden nicht aufbewahrt wie Bücher oder handgeschriebene Briefe. Obwohl der Träger die oben beschriebenen Vorteile des Papiers hat, so könnte die Information auf einem beliebigen Träger stehen, sofern dieser für den Rezipienten lesbar ist.
- c) Sie werden nach Benutzung weggeworfen: Papiermülltonnen werden mit Zeitungen und Zeitschriften, Werbung und Katalogen gefüllt. Zwar gibt es

7 Z.B. von Bolz, Norbert: *Am Ende der Gutenberg Galaxis*, München 1995.

Menschen, die z.B. Fahrpläne sammeln, die Mehrheit der Gebrauchsinformationen aber wird nach Gebrauch entsorgt.

Bei näherer Betrachtung fallen viele der täglich aufgenommenen Informationen in die Kategorie der Gebrauchsinformation. Für diese, nicht für umfangreiche Werke, Romane oder Sachbücher, bietet sich ein flexibles und wieder verwertbares Medium an, das nachhaltige Nutzung verspricht. Denn nach dem Scheitern der eBooks wurde vergessen, dass die ausgelieferten Produkte mit starrem Plastikgehäuse und gläsernen Displays keineswegs das waren, was die Visionäre mit elektronischem Papier im Sinn hatten: ein elektronisches Medium, das sich wie Papier verhält und gerade nicht einen kleinen Flachbildschirm.

Elektronisches Papier in diesem Sinn ist inzwischen (fast) ein marktreifes Produkt, wobei verschiedene Ansätze miteinander konkurrieren. In Kombination mit Funknetzen und Online-Datenbanken ermöglichen sie den Zugang zu Wissensräumen, den Printmedien und Bildschirme nicht zu erschließen vermögen.

III MERKMALE VON ELEKTRONISCHEM PAPIER

Elektronisches Papier weist im Gegensatz zu Computermonitoren folgende Merkmale auf, wobei es unerheblich ist, ob es sich um einen Kathodenstrahlmonitor oder einen TFT-Flachbildschirm handelt:

1) BISTABILITÄT

Das Bild eines Monitors ohne Energieversorgung ist schwarz. Jede Änderung ist mit Energieverbrauch verbunden, sobald die Energiezufuhr unterbrochen wird, fällt der Monitor in seinen Ausgangszustand zurück. Doch nicht nur die Bildänderungen benötigen Energie, auch die Bildauffrischung erfolgt mehrmals pro Sekunde, um dem Auge ein stabiles Bild zu suggerieren. Die Bildfrequenz bei Monitoren liegt zwischen 60-90 Hertz, d.h. das Bild wird 60-90 Mal pro Sekunde aufgefrischt. Flimmernde Monitore mit geringer Bildfrequenz haben die Augen jahrelang extremen Belastungen ausgesetzt. Flachbildschirme bieten ein deutlich flimmerfreieres Bild, benötigen aber ebenfalls Energie zur Bildstabilisierung.

E-Paper hat (mindestens) zwei stabile Zustände, in der Regel Schwarz und Weiß. Eine Anzeige bleibt auch nach Abschalten der Energieversorgung erhalten. Energie wird lediglich für den Wechsel zwischen den Zuständen aufgewendet.

2) PASSIVE BELEUCHTUNG

Computerbildschirme geben Licht ab, während sie ihre Anzeige erzeugen. Sie strahlen somit aktiv. Beim Lesen von einem Aktivstrahler blinzelt das Auge seltener, trocknet schneller aus und ermüdet rascher als unter natürlichen, reflektierenden Lichtverhältnissen. Elektronisches Papier kommt aufgrund seiner Bistabi-

lität ohne eigene Lichtquelle aus. Die Beleuchtung erfolgt wie beim Papier durch Reflexion des Umgebungslichts, sie ist somit passiv.

3) GERINGER ENERGIEVERBRAUCH

Bistabilität und passive Beleuchtung sorgen dafür, dass elektronisches Papier einen sehr geringen Energieverbrauch im Vergleich zu monostabilen aktiv strahlenden Ausgabegeräten hat.

4) HOHER KONTRAST

Lag in den Anfangstagen des elektronischen Papiers der Kontrast zwischen Hell- und Dunkelgrau, ist es inzwischen möglich, scharfe Kontrastkanten zwischen Weiß und Schwarz zu erzeugen. Dies erleichtert das Lesen für die Augen und beugt Ermüdungserscheinungen vor.

5) WEITER LESEWINKEL

Monitore strahlen bevorzugt in eine Richtung, senkrecht zur Bildschirmoberfläche. Abweichungen von diesem Winkel beeinträchtigen die Wiedergabequalität und die Lesbarkeit. Monitore nötigen dem Betrachter damit eine bestimmte Betrachtungshaltung auf. Diese Haltung fördert Verspannungen im Rücken-, Schulter- und Nackenbereich und verursacht die typischen muskulären Krankheiten des Bildschirmarbeiters.

Elektronisches Papier ermöglicht einen weiten Lesewinkel, ähnlich wie Papier. Änderungen der Rezeptionshaltung sind nicht mit Verminderung der Lesbarkeit verbunden. Der dadurch mögliche regelmäßige Wechsel der Leseposition beugt Haltungsschäden vor.

6) FLEXIBILITÄT

Eine wichtige Eigenschaft von Papier ist seine Formbarkeit, Papier kann gebogen, gerollt, geknickt oder gefaltet werden. Benötigt elektronisches Papier zurzeit noch einen starren Glasträger, so soll dieser zukünftig durch ein flexibles Material ersetzt werden, das zumindest rollbar ist. Damit wird zwar ‚E-Origami‘ auch in naher Zukunft nicht möglich, die Sperrigkeit und das Gewicht eines Bildschirms dürften aber überwunden sein, was bislang ein wesentlicher Hinderungsgrund für mobiles Lesen war.

7) BILLIGE PRODUKTION

E-Paper kann in großen Mengen produziert werden, wodurch die Herstellungskosten sehr gering gehalten werden können. Auch können die bestehenden Ver-

fahren für die Herstellung von LCD-Bildschirmen mit aktiver Matrix (s. u.) genutzt werden, wodurch der Aufbau neuer oder die Umgestaltungen bestehender Produktionsstätten entfällt. Insgesamt fallen weniger Prozessschritte an als bei der Produktion von Flachbildschirmen.

8) SCHICHTENAUFBAU

Jedes E-Paper-Display besteht aus einer Frontplane und einer Backplane. Die Frontplane enthält die für den Anwender sichtbaren Bildpunkte. Es gibt eine Reihe verschiedener Techniken, um elektronisches Papier mit den genannten Eigenschaften zu erstellen, die im nächsten Abschnitt vorgestellt werden.

Ebenso große technische Anforderungen stellt die Backplane, wo die Steuer elektronik untergebracht ist. Jeder Bildpunkt kann über eine Matrix angesprochen werden. Dabei wird unterschieden zwischen passiver und aktiver Matrix:

- a) Passive Matrix: Hier werden die Bildpunkte mittels überkreuzender Leiterbahnen angesprochen. Jede Leiterbahn ist mit einer Elektrode verbunden, so dass ein Bildpunkt über einen X- und einen Y-Wert geschaltet werden kann. Der Vorteil einer passiven Matrix liegt in einer verhältnismäßig einfachen und kostengünstigen Produktion. Die Nachteile sind eine lange Ansprechzeit und ein geringer Kontrast.
- b) Aktive Matrix: Bei dieser Technik wird jeder Bildpunkt mit Hilfe eines Transistors angesteuert. Die höhere Ansprechgeschwindigkeit und bessere Kontrolle über die Bildqualität wird durch einen deutlich aufwändigeren Produktionsaufwand erkauft.

Die Backplane aller derzeit erhältlichen E-Paper-Displays besteht ausschließlich aus Glas. Im Vergleich zu TFT-Monitoren ist das insoweit ein Fortschritt als das bei dieser Anzeigetechnik auch die Frontplane von einer Glasplatte bedeckt ist, elektronisches Papier hingegen mit einer flexiblen Folie aufwarten kann. Um aber papierähnliche Anzeigen zu erhalten, muss auch die Backplane flexibel werden.

IV FRONTPLANE-TECHNOLOGIEN

Gegenwärtig wird mit verschiedenen Verfahren experimentiert, um elektrisches Papier mit den aufgeführten Eigenschaften zu produzieren. Sie teilen sich ein in (1) elektrophoretische und (2) elektrochrome Verfahren sowie (3) Elektrowetting.

1) ELEKTROPHORETISCHE VERFAHREN

Bei elektrophoretischen Techniken (griechisch *phorèsis*: transportieren) werden winzige Partikel durch Anlegen einer elektrischen Spannung bewegt. Wie so viele IT-Technologien wurzelt auch diese im *Xerox Palo Alto Research Center* (PARC). PARC wurde 1970 von der Firma Xerox als Grundlagenforschungszentrum ge-

gründet mit dem Auftrag, Kopiertechniken zu verbessern. Mit einem Budget von 170 Mio. Dollar wurden die renommiertesten Computerspezialisten angestellt, deren Arbeit die Grundlagen des modernen PC legten, darunter Douglas Engelbarts Computermaus und das *Graphical User Interface* (GUI), Robert Metcalfs *Ethernet* oder Gary Starkweathers Laserdrucker. Der Physiker Nicholas Sheridan suchte nach einer möglichen Alternative zu den voluminösen Monitoren mit Kathodenstrahlröhren. Seine Idee war ein flexibles Display, in dem in einer Öllösung kleine polarisierte Kügelchen schwimmen, die auf einer Seite schwarz, auf der anderen Seite weiß sind. Durch Anlegen einer Spannung drehen sie sich und fügen sich zu einem Muster, ähnlich den Bildpunkten im Monitor. Aus technischen Gründen konnte Sheridan seine Idee nicht weiter verfolgen. Erst im Jahr 2000 gründete Xerox die Firma *Gyricon*, die ihr Produkt unter dem Namen ‚Smart Paper‘ zu vermarkten versuchte. Seit Ende 2005 konzentriert sich Xerox wieder auf seine Kerngeschäfte und beschränkt sich darauf, die Patente für Smartpaper an Interessenten zu lizenzieren.

Stärkster Konkurrent von Smartpaper war jahrelang die elektronische Tinte, die bereits 1993 von Joseph Jacobson am MIT wurde erfunden und seit 1997 von der Firma *E-Ink* vermarktet. Auch bei dieser Technik werden kleine Partikel bewegt, allerdings sind diese einfarbig und schwimmen in kleinen mit einer klaren Flüssigkeit gefüllten Kügelchen. Die schwarzen Partikel sind negativ, die weißen positiv geladen und werden je nach angelegter Spannung an die Oberfläche der Kügelchen gezogen.

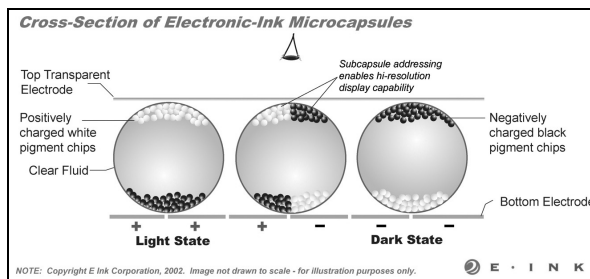


Abb. 1: *E-Ink Microcapsules*.⁸ *E-Ink* ist zurzeit der aussichtsreichste Kandidat, den Markt für elektronisches Papier zu erschließen.

Im Gegensatz zu *Gyricon* fand *E-Ink* finanzstarke Partner, darunter die *Sony Electronic Inc.*, die elektronische Tinte im *Librié* für den japanischen Markt und seit dem Frühjahr 2006 mit dem *eReader* ein elektronisches Buch für den amerikanischen und europäischen Markt anbietet. Während *Librié* nur ein proprietäres Format lesen konnte und an restriktiven Kopierschutzmaßnahmen scheiterte, kann der

8 http://www.e-ink.com/press/images/highres_downloads/how_eink_works_highres.jpg, 10.07.2006.

eReader normale PDF-Dokumente anzeigen. Seit September 2005 bietet *E-Ink* zusätzlich ein Developer Kit für E-Books an, um Entwickler für E-Paper-Anwendungen zu interessieren. Die Pressemitteilung verspricht: „A resolution of 170 pixels per inch (PPI) and the capability of displaying four gray levels give this 6" diagonal display text quality with the clarity of newsprint.“⁹ Die Zeitung wird als klares Vorbild für elektronisches Papier definiert, was uns in Abschnitt V noch beschäftigen wird.

Während Philips seine Produktionssparte für E-Paper-Displays im Mai 2005 an den taiwanesischen LCD-Hersteller *Prime View International* verkaufte, investieren Chip-Hersteller *Intel* und der Druckerproduzent *Epson* verstärkt in *E-Ink*. Elektronisches Papier verspricht Marktverschiebungen sowohl beim Computer, beim Bildschirm- als auch beim Druckermarkt.

Epsons Konkurrent *Canon* versuchte sich bereits im Jahr 2000 an elektrophoretischen Displays und stellte das *Paper-Like Display* vor. Bei dieser Technik bewegen sich die gefärbten Partikel seitwärts, wodurch ein schwarzes Raster das Display durchzieht. Die Firma *SiPix* versucht sich mit *Microcup*-Strukturen ebenfalls am Markt zu etablieren, im Juni 2006 stellte der Reifenhersteller *Bridgestone* ein E-Paper-Produkt vor. Doch wie bei jeder Erfindung wird auch hier die Technik alleine kein Garant für den kommerziellen Erfolg sein. Benötigt werden strategische Partnerschaften und verkaufbare Produkte. Unter diesen Aspekten erscheint *E-Ink* zurzeit als aussichtsreichster Kandidat, den Markt zumindest für Frontends von elektronischem Papier zu bestimmen.

2) ELEKTROCHROME VERFAHREN

Ein ganz anderes Vorgehen als das elektrische Bewegen aufgeladener Partikel hat *Siemens* im Jahr 2003 vorgestellt. Das *ePyrus* arbeitet elektrochrom, was im Wesentlichen eine umkehrbare Oxidation bzw. eine Reduktion darstellt, ähnlich wie in einem Lithium-Ionen-Akku. Durch eine angelegte Spannung fließen Ionen zu einer Polymerschicht. Diese wird chemisch reduziert, wodurch sich ihre Absorptionseigenschaft für rotes Licht erhöht und sie dunkelblau erscheint. Bei umgekehrter Spannung verschwindet die Färbung wieder. Das Verfahren wird z.B. bei elektrisch verdunkelbarem Fensterglas (sogenanntem *Smart Glass*) verwendet; dessen Eigenschaften setzten auch die Grenzen des *ePyrus*-Prototyps. So waren einzelne Bildpunkte nicht gezielt ansteuerbar, Matrix-Displays sollen aber in Vorbereitung sein. Auch lag die Ansprechgeschwindigkeit noch deutlich über einer Sekunde, hier versprach *Siemens*, den Wert auf unter 100 ms senken zu können. Da aber auf der *Siemens*-Website keine Hinweise mehr für die Entwicklung von *ePyrus* zu finden sind, darf vermutet werden, dass dieser Bereich nicht weiter verfolgt wird. Derzeit forschen verschiedene Universitäten sowie die schwedi-

9 E Ink Corporation: „E Ink Launches Electronic Paper Prototype Kits“, 27.09.2005, <http://lxer.com/module/newswire/view/44102/index.html>, 10.07.2006.

sche Firma Acreo an elektrochromen Anzeigeformen – letztere insbesondere an einem Druckprozess, um derartige Displays auf Papier bzw. auf flexible Folien auftragen zu können.

Als Alternative können organische LEDs (*Light Emitting Diodes*) dienen, die zwar nicht bistabil sind, ihren Zustand aber mit extrem niedrigem Energieverbrauch stabilisieren können. Darüber hinaus sind sie leuchtstark und haben Ansprechzeiten, die schnell genug für Bewegtbilder sind. Flexible Mehrfarbanzeigen werden bereits in Mobiltelefonen verbaut. Da es sich aber um monostabile Aktivstrahler handelt, werden sie in der Regel nicht zu elektronischen Papieren gezählt.

3) ELECTROWETTING

Ein letztes hier vorgestelltes Verfahren ist das sogenannte ‚Electrowetting‘. Dabei wird ausgenutzt, dass bestimmte Öle sich bei Anlegen einer Spannung zusammenziehen. Ein Display mit Electrowetting-Technik besteht aus kleinen Rasterzellen, die mit Öl und Wasser gefüllt sind, wobei ein Ölfilm gleichmäßig den Boden bedeckt. Wird ein Bildpunkt durch ein elektrisches Feld angesteuert, kontrahiert das Öl und gibt den Boden der Zelle frei. Auf diese Weise können Abstufungen zwischen zwei Farben erreicht werden. Der große Vorteil dieses Verfahrens ist die schnelle Ansprechzeit, die unter 10 ms liegt, womit Bildwechsel im Videobereich möglich wären (25 Bilder/Sekunde benötigen 40 ms/Bild). Electrowetting-Displays sind nicht bistabil und benötigen Energie zur Kontraktion des Öls. Die Leistungsaufnahme soll aber unterhalb eines LCD-Bildschirms liegen, womit batteriegetriebene flexible Displays für Bewegtbilder den Visionen einer mobilen Videozeitung durchaus entsprechen würden. Electrowetting ist aber noch lange nicht produktions- geschweige denn serienreif und dürfte eher die Weiterentwicklung der elektronischen Papiere der ersten Generation werden.

4) ENTWICKLUNG

Ausgehend vom Stand der technischen Entwicklung hat *E-Ink* eine Roadmap veröffentlicht, welche die Entwicklung von elektronischem Papier skizziert. Demnach gibt es drei Generationen mit verschiedenen Anwendungen:

- a) Segmente mit geringer Auflösung:
Hierbei werden nicht einzelne Pixel, sondern größere Segmente angesteuert, die z.B. Buchstaben formen. Dies ähnelt den 7-Segment-Ziffern von LCD-Anzeigen, weist allerdings nicht deren Energieverbrauch auf. Sie werden bereits zur Stationsanzeige in Bussen, für Kalender oder für Preisauszeichnungen verwendet.
- b) Hochauflösende aktive Matrix-Anzeigen:
Durch das Ansteuern einzelner Bildpunkte können deutlich feinere Auflösungen erzielt werden als bei der Segmentanzeige. Diese Displays werden in

eBooks wie Librié oder eReader eingesetzt, oder sie sollen die Anzeigemöglichkeiten von Mobiltelefonen erweitern.

Aktive Matrix-Anzeigen können bereits verschiedene Farben anzeigen, indem die Auflösung klein genug gewählt und somit aus mehreren Bildpunkten eine Mischfarbe generiert wird – ein Verfahren, das beim Fernsehen oder bei der Digitalfotografie angewendet wird. Die aktive Matrix benötigt jedoch noch eine starre Backplane, wodurch sie sich wesentlich vom Papier unterscheidet.

c) Flexible Displays:

Der nächste Schritt ist die Einführung eines biege- oder rollbaren Trägers, mit dem auch die haptischen Eigenschaften von Papier nachgeahmt werden sollen. Auf flexiblen Bildschirmen basieren die Visionen und Firmenstudien für elektronische Zeitungen. Als weiteren Schritt in diese Richtung kündigte der Philips-Ableger *Polymer Vision* im Januar 2007 ein ausrollbares Display mit 16 Graustufen auf Basis der E-Ink-Technik an, das in den kommenden Jahren in Mobiltelefone, PDAs oder GPS-Geräten Platz finden soll.

- d) Die nächste Stufe, die allerdings nicht in E-Inks Roadmap auftaucht, bestünde darin, die Ansprechzeit entsprechend zu verkürzen, um farbige und bewegte Bilder auf flexiblen Displays darstellen zu können wie es bspw. in Steven Spielbergs Film *MINORITY REPORT* gezeigt wird (Abb. 2). Dadurch würde zwar der Energieverbrauch des elektronischen Papiers wieder steigen, die Entwicklung wäre aber insoweit an einem Höhepunkt, als dass alle Anwendungen, die mit einem Computermonitor möglich sind, auf das elektronische Papier übertragen werden könnten.



Abb. 2: Bilder aus *MINORITY REPORT*. In einblättrigen elektronischen Zeitungen können dringende Nachrichten kurzfristig und mobil angezeigt werden.

V E-ZEITUNG – DIE ZUKUNFT

E-Paper ist ein bistabiles und damit energiesparendes, passiv beleuchtetes Ausgabemedium, das hohen Kontrast und weiten Lesewinkel ermöglicht. Insgesamt gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, diese Eigenschaften umzusetzen. Einige Hersteller stehen kurz vor der Vermarktung ihrer Lösung, andere warten noch auf ihre Chance.

Doch wie bei jedem Medium ist nicht nur die zugrunde liegende Technik für den Erfolg am Markt entscheidend, sondern auch die übrigen Schritte in der Wertungskette. So müssen neben den Displays auch Gerätehersteller gefunden werden, die sie in Medien einbauen. Inhalte müssen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen und letztlich müssen die Kunden davon überzeugt werden, dass es sich lohnt, ein neues Gerät zu kaufen und sich neue Rezeptionsformen anzueignen. So fehlt weiterhin die vielfach beschworene ‚Killer-Applikation‘, die Anwendung, die Kunden zum Kauf eines elektronischen Papiers bewegen könnte. Ganz oben auf der Liste potenzieller Kandidaten steht die elektronische Zeitung. Diese soll sich vor allem in zwei Punkten von der papiergebundenen Tageszeitung unterscheiden:

- a) Ihre Inhalte können von den Kunden individuell zusammengestellt werden. Wer den Sportteil nicht liest, bestellt diese Rubrik nicht, wer sich besonders für Fußball interessiert, bekommt besonders viele Neuigkeiten aus diesem Bereich. Der große Vorteil für den Inhalteanbieter, über die Interessen und Wünsche der Kunden derart informiert zu sein, besteht in der Möglichkeit, ihnen neben den Artikeln auch individualisierte Werbung mitsenden zu können.
- b) Ihre Aktualität bestimmt der Kunde. Während eine Zeitung produktionsgebunden einmal täglich erscheint, kann eine elektronische Zeitung ihre Nachrichten verteilen, sobald sie redaktionell bearbeitet wurden – ähnlich wie bei Online-Newstickern. Der Kunde kann mehrmals täglich neue Nachrichten erhalten.

Beide Eigenschaften sind mit analogen Printmedien nicht umsetzbar. Zeitungen sind identische Kopien, die in einem vom Verleger vorgegebenen Rhythmus erscheinen. In diesem Sinne wird die elektronische Zeitung kein Massenmedium mehr sein, sondern teilt mit den Printzeitungen nur noch die Eigenschaft, das redaktionell bearbeitete Produkt eines bestimmten Verlags zu sein. Ob sich aber Kunden finden, die bereit sind, für elektronische Inhalte zu bezahlen, wenn sie auf einer neuartigen Display-Technik angezeigt werden, ist gegenwärtig noch unklar. Oder wie Helmut Merschmann es ausdrückt: „Gemäß Gottfried Wilhelm Leibniz strebt zwar alles Mögliche nach Existenz, doch der Konsument will nicht für alles Mögliche Geld ausgeben.“¹⁰ Versuche einer bezahlbaren Netz-Zeitung jedenfalls

¹⁰ Merschmann, Helmut: „Elektronische Papiertiger“, 2005, <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/20/20083/1.html>, 10.07.2006.

scheiterten bislang u.a. an der fehlenden Bereitschaft zur Online-Lektüre sowie an dem breiten Alternativangebot kostenfreier Informationsquellen.

Zu vermeiden ist darüber hinaus der Fehler, den viele Hersteller von E-Büchern, zuletzt *Sony* mit seinem *Librié*, gemacht haben: Die Inhalte in einem proprietären Format anzubieten und damit zu versuchen, die Kunden an den Hardware-Hersteller zu binden. Das Lesegerät einer elektronischen Zeitung sollte zumindest die Standardtextformate anzeigen können, allen voran PDF. Damit können Gerätehersteller von den Inhaltenanbietern getrennt werden und ein breiter Markt entstehen, der evtl. auch Platz für die abonnierbare elektronische Zeitung bietet.

1) VERTEILUNG

Die Verteilung der Nachrichten erfolgt bei der elektronischen Zeitung natürlich via Internet. Als physikalische Schicht kommt dabei nicht nur der heimische PC in Frage. Vielmehr können die bestehenden bzw. die im Aufbau befindlichen Funknetze genutzt werden. Zu nennen wären die zunehmenden Wireless LAN-Knoten auf Grundlage der IEEE-Normen 802.11.a-g, die in verschiedenen Städten zu City-Netzen ausgebaut werden, darunter New York, Düsseldorf oder Paris.¹¹ Alternativen sind die Mobilfunknetze, allen voran das kommende UTRAN-Netz, in dem detaillierte Abrechnungsmodalität für Inhalte möglich sind.

Darüber hinaus bieten sich die digitalen Rundfunknetze an: *Digital Audio Broadcasting* (DAB) bzw. *Digital Video Broadcasting* (DVB). Das Problem von Rundfunknetzen liegt in ihrer Natur, Inhalte an beliebig viele Anwender zu senden. Individuelle Anforderung von Inhalten und – was vermutlich wichtiger ist – individuelle Abrechnung wird dadurch wesentlich erschwert.

Neben Bandbreiten-, Verteilungs- und Abrechnungsmodalitäten gibt es bei diesen Netzen aber auch ökologische Faktoren zu berücksichtigen, wengleich zu befürchten ist, dass derartige Fragen auch bei diesem Medium nur eine untergeordnete Rolle spielen werden.

2) ÖKOLOGISCHE FRAGEN

Noch gibt es keine vollständige Ökobilanz von E-Paper-Produkten. Erste Abschätzungen der Umweltauswirkungen weisen allerdings überraschende Ergebnisse auf:¹² So schätzt das Berliner Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) den kumulierten Energieaufwand (KEA) bei elektronischen Zeitungen zwischen zehn- bis vierzigmal höher als bei Papierzeitungen. Der KEA eines Produkts setzt sich aus der Energiemenge der gesamten Produktions- und

11 http://www.prais.fr/portai/Economie/Portal.lut?page_id=7799.1

12 Kamburow, Christian: *E-Paper – Erste Abschätzung der Umweltauswirkungen. Eine ökobilanzielle Betrachtung am Beispiel des Nachrichtenmediums Zeitung*. (IZT Werkstatt-Bericht, Nr. 67), Berlin 2004.

Verteilungskette zusammen. Bei der Printzeitung berechnet er sich aus Papierherstellung, Druckprozess, Vertrieb und Entsorgung. Der anteilige KEA für das Lesen einer Print-Zeitung beträgt 1,5 MJ pro Leser, wobei 87% der Energie bei der Herstellung anfallen.

Das Lesen der Online-Zeitung berechnet sich mit Datenübertragung, anteiliger PC-Herstellung und Gebrauch zu 2 MJ für das Lesen der Online-Zeitung, also bereits mehr als für die Papiervariante. Der Datenübertragung kommen dabei 50% der Gesamtenergie zu.

Bei der elektronischen Zeitung auf elektronischem Papier addiert sich der KEA aus der anteiligen Energie für die Herstellung des Lesegeräts, die Datenübertragung sowie die Energie, die beim Lesen aufgewandt wird. Bei der teilmobilen Variante mit Übertragung durch das Internet fallen 10 MJ, bei der mobilen Übertragung via UMTS als physikalischer Schicht fallen sogar 50 MJ an. Den mit Abstand größten Energieaufwand erfordert die Übertragung der Daten über Internet bzw. über das Mobilfunknetz. Die Energieaufwendungen für anteilige Herstellung und Gebrauch können angesichts dieser Menge sogar vernachlässigt werden.¹³

Die Übertragung von Informationen durch das UMTS-Netz dürfte die wahrscheinlichste Distributionsform der elektronischen Zeitung sein, nicht zuletzt angesichts der enormen Investitionen der Mobilfunkbetreiber in diesem Bereich. Da der KEA bei dieser Variante bis zu vierzigmal höher im Vergleich ist als beim Lesen einer Printzeitung, gerät der Vorteil des elektronischen Papiers als wieder verwendbarem Träger für Gebrauchsinformationen zum ökologischen Nachteil. Ubiquitäre und individuelle Verfügbarkeit von Informationen hat ihren Preis in Form von höherer Energieaufwendung.

Als Alternative zu UMTS empfiehlt das ITZ die Nutzung der Rundfunknetze DAB bzw. DVB-Terrestrial (DVB-T). Bei Nutzung dieser Infrastrukturen würde der kumulative Energieaufwand von 50 MJ auf 0,1 MJ sinken, womit elektronische Zeitungen, per DVB-T an E-Paper-Lesegeräte verschickt, zur ökologisch günstigsten Form des Zeitungslesens würden.

IV FAZIT

Elektronisches Papier ist das ewige Produkt von morgen. Seit den ersten Prototypen werden die Möglichkeiten des flexiblen Displays und seine Vorteile gegenüber normalem Papier gepriesen. Serienreife Produkte sind immer wenige Jahre entfernt und wenn es welche gibt, wie *Sonys Librié* oder den *eReader*, dann erinnern sie mehr an Handheld-PCs als an Papier. Das Potenzial ist so gewaltig wie die Erwartungen, aber der letzte Schritt zum flexiblen und tragbaren Display fehlt weiterhin. Nur die wachsende Zahl vorführungsreifer Prototypen gibt Anlass zu der Vermutung, dass elektronisches Papier der dritten Generation tatsächlich

¹³ Kamburow (wie Anm. 12), S. 57.

kurz vor der Markteinführung steht. Die flexiblen Lesegeräte bräuchten dann nur noch eine Software und ein Portal, das ähnlich wie *Apples iTunes* den gesamten Lebenszyklus einer Nachricht oder eines Romans begleitet. Dann könnte E-Paper tatsächlich zu der lange versprochenen Erfolgsgeschichte werden. Das aber wird erst morgen abzusehen sein.

DAS NANOROBOTISCHE HAUTDISPLAY

VON ROBERT A. FREITAS JR.¹

Bei dem programmierbaren Hautdisplay handelt es sich um eine sehr effiziente Nanoroboter-aggregierte Benutzerschnittstelle. Pigmenttätowierungen², Feuermale, Blutschwämmchen (einfache Hämangiome) und anderen Muttermale sind ein eindeutiger Beleg dafür, dass kleine, biokompatible Partikel permanent in die Dermis implantiert werden können und über eine Zeitspanne von Jahrzehnten oder länger ihren Ort nicht verlassen. Dementsprechend könnten wohl auch Hautdisplays über sehr lange Zeiträume eine stabile Position einnehmen.

Nehmen Sie eine Population von ~ 3 Milliarden Display-Nanobots, die 200-300 Mikrometer tief unter der Hautoberfläche eingebettet werden und ein $6\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ großes Rechteck auf der ebenen Fläche des Handrückens oder der glatten inneren Oberfläche des Unterarms bedecken. Die Nanoroboter haben ein Volumen von $\sim 1\ \mu\text{m}^3$ und nehmen damit nur 1% des 300 mm^3 umfassenden Gewebevolumentums ‚vor Ort‘ ein. Bei einem angenommenen optimierten Wirkungsgrad von 10% für die ergooptische Konversion verbraucht jedes Device $\sim 10\text{ pW}$ für die Erzeugung sichtbarer Photonen in den gewünschten Farben und in einer Intensität von $\sim 1\text{ pW}/\mu\text{m}^2$ oder $1\text{ Watt}/\text{cm}^2$, um eine bequeme Sichtbarkeit zu ermöglichen.³ Sichtbare Photonen werden in 10-100 Mikrometer Tiefe vollständig gestreut, aber fast gar nicht absorbiert, sodass 50% der gestreuten Photonen, die am Ende die Hautoberfläche erreichen, ein diffuses Leuchten hervorrufen. Für die Installation und für Positionskorrekturen müssen die Display-Nanobots zumindest bis zu einem gewissen Grad mobil sein, und einige zusätzliche Nanodevices werden wahrscheinlich noch benötigt, um bei Rechenoperationen, Datenspeicherung, externer Kommunikation und anderen hauswirtschaftlichen Aufgaben zu helfen.

Bei einer Versorgung durch kontinuierlich verfügbare chemische Brennstoffe könnte die Anzeige nur 0,1 - 1 Sekunde lang arbeiten, bevor die Nanobots den

1 Im Original erschienen in: Freitas, Robert A. Jr.: *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Austin, Tex. 1999, S. 204-206 [Auszug aus Kapitel 7.4.6.7 „Macroscale Outmessaging Transducers“], <http://www.nanomedicine.com/NMI/7.4.6.7.htm>, 08.08.2007. Für den Abdruck in *Navigationen* hat der Autor den Titel geändert in „The Nanorobotic Dermal Display“.

Aus dem Amerikanischen übersetzt von Tristan Thielmann.

Die deutsche Übersetzung erfolgte mit Genehmigung des Autors. Eine Übersetzung in andere Sprachen wie auch jedwede anderweitige Verwendung des Textes ist nur mit Einwilligung des Autors gestattet.

2 Vgl. Sperry, Kris: „Tattoos & Tattooing: Part I: History and Methodology“, in: *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, Jg. 12, 1991, S. 313-319.

3 Vgl. Kapitel 5.3.7 in: Freitas, Robert A. Jr.: *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Austin, Tex. 1999.

gesamten Oxyglukosevorrat in dem begrenzten Gewebesvolumen vor Ort verbraucht hätten. Demzufolge ist es erforderlich, einen großen Energiepufferspeicher einzubauen, der (bei einer angenommenen Energiespeicherdichte von 10^{10} Joule/m³)⁴ 40% des Gerätevolumens einnehmen würde. Ein solcher Speicher würde eine Funktionsdauer von ~ 1000 Sekunden ermöglichen, sofern zu jedem Zeitpunkt nur 20% aller Pixel Photonen abstrahlen. Diese Energiemenge kann aus dem lokalen Oxyglukosenachschub innerhalb etwa eines Tages resorbiert werden. Daraus ergibt sich ein langfristiger Arbeitszyklus von $\sim 1\%$ (~ 14 Minuten/Tag) für die Anzeige, auch wenn der Puffer in Einzelfällen das Display bis zu ~ 21 Minuten lang betreiben kann, bevor er leer läuft. Diese Limitierung durch die Energieversorgung lässt sich vollständig umgehen, indem man zusätzliche Energie aus z.B. einer Armbanduhr-großen akustischen Quelle⁵, einem speziellen transvaskulären Energieorgan⁶ oder photovoltaischen Kollektoren (~ 30 pW/ μm^2 bei wolkenlosem Mittagshimmel; ~ 1 pW/ μm^2 in einem gut beleuchteten Raum)⁷ bereitstellt oder ein passives (reflektierendes) Display benutzt, das für einige Zwecke sicherlich genügen mag.

Eine Anordnung aus 3 Milliarden Nanobots kann so programmiert werden, dass sie viele Tausende verschiedener Anzeigen bilden. Jede Anzeigenkonfiguration ist fähig

1. zur Datenausgabe und Darstellung der Informationen, die über ein Kommunikationsnetzwerk von der größeren, überall im Körper verteilten In-vivo-Nanoroboter-Population empfangen wurden, und
2. zur Annahme einer Dateneingabe des Patienten und zur Weiterleitung der Daten (über das Kommunikationsnetzwerk) an geeignete interne Nanoroboter-Subpopulationen.

Auch Full-Motion-Animationen oder Videos könnten bis zum 10^7 -Bit/sec-Limit des mobilen Kommunikationsnetzwerks ausgestrahlt werden; Fasernetzwerke bieten sogar Datenübertragungsraten von bis zu $\sim 10^9$ Bit/sec⁸. Abbildung I - 8 zeigt eine Auswahl alternativer Displaydarstellungen (in natürlicher Größe) aus den vielen tausend vorstellbaren Möglichkeiten.⁹

4 Vgl. Kapitel 6.2.3 in: Freitas (wie Anm. 3).

5 Vgl. Kapitel 6.4.1 in: Freitas (wie Anm. 3).

6 Vgl. Kapitel 6.4.4 in: Freitas (wie Anm. 3).

7 Vgl. Kapitel 4.9.4 und 6.3.6 in: Freitas (wie Anm. 3).

8 Vgl. Kapitel 7.3.1 in: Freitas (wie Anm. 3).

9 Anm. d. Ü.: Freitas verweist im Originaltext auf eine vergleichbare, weniger detailliert ausgearbeitete Abbildung. Diese ist abrufbar unter: <http://www.nanomedicine.com/NMI/Figures/7.7A.jpg>, 08.08.2007. Die Nummerierung der Abbildungen wurde angepasst.

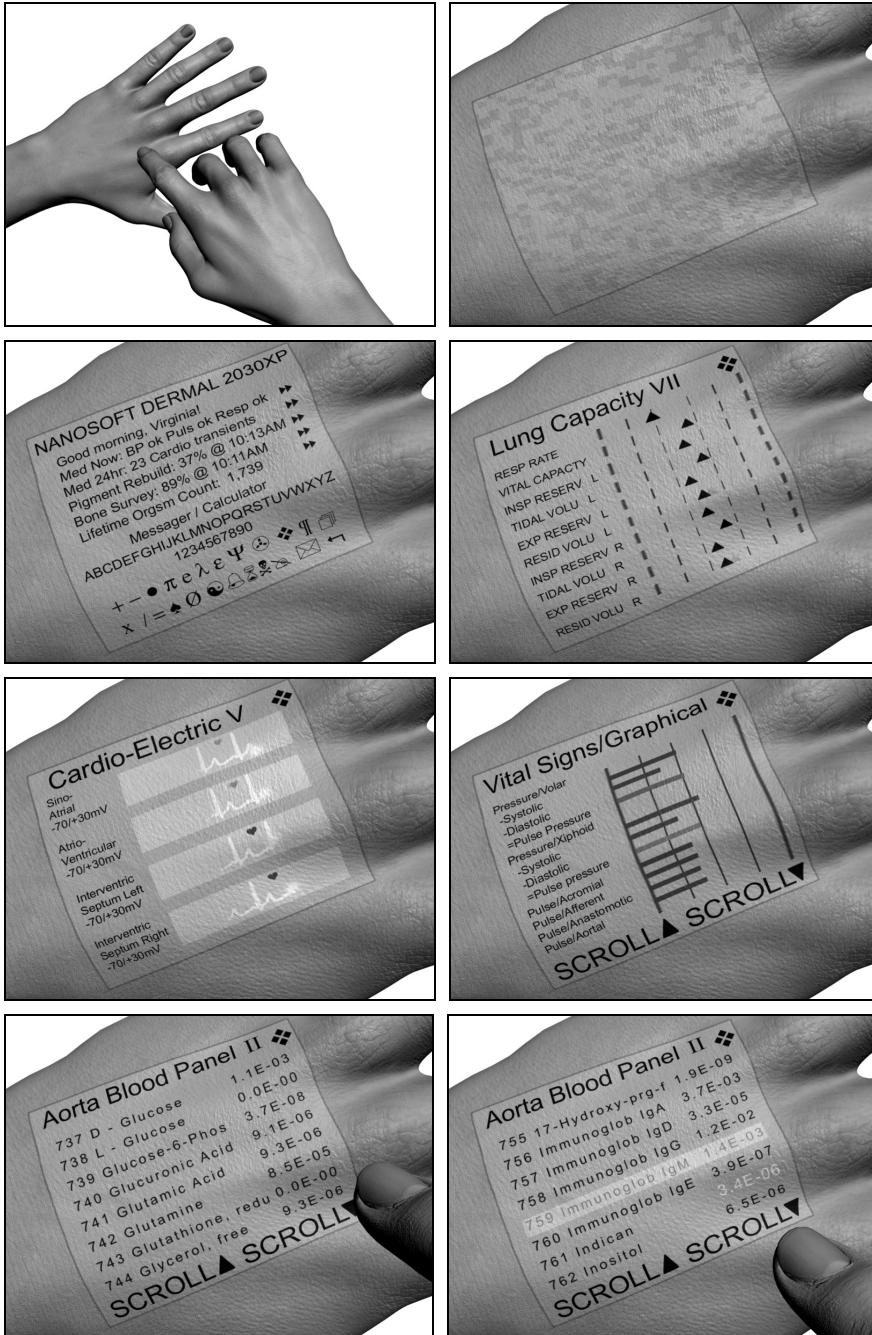


Abb. 1-8: Freitas' Hautdisplay illustriert von Gina Miller¹⁰.

10 Copyright © 2005 Gina Miller und Robert A. Freitas Jr.

Für die Informationszufuhr zum Display ist eine Population sensorischer Nanobots erforderlich, die im ganzen Körper verteilt und untereinander durch ein Kommunikationsnetzwerk verbunden sind. So erfordert beispielsweise das „Lebenszeichen“-Panel [„Vital Signs“ panel; Abb. 6, T.T.] die Stationierung mindestens eines Telemetrie-Nanoroboters in jeder von einigen hundert Arterien des menschlichen Körpers (oder eventuell auch hinter jeder Venenklappe des gesamten Venensystems¹¹), der periodisch die lokalen Blutdruckdaten übermittelt.

Die Anzeige selbst hat im dritten Beispiel („Messenger/Calculator“) 60 je $(0,5 \text{ cm})^2$ große Eingabetasten und ein $2 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ großes Ausgabefeld. In diesem Feld können 7 Reihen mit je 30 Zeichen angezeigt werden; dabei ist jedes Zeichen $(2 \text{ mm})^2$ groß und zwischen den Zeilen bleibt ein freier Raum von je 1 mm. Die Zeichen werden mit $500 \mu\text{m}$ breiten Linien geschrieben; das entspricht mehr als dem Zehnfachen des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges im normalen Leseabstand von 30 cm. Etwa 500 Millionen aktive Nanoroboter sind an der bildlichen Darstellung der 60 Eingabetasten beteiligt. Die Display-Nanobots im Gewebe sind durchschnittlich $\sim 5 \mu\text{m}$ voneinander entfernt, kontrollieren aber ihre relativen Positionen mindestens zehnmal pro Sekunde. Durch Berührung mit dem Finger [Abb. 7 und 8, T.T.¹²] wird die Haut um etwa 500 Mikrometer eingedrückt; dadurch kommt es zu heftigen und leicht registrierbaren Lageänderungen der darunter liegenden Nanodevices, aus denen auf die gewählte Taste geschlossen werden kann. Dehnung der Haut oder Beugebewegungen der angrenzenden Gelenke, die mit der Nachrichtenübertragung nichts zu tun haben, können ohne Schwierigkeiten von den Eingabeberührungen unterschieden werden. Die Anzeige kann durch Antippen der Haut mit dem Finger, zeitlich kodierte Händeklatschen oder Ähnliches aktiviert bzw. deaktiviert werden, und sie bleibt unsichtbar unter der Epidermis, solange sie nicht erleuchtet oder in Gebrauch ist.

Das Display könnte durch ausgeprägte Körperbehaarung oder besonders dunkle Hautpigmentierung gestört werden. Hämatome, Wundschorf, Schnitte oder Narben nach der Installation oder auch die Faltenbildung auf dem Handrücken könnten die Lesbarkeit der Anzeige teil- bzw. zeitweise beeinträchtigen. Die Positionskontrolle der Nanoroboter ermöglicht jedoch die nahezu perfekte Aufrechterhaltung der Anzeigengeometrie bis zum Abklingen der Verletzung, sofern es sich nicht um größere Abriss- oder Schnittwunden mit wesentlichem Gewebeerlust, um tiefe Verbrennungen, Exkorationen oder Skalpierungen handelt.

Anm. d. Ü.: Eine 3-minütige Animation des Hautdisplays ist abrufbar unter: <http://www.nanogirl.com/museumfuture/dermaldisplay.htm>, 08.08.2007. Millers Illustrationen ergänzen auf Wunsch des Autors diesen Artikel.

11 Anm. d. Ü.: An dieser Stelle verweist Freitas auf eine Abbildung, die abrufbar ist unter: <http://www.nanomedicine.com/NMI/Figures/8.3.jpg>, 08.08.2007.

12 Anm. d. Ü.: Freitas verweist im Originaltext auf eine vergleichbare, weniger detailliert ausgearbeitete Abbildung. Diese ist abrufbar unter: <http://www.nanomedicine.com/NMI/Figures/7.7B.jpg>, 08.08.2007.

Eine vergleichbare Technologie stellt 1998 ein $\sim 1 \text{ cm}^2$ großes, auf einem vollständig digitalen Chip [*Digital Micromirror Device*, T.T.] angebrachtes Projektionsdisplay dar, das von Texas Instruments entwickelt wurde und auf der Grundlage von 307.200 unabhängig voneinander drehbaren, winzigen Einzelspiegeln arbeitet.¹³ Jeder dieser Spiegel ist $16 \mu\text{m}^2$ groß und reflektierte durch Drehung um je $\pm 10^\circ$ farbige Lichtimpulse auf einen Bildschirm.¹⁴ Armbanduhrgröße persönliche Überwachungsgeräte für ein regelmäßiges Biomonitoring wurden von der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) in den Vereinigten Staaten¹⁵ sowie im privaten Sektor für die Sportmedizin¹⁶ entwickelt.

13 Anm. d. Ü.: Es handelt sich hierbei um das so genannte *Digital Light Processing* (DLP), eine von Texas Instruments patentierte Technologie, die in Video-Projektoren und Rückprojektions-Fernsehern Anwendung findet. Vgl. <http://www.dlp.com>, 08.08.2007.

14 Vgl. Cohen, Jon: „Interdisciplinary Talkfest Prompts Flurry of Questions“, in: *Science*, Vol. 270, 24.11.1995, S. 1294; Gabriel, Kaigham J.: „Engineering Microscopic Machines“, in: *Scientific American*, Jg. 273, Nr. 3, 1995, S. 150-153.

15 Vgl. Kind, Peter: „Personnel Status Monitor (PSM) System“, <http://www.sainc.com/arpa/abmet/sarcos.htm>, 08.08.2006. Vgl. auch Satava, Richard: „Combat Casualty Care“, <http://www.darpa.mil/arpa/tech-96/transcripts/satava.html>, 08.08.2006.

16 Vgl. Anderson, Ian: „Radio Transmitters Keep Tabs on Players“, in: *New Scientist*, Jg. 162, 05.06.1999.

NANOMEDIEN: DER DRITTE MEDIENUMBRUCH?

Ein Interview mit dem Nanoforscher
Robert A. Freitas Jr.

VON TRISTAN THIELMANN

2029: Das Einsetzen von Displays ins menschliche Auge ist an der Tagesordnung, wobei zwischen permanenten Implantaten und temporären Implantaten (vergleichbar den heutigen Kontaktlinsen) gewählt werden kann. [...] Eine Vielzahl von neuronalen Implantaten wird angeboten, die die Fähigkeit der visuellen und akustischen Wahrnehmung [...] erheblich steigern können. [...] Dreidimensionale, projizierte Holographiedisplays befinden sich weltweit im Einsatz. Mikroskopisch kleine nanotechnische Roboter verfügen nun über Mikrogehirne, die es von ihrer Geschwindigkeit und Kapazität her mit dem menschlichen Gehirn aufnehmen können. Vor allem in der Industrie werden diese ‚Nanobots‘ eingesetzt, zunehmend aber auch in der Medizin.¹

Diese Zukunftsvision des KI-Forschers Ray Kurzweil basiert auf der Idee, dass wir eines Tages, über Milliarden kleinster Nanoroboter in unserem Gehirn verfügen, die in der Lage sind, eine komplett immersive virtuelle Realität zu erzeugen. Bereits für 2019 hat Kurzweil die erste Benutzung dreidimensionaler Displays angekündigt, die allerdings noch nicht direkt auf das Gehirn wirken, sondern zunächst in Brillen oder Kontaktlinsen eingebaut sind. Retina(l)displays projizieren Bilder direkt auf die Netzhaut,² überlagern so als virtuelles Environment die ‚reale‘ Umgebung und sollen dabei sogar noch das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges übertreffen.³ „Diese implantierten visuellen Displays agieren zugleich wie Kameras und zeichnen visuelle Eindrücke auf, sind damit also Input- und Output-Geräte.“⁴ Was sich wie Science Fiction anhört, versucht der Nanowissenschaftler Robert A. Freitas Jr. in technischen Designstudien zu realisieren.

In *Engines of Creation* hat der US-amerikanische Ingenieur Eric Drexler schon 1986 das Konzept einer ‚Molekularen Nanotechnologie‘ entworfen, dessen Kern-

1 Kurzweil, Ray: *Homo S@piens. Leben im 21. Jahrhundert – Was bleibt vom Menschen?*, Köln 1999, S. 339.

2 Als Datenbrille wird ein solches ‚Virtual Retinal Display‘ seit 2004 von Microvision seriell hergestellt. Vgl. Seefeldt, Katja: „Der Monitor geht ins Auge. Ein neues Mini-Display schreibt Bilder direkt auf die menschliche Netzhaut“, in: *Telepolis*, 29.04.2004, <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/17/17313/1.html>, 08.08.2007. Vgl. auch <http://www.microvision.com>, 08.08.2007.

3 Vgl. Kurzweil (wie Anm. 1), S. 314-318.

4 Kurzweil (wie Anm. 1), S. 339.

stück winzige selbstreplizierende Nanoroboter sind.⁵ Diese auch Nanobots genannten ‚Maschinen‘ sollen in der Lage sein, mit Manipulatoren (Armen und Händen) einzelne Atome und Moleküle ‚anzufassen‘. Während sich Drexler von der Idee der Nanoroboter distanziert hat, arbeitet Robert Freitas daran, diese eines Tages als medizinische Werkzeuge einzusetzen. Bei der umstrittenen molekularen Nanotechnik geht es um Arbeiten auf der Ebene von Atomen, die nicht einmal Millionstel Millimeter (Nanometer) groß sind. Nahrung, Geld, Medien, schlicht alles, was der Mensch zum Leben benötigt, würde sich demnach aus einer Art „Nanonebel“⁶ mit „Schwarmintelligenz“⁷ entwickeln können – ein Stoff, den Michael Crichton zu seinem Thriller *Beute* verwoben hat⁸.

Zu den von Freitas geschilderten Fähigkeiten der Nanobots gehört nicht nur das Kommunizieren mit Organen, Geweben, Zellen und anderen Nanobots, sondern auch die Informationsübertragung [*messaging*] aus dem Körper heraus.⁹ Wie Kurzweils Vision zeigt, könnte insbesondere das okulare Messaging vom Nanorobot zum Menschen einen neuen Schritt in der Medienevolution darzustellen.

Für das Outmessaging¹⁰ bedarf es einer nanorobotischen Manipulation der sensorischen Kanäle, die der bewussten menschlichen Wahrnehmung zugänglich sind, wie der Seh-, Gehör-, Geschmacks-, Geruchs- oder Tastsinn. Hierzu müssten Nanobots einen der natürlichen Sinne überlagern: a) durch Erzeugung eines künstlichen Reizes, b) durch direkte Stimulation des Rezeptors zu einem Zeitpunkt, an dem kein natürlicher Stimulus vorliegt, oder c) durch Auslösung eines künstlichen Aktionspotentials in den afferenten Nerven, die die entsprechende Information vom Sensor zum Gehirn übertragen.¹¹

Beim okularen Outmessaging senden Freitas zufolge Nanobots Photonen direkt ins Auge und erzeugen so einen künstlichen visuellen Reiz. Das Retinaldisplay würde dabei von Photonen emittierende Nanobots ‚gespeist‘, die sich bei-

5 Vgl. Drexler, Eric: *Engines of Creation*, New York u.a. 1986. Das Buch beeinflusste nachhaltig die Cryonic-Bewegung der 1980er Jahre, deren Anhänger sich nach ihrem Tod einfrieren ließen, in der Hoffnung, durch die molekulare Nanotechnologie wiederbelebt zu werden.

6 Vgl. John Storrs Halls Konzept eines ‚Foglets-Nebels‘ in: Hall, John Storrs: „Utility Fog: A Universal Physical Substance“, in: NASA Lewis Research Center (Hrsg.): *Vision 21: Interdisciplinary Science and Engineering in the Era of Cyberspace*, Washington, DC 1993, S. 115-126.

7 Vgl. Bonabeau, Eric u.a.: *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*, New York u.a. 1999.

8 Vgl. Crichton, Michael: *Beute*, München 2002.

9 Vgl. Freitas, Robert A. Jr.: *Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities*, Austin, Tex. 1999, S. 188ff.

10 Kommunikationsdaten, die von einer extrarobotischen Quelle zu einem Nanoroboter fließen, werden als ‚Inmessaging‘ (Informationsaufnahme) bezeichnet. Ist der Nanorobot der Sender bzw. die Quelle der Datenübertragung wird dies als ‚Outmessaging‘ (Informationsabgabe) bezeichnet. Vgl. Freitas (wie Anm. 9), S. 188.

11 Vgl. Freitas (wie Anm. 9), S. 197.

spielsweise in der Lidbindehaut, auf der Kornea oder auch innerhalb einzelner Stäbchen und Zapfen befinden.¹² Je nachdem wo die Nanobots für das Retinaldisplay stationiert sind, unterscheidet Freitas zwischen der ‚Extraretinalen Projektion‘¹³, der ‚Foveaprojektion‘¹⁴, der ‚Ganglionstimulation‘¹⁵ und der ‚Direkten Photorezeptorstimulation‘, bei der in jedes der 256 Millionen Stäbchen und Zapfen des menschlichen Auges ein einzelner Photonen emittierender Nanoroboter platziert werden würde.

Die Nanorobotik wird aus medienwissenschaftlicher Sicht vor allem dann interessant, wenn sich In-vivo-Nanobots zu koordinierten Aggregaten verbinden, die groß genug sind, um die Wirkung eines makroskopischen [*macroscale*]¹⁶ Kommunikationsgerätes zu emulieren, wie beispielsweise subdermale Nanolautsprecher (*talking tattoos*) oder Hautdisplays. Hierzu führte ich mit Robert Freitas das folgende Interview.

Thielmann: Die Verheißungen der Nanowissenschaft bieten für die Medizin große Herausforderungen und Potentiale. Fast alle davon finden in Ihrem Buch *Nanomedicine, Volume I* Erwähnung, in dem Sie als erster Wissenschaftler die technischen Grundlagen für die medizinischen Anwendungen der Nanotechnologie und Nanorobotik diskutieren. In einem Kapitel, das wir in dieser *Navigations*-Ausgabe übersetzt haben, beschreiben Sie erstmals die Funktionsweise eines dermalen Displays. Wann glauben Sie, werden wir solche nanorobotischen Hautdisplays in Funktion sehen?

Freitas: Das programmierbare Hautdisplay stellt zurzeit noch ein rein theoretisches Design für ein künftiges implantierbares nanomedizinisches System dar. Um ein solches System herzustellen und einzubauen, muss man in der Zukunft zunächst einmal in der Lage sein, diamantartige Strukturen in einer Präzision aufzubauen, die bis auf die molekulare Ebene reicht. Dafür kann man die Rasterkraftmikroskopie oder ähnliche Methoden kombiniert mit den Verfahren der Diamant-Mechanosynthese¹⁷ einsetzen. Als nächstes muss dann die Möglichkeit

12 Vgl. Freitas (wie Anm. 9), S. 201f.

13 Dabei müssen die Photonen emittierenden Nanobots eine Photonenflussdichte erzeugen, die mindestens so hoch ist wie die vorhandene Lichteinstrahlung aus der Umgebung.

14 Die Fovea ist ein kleines Grübchen in der Macula lutea; sie liegt in der Verlängerung der Sehachse und stellt den Punkt des schärfsten Sehens dar.

15 Da die Netzhaut invers gebaut ist, können neurostimulatorische Nanoroboter, die auf der nach innen gerichteten Retinaoberfläche befestigt sind, künstliche Aktionspotentiale direkt in den Axonen der afferenten Ganglienzellen auslösen, die die Signale aus den Stäbchen und Zapfen zum Nervus opticus (dem zweiten Hirnnerven) übertragen.

16 Vgl. Hall, John Storrs: *Nanofuture. What's Next for Nanotechnology*, Amherst, N.Y. 2005, S. 319: „*Macroscale*: This refers to things and phenomena of ordinary size that behave the way we're use to.“

17 Anm. d. Ü.: Die ‚Mechanosynthese‘ bezeichnet ein Verfahren der ‚molekularen Fertigung‘, bei der ‚Assembler‘ gezielte einzelne Atome greifen und platzieren. Vgl. Drexler

geschaffen werden, daraus feste Bauteile herzustellen und sie zu Maschinensystemen zusammensetzen, bis hin zu Nanorobotern, und das in großen Mengen. Schließlich wird sich daran noch eine Phase der Sicherheits- und Biokompatibilitätstests für eine Zulassung durch die FDA (Food and Drug Administration, T.T.) anschließen. Aber ich würde mich nicht wundern, wenn die ersten solchen Systeme irgendwann in den 2020er Jahren verfügbar wären.

Thielmann: Können Sie noch einmal kurz schildern, wie die Visualisierung des Hautdisplays funktioniert?

Freitas: Wie die mehrfarbigen Pigmente in einer Tätowierung halten sich die Milliarden von Nanorobotern – von denen jeder die Größe eines Staubpartikels hat, das das menschliche Auge nicht mehr einzeln wahrnehmen kann – in den oberen Hautschichten auf und behalten immer ihre relative Position zueinander in der zuvor festgelegten Anordnung. Auf diese Weise bilden sie die Pixel eines Bildschirms. Wenn sie ausgeschaltet sind, emittieren die Nanoroboter kein Licht und die Haut nimmt ihre normale Färbung an. Wenn sie angeschaltet sind, emittieren die Nanobots Photonen, die die äußerste (relativ lichtdurchlässige) Schicht der Epidermis durchdringen und das sichtbare Display erzeugen. Licht wird durch LED-artige Strahler erzeugt, die in den oben liegenden Nanobots integriert sind. Die Nanoroboter zapfen lokale Sauerstoff- und Glukosequellen für ihre Energieversorgung an, können aber bei Bedarf auch die Leistung einer Reservebatterie oder andere Energiequellen nutzen.

Thielmann: Und wie würde man die Anzeige an- oder ausschalten?

Freitas: Kurz zusammengefasst: Das Display wird ausgeschaltet oder auf eine andere Anzeige umgeschaltet, indem man mit dem Finger das entsprechende Symbol auf dem Display berührt. Wenn das Hautdisplay ausgeschaltet ist, kann man es einschalten, indem man in einem kodierten Rhythmus im Bereich der Anzeige auf die Haut tippt. Die Nanoroboter überwachen die lokale Umgebung ständig auf solche Klopfsignale hin, und wenn sie die richtige kodierte Reihenfolge registrieren, fahren sie die Anzeige hoch und zeigen ein Startmenü auf dem Bildschirm. In der Animation ist der Kode ein einzelnes, gefolgt von einem zweimaligen Klopfen.¹⁸ Je nach Vorliebe wird der Nutzer vielleicht auch einfachere oder kompliziertere Aktivierungssequenzen wählen.

Thielmann: Um das Hautdisplay kontinuierlich mit Informationen zu versorgen, ist doch sicherlich auch ein Datenspeicher notwendig. Wo würden die entsprechenden Daten abgelegt werden – vielleicht in einem Pocket-PC?

(wie Anm. 5). Bei der ‚Diamant-Mechanosynthese‘ werden die molekularen Bausteine zu diamantartigen Strukturen zusammengefügt.

18 Anm. d. Ü.: Die hier von Freitas erwähnte Bewegtbild-Animation ist abrufbar unter: <http://www.nanogirl.com/museumfuture/dermaldisplay.htm>, 08.08.2007.

Freitas: Für ein medizinische Hautdisplay werden in Echtzeit Daten von Milliarden stationärer und mobiler Nanoroboter gesammelt, die sich – völlig unabhängig von den in der Haut eingebetteten Display-Nanorobotern – im Körper aufhalten. Diese Monitor-Nanobots können in Geweben, Knochen oder Blut lokalisiert sein. Sie geben die von ihnen ermittelten Daten über verschiedenste physiologische Parameter in Echtzeit zurück an ein Kommunikationsnetzwerk aus zusätzlichen Nanorobotern, die speziell für Kommunikations- und Netzwerkaufgaben konzipiert sind; und das dermale Anzeigesystem kann dieses interne Datennetz anzapfen und auf die relevanten Daten je nach Bedarf zugreifen. Riesige Datenmengen können dabei in kleinen Knotenpunkten zwischengespeichert werden, die wie eine Zweigbibliothek überall (im Inneren des Körpers) lokalisiert sind. Angenommen, die Datenspeicherdichte beträgt 1 Bit je 40 Kubiknanometer, wie es für mechanische RAM-artige Speicher der Fall ist und auch für ein Diamantstab-Schieberegister plausibel ist, dann könnten solche lokalen Datencaches $\sim 10^{16}$ Bit pro Kubikmillimeter speichern. Die Daten würden also im Körper des Nutzers abgelegt, nicht irgendwo außerhalb.

Thielmann: Ihr Hautdisplay zielt ja in erster Linie darauf, die Patienten in die Lage zu versetzen, ihren Krankheitszustand bis in Einzelheiten jederzeit selbst zu überprüfen, ohne dass sie dafür einen Arzt oder ein Labor aufsuchen müssen. Wird dabei nicht eine ungeheure Datenmenge anfallen?

Freitas: Die verfügbare Datenmenge wird immens sein. Die Daten werden bis ins feinste Detail gehen; sie können aktualisiert werden, so oft der Patient es wünscht oder es unter praktischen Gesichtspunkten sinnvoll ist, und sie können permanent in Datenknotenpunkten im Körper des Patienten gespeichert werden. Ärzten und Notdiensten kann der Zugriff auf diese Informationen gewährt werden, sodass sie sich in Sekundenschnelle wichtige Informationen herunterladen können, die sie heutzutage nur in Stunden oder Tagen einholen können – wenn sie sie denn überhaupt bekommen. Dadurch können die Mediziner schnellere und genauere Diagnosen stellen und den Behandlungsfortschritt buchstäblich im Sekundentakt überprüfen, indem sie die Auswirkungen ihrer Behandlung auf den Körper präzise und detailliert aufzeichnen. So kann durch die Beobachtung der Körperreaktion die Behandlung dann auch schneller, d.h. sekundenschnell, angepasst werden. Die Krankenakten werden im Körper des jeweiligen Patienten aufbewahrt, wodurch sich die heutigen Probleme von schlampiger medizinischer Dokumentation und fehlender Verfügbarkeit von Informationen bei einem Unfall weitgehend erledigen. Trägt der Patient seine Krankenakte im eigenen Körper, dann hat er auch das letzte Wort darüber, wer Einblick in seine medizinischen Daten erhält. Das Hautdisplay könnte übrigens auch als eingebauter Pocket-PC, PDA, iPod und Videorecorder in einem benutzt werden und müsste dabei noch nicht einmal aufgeladen werden oder neue Batterien bekommen, weil sie ja ihre Energieversorgung aus den normalen, körpereigenen Glukosevorräten des Nutzers bezieht; das kann doch richtig lustig werden!

Thielmann: In-vivo und epidermale Nanobots – also Nanoroboter im Körper und auf der Haut – können so programmiert werden, dass sie mobile Kommunizyten¹⁹ nutzen. Beispielsweise wurde bei IBM bereits 1996 ein Patch kreiert, das – auf der Hand eines Menschen befestigt – in der Lage war, kleinere Datenmengen über den Hautkontakt zu übertragen, wenn dieser Mensch einem anderen Menschen mit einem Empfänger-Patch die Hand schüttelte.²⁰ Mithilfe von Nanotechnologie und Nanorobotern könnte eine solche Informationsübertragung große Mengen von Daten umfassen. Wird es vielleicht in Zukunft möglich sein, eine ganze Bibliothek durch einen Händedruck zu übertragen?

Freitas: Kommunizyten hat man sich ursprünglich als In-vivo-Nachrichtenübermittler vorgestellt, aber sie könnten in abgewandelter Form auch dazu benutzt werden, bei einem Händedruck große Informationspakete zwischen verschiedenen Menschen zu befördern. Selbst lineare DNS kann 1 Bit pro Kubiknanometer speichern, und spiralig gewundene Molekülbänder aus Fluorcarbon können ~26 Bit/Kubiknanometer unterbringen. Ein Kommunizyt mit einem Datenspeicher von nur 1 Kubikmikrometer Volumen an Bord könnte also 26 Gigabit enthalten, und das in einem winzigen Volumen, das etwa dem eines kleinen Bakteriums entspricht.

Thielmann: Wie Sie in Kapitel 7 Ihres Buches *Nanomedicine, Volume I* erklären, besteht die besondere Fähigkeit der Nanorobots darin, zu kommunizieren. In Bezug auf die In-vivo-Kommunikation verweisen Sie auf die Möglichkeiten des akustischen/elektromagnetischen Broadcastings, elektrischer Kabelsysteme, postbotenartige Kommunizyten und Datenprotokolle wie TCP/IP. Das hört sich für mich als Medienwissenschaftler sehr bekannt an. Welche dieser kommunikationstechnologischen Modalitäten würden Sie für Nanorobotiksysteme präferieren?

Freitas: Jede der von Ihnen erwähnten Modalitäten könnte für Nanorobotiksysteme anwendbar sein. Die akustische Nachrichtenübermittlung erscheint besonders interessant für große Populationen von In-vivo-Nanobots, die im Körper nicht mehr als 100-200 Mikrometer voneinander entfernt und Bestandteile eines In-vivo-Kommunikationsnetzwerks sind. Dabei wird die Bandbreite allerdings wahrscheinlich auf 10 MHz oder weniger beschränkt sein. Kommunizyten sind im Prinzip mobile ‚Postboten‘, die große Informationsmengen relativ langsam befördern können – so ähnlich, wie wenn Sie Kisten voller Festplatten mit einem Lastwagen quer durch die Stadt fahren, anstatt die entsprechende Information elektronisch zu übermitteln. Über Glasfaser kann man Informationen mit großer

19 Vgl. Freitas (wie Anm. 9), S. 185: „A useful supplemental means of information transport throughout the body is a mobile mass-storage memory device called a communcycte. Communcyctes may serve an analogous function to postal carriers – messages are delivered to them, passed among them, and eventually delivered by them to the intended recipients. Mass mailings to selected recipient subpopulations are also possible.

20 Vgl. Ziegler, Peter-Michael: „Shake-Hands. Datentausch per Hautkontakt“, in: *heise mobil*, 31.10.2002, <http://www.heise.de/mobil/artikel/50880>, 08.08.2007.

Bandbreite kommunizieren. Wir könnten uns ein vielschichtiges System vorstellen, in dem Nanoroboter mit niedriger Bitrate mit lokalen Kommunikationsknotenpunkten kommunizieren. Jeder Knoten könnte lokal Informationen empfangen, übermitteln und speichern. Die Knoten wären durch optische Kabel miteinander verbunden, die über Output-Ports als Schnittstelle zu makroskopischen Verbindungen verfügen, so dass man Informationen in den Körper hinein, durch den Körper hindurch und aus dem Körper heraus transportieren könnte. Um Ihnen eine Vorstellung von den Größenordnungen zu geben: Diese Nanoroboter wären vielleicht einige Mikrometer groß, die Knoten hätten eine Größe von 10-100 Mikrometern, und die Glasfaserkabel zur Verbindung der Knoten könnten Durchmesser von Mikrometern oder Zehntelmikrometern haben. Natürlich müssten die fixen Elemente dieses Kommunikationsnetzwerks so entwickelt werden, dass sie auch über lange Zeiträume biokompatibel mit dem menschlichen Körper sind – dieses Thema habe ich ausführlich in *Nanomedicine, Volume IIA* diskutiert.²¹

Thielmann: Wenn einer der Schlüsselaspekte für die Realisierung des okularen Outmessagings eine Mindestbandbreite im Körper ist, die durch ein Glasfasernetzwerk ermöglicht werden soll, könnte man dann davon sprechen, dass es Parallelen zwischen der nanomedizinischen und der medientechnologischen Entwicklung gibt? Schließlich wurde die Medienevolution schon immer durch das Streben nach größerer Bandbreite zur Optimierung der Kommunikation bestimmt. Und sehen Sie in diesem Zusammenhang vielleicht sogar eine Verbindung zwischen der Diskussion um medientechnologische und nanotechnologische Potentialen und Ängste? Ich denke hier insbesondere an die Frage, ob der Open-Source-Ansatz auch für die Nanotechnologie anwendbar ist.

Freitas: Die Ausweitung der Medien in den menschlichen Körper hinein ist ja nur eine Fortsetzung der ständig zunehmenden Durchdringung unseres Lebens mit Kommunikationen jeder Art. Die Kommunikation hat eine jahrhundertlange Entwicklung hin zu immer größerer Geschwindigkeit, Bandbreite, Wiedergabetreue und inhaltlicher Vielfalt der Informationsübermittlung hinter sich, und dieser Trend setzt sich jetzt fort in den menschlichen Körper hinein. Das programmierbare Hautdisplay ist dafür ein gutes Beispiel, aber es selbst stellt eigentlich nur die Schnittstelle für den Nutzer dar, die Spitze eines riesigen Eisbergs aus Kommunikations- und Datenübertragungsaktivitäten, die dann innerhalb des Körpers oder auch zwischen den Maschinen im Körper und der äußeren Welt ablaufen. Es gibt ja bereits Autos, die automatisch ein Fehlersuchprogramm ablaufen lassen und das Ergebnis dann über ein äußeres Netzwerk an den Eigentümer übermitteln. In ähnlicher Weise könnten Daten aus jedem Ihrer Organe in Realtime an die jeweiligen medizinischen Spezialisten übermittelt werden – aus Ihrem Herzen gehen die Daten an Ihren Kardiologen, aus dem Dickdarm zum Gastroenterologen und

21 Vgl. Freitas, Robert A.: *Nanomedicine, Volume IIA: Biocompatibility*, Richardson, Tex. 2003. Abrufbar unter: <http://www.nanomedicine.com/NMIIA.htm>, 08.08.2007.

so weiter –, wo sie professionell Tag und Nacht überwacht werden. Eines Tages könnten Sie also eine Email von Ihrem Kardiologen bekommen, in der drin steht, dass Sie Ihr Herz zu ihm in die Sprechstunde bringen müssen, damit er es mal eben auf Vordermann bringen kann – obwohl Sie selbst noch gar nicht bemerkt hatten, dass irgendetwas nicht in Ordnung ist. Solche neuen Technologien machen manchen Menschen Angst, aber da die sie nachweislich zuverlässig und ohne unerwünschte Nebenwirkungen Leben retten können, werden sie sicher allmählich als normal akzeptiert werden – so wie auch Narkosen und Antibiotika in der heutigen Medizin zu normalen und nicht mehr beängstigenden Technologien geworden sind.

Thielmann: Einige Ihrer Anwendungen, wie das extraretinale Display für das okulare Outmessaging oder das Hautdisplay als ein ‚makroskopisches‘ Kommunikationsmedium, sind von Ihnen entwickelt worden, um Patienten medizinische Informationen zur Verfügung zu stellen. Werden diese Nanomedien Ihrer Ansicht nach die Mediennutzung grundsätzlich und radikal verändern? Und glauben Sie, dass Nano- und Quantencomputing eine disruptive Technologie sind, die eine neue Medienepoche einläuten – vielleicht in ähnlicher Weise, wie dies beim Medienumbuch von analogen zu digitalen Medien stattgefunden hat?

Freitas: Ich denke die Antwort ist ja. So wie digitale Medien in vielen Fällen die analogen Medien ersetzt haben, sind nanotechnologische Medien in der Lage, den Rundfunk durch einen Zielfunk [*narrowcasting*] zu ersetzen. Und wenn ich ‚Zielfunk‘ sage, meine ich: extrem gezielt! Informationen können dabei nicht nur gezielt an eine bestimmte Person übermittelt werden, sondern zu oder von den einzelnen Organen, Geweben oder sogar Zellen eines Menschen, inklusive den Zellen von Auge, Ohr oder gar Gehirn. Die Möglichkeiten sind hier wirklich atemberaubend.

FOKUS MEDIENUMBRÜCHE

DISPLAY II

NAVIGATIONEN

MEDIUM ALS SELBSTAFFEKTION

VON RÜDIGER CAMPE

Für Leser von Nicholson Bakers Roman *Vox*, der 1992 erschien, ist nicht schwer zu verstehen, was das Medium, zum Beispiel das Medium der telefonischen Stimme, mit Selbstaffektion zu tun hat. Die Reden der Telephonierenden, die sich in der einen gemeinsamen *Vox* des Titels und der telematischen Übertragung sammeln, beziehen sich auf nichts anderes als ihre sich selbst berührenden Körper und wieder auf andere Medien, die an Körper angeschlossen sind, die sich selbst berühren.¹ Nicholson Bakers Roman ist kategorial pornographisch – die ganze Blumenbergsche Wirklichkeit, alle mögliche Welt, dieses Romans² ist ein Ensemble aus Körpern und Sensorien, die sich von andern Körpern reden hören und von anderen Sensorien berührt fühlen. Man wundert sich nicht, dass Kenneth Starr, der Sonderankläger, gern herausgefunden hätte, ob die Buchhandlung Barnes & Noble am Dupont Circle in Washington D.C. Monica Lewinski ein Exemplar dieses Romans verkauft hatte. Die *Washington Post* jedenfalls berichtete, sie habe dem Präsidenten ein Exemplar geschenkt.

Aber nicht darum geht es hier – oder jedenfalls braucht es etwas Umweg, und vielleicht Entsagung, um in die 90er Jahre des letzten Jahrhunderts und zu den Medien ihrer Selbstaffektionen zurück zu kommen. Mein Umweg soll drei weit von einander entfernt liegende Punkte zumindestens in Form einer Skizze mit einander verbinden: den Begriff der Selbstaffektion, der modernen Ursprungs ist; die Praktik kommunikativer Selbstaffektion, deren Beschreibungen und Regeln aus der Antike stammen; und ein Beispiel von Selbstaffektion, das den Bedingungen eines technischen Mediums – der Telephonie – geschuldet ist. Der Ertrag ist eine Erkundung dessen, was Selbstaffektion heißt; aber gleichzeitig damit auch – wie im Fall der Selbstaffektion, die mehr ist als ein bloßes Beispiel –, was es heißt, von Medien zu sprechen.

I.

Selbstaffektion ist ein Begriff aus der neuzeitlichen Subjekttheorie; und es ist ein Begriff mit ausgeprägt metaphorischen Anklängen. Jacques Derrida hat ihn als letzter prominent gemacht in seiner Interpretation von Husserls *Logischen Untersuchungen*, die er 1967 unter dem Titel *La voix et le phénomène* publiziert hat. Wie akademisch ihr Gegenstand auch war, Bakers spätere Replik auf den Titel kommt

1 Baker, Nicholson: *Vox: A Novel*, New York 1993.

2 Blumenberg, Hans: „Wirklichkeitsbegriff und Möglichkeit des Romans“ [1964], in: *Ästhetische und metaphorologische Schriften*, Auswahl und Nachwort v. Anselm Haverkamp, Frankfurt a.M. 2001.

dennoch nicht von ungefähr.³ Denn unverkennbar gehört Derridas Buch über Husserl jenen französischen 1960er Jahren an, die dann unter anderem in den amerikanischen 90ern zu Ende gingen. Der Gebrauch, den Derrida vom Konzept und der Metaphorik der Selbstaffektion macht und die zumindestens impliziten Hinweise auf die explodierenden Arsenale der Speicher- und Übertragungsmedien gehören nicht am wenigstens zu den Gliedern, die die drei Jahrzehnte und die beiden Kulturen verbinden. Abgesetzt ist der Begriff der Selbstaffektion in Derridas Lesart von der herkömmlich im Vordergrund der Philosophie stehenden Weise der Selbstbeziehung, die über das Spiegelbild und, mit Rodolphe Gasché zu sprechen, den *Tain of the Mirror* verläuft.⁴ Vernehmen und Verstehen der eigenen Stimme beim Sprechen, wie es Derrida aus Husserls Überlegungen heraushörte, ist gegenüber der visuellen *Selbstidentifizierung* im Spiegel eine rekursive Figur der *Bedeutungskonstitution*: Während beim spekulären Moment⁵ vorrangig die Identität einer Instanz für die Identifizierung von Gegenständen gewährleistet werden soll, geht es beim Selbsthören in erster Linie um eine Rückführung der Weise, Bedeutung zu manifestieren, auf den psychophysischen Träger der Zeichenproduktion und -rezeption – auf das also, was die Phänomenologen den Leib genannt haben. Sicher braucht auch die Rücklenkung des Blicks auf sich selbst sowohl einen Ausschnitt des Körpers wie die Materialität eines Mediums. Zumindest auf das zweite weist Gasché's Buchtitel *Tain of the Mirror* hin. Aber im identifikatorischen visuellen Akt wird der körperliche und mediale Zwischenschritt doch gerade ausgeblendet; während er in der auditiven oder taktilen Materialität der Kommunikation⁶ und der gegenseitigen Implikation von Leib und Bedeutung hervorgehoben ist.⁷ In dieser mehr noch als von Husserl selbst von Heidegger herührenden und von Merleau-Ponty neu inspirierten Wendung der Selbstaffektion, hatte Derrida aber letztlich zurückgegriffen auf einen Terminus gerade aus Kants *Transzendentaler Ästhetik*. Dort bezeichnet Selbstaffektion ein besonderes Moment in dem, was im *Opus postumum* Selbstsetzung heißen wird. Selbstaffektion ist in der „Ersten Kritik“ nicht ein Gegenstück zur Selbstsetzung als Körper, sondern ein eingelegetes Zwischenstück in ihm. „Die Aufgabe der *Selbstsetzungslehre*“, schreibt Eckart Förster in seiner maßgebenden Interpretation, „ist es gerade zu zeigen, wie Ich als reines Gedankenobjekt (*cogitabile*) ein empirisches, in Zeit und

-
- 3 Derrida, Jacques: *Die Stimme und das Phänomen*, übersetzt v. Jochen Hörisch, Frankfurt a.M. 1979.
 - 4 Gasché, Rodolphe: *The Tain of the Mirror. Derrida and the Philosophy of Reflection*, Cambridge (MA) 1986.
 - 5 Wellbery, David E.: *The Specular Moment. Goethe's Early Lyric and the Beginnings of Romanticism*, Stanford 1996.
 - 6 Zum Stichwort vgl. Gumbrecht, Hans Ulrich/Pfeiffer, K. Ludwig (Hrsg.): *Materialität der Kommunikation*, Frankfurt a.M. 1995.
 - 7 Die aktuell vielleicht am weitesten geführte Fortsetzung der Diskussion, die Derrida unter dem Titel Selbstaffektion in den Husserl-Studien begonnen hat, findet sich bei Nancy, Jean-Luc : *A l'écoute*, Paris 2002.

Raum gegebenes Objekt (*dabile*) werden kann.“⁸ Selbstaffektion hat in dieser Verkörperung des transzendentalen Ich die Funktion der Grenzüberschreitung. Selbstaffizierend überschreitet man die Grenze zwischen *cogitabile* und *dabile*: In der Selbstaffektion erscheint der passiv hinnehmenden Sinnlichkeit die reine und letztlich der Identifizierung dienende Formgebung⁹ (die Kategorialität von Raum und Zeit nämlich) als eine aktive Wirkung, die auf sie als bloße Empfänglichkeit einwirkt. An der Materie, die der Sinnlichkeit gegeben wird, nimmt sie, sich selbst affizierend, ihre eigene Formungskraft mit hin, wenn sie das Gegebene sich zur Anschauung bringt. Mit den Gegenständen, die dem Gemüt in der Anschauung gegeben werden, erscheint ihm so auch es selbst als Anschauung Gebendes. Das geschieht aber wieder nur in der durch sie selbst gegebenen Anschauung. Selbstaffektion spielt so in den Grenzen der Anschauung (im Kantischen Wortsinn, der nicht Visualität meint, aber vorstellende Versinnlichung doch am Modell der Visualität ausrichtet) und in ihnen ausschließlich. Aber in diesen Grenzen vollzieht sie, empirisch und in raumzeitlicher Erscheinung, die Peripetie des Dramas der Selbstbeziehung durch Selbsteinwirkung und Selbstberührung. Darauf ist zurück zu kommen.

Mein Vorschlag zielt nun darauf, die Figur der Selbstaffektion bei Kant als eine Art theoretischer Engführung zu verstehen, die anschließbar ist an rhetorische Vergangenheiten und an mediale Zukünfte – die mit der *Institutionalität* der rhetorischen Situation und der ihr eigenen Selbstaffektion ebenso verbunden ist wie mit der *Technologie* der Medien und ihrer Schnittstellen. Kurz, der Vorschlag lautet: Anstatt Selbstaffektion als einen genuin philosophischen Begriff zu behandeln, den es in die Erörterung kommunikativer und medialer Fragen einzubringen gilt,¹⁰ möchte ich die Rolle der rhetorischen und der medialen Selbstaffektionen *in* der Engführung der Philosophie zum Thema machen. Selbstaffektion, das ist die These, ist in seiner philosophischen Bedeutung ein medienrhetorischer Begriff. Umgekehrt ist Medienrhetorik das Feld einer Forschung, die paradigmatisch vom Punkt der Selbstaffektion ausgeht, den die Philosophie als ihren bestimmt.

Jacques Derrida hat Selbstaffektion auf das Sich-Sprechen-Vernehmen nicht nur, aber besonders im Selbstgespräch bezogen. Husserl hatte es nach Derridas Nachweis in den *Untersuchungen* zum wesentlichen Schauplatz seiner Bestimmungen von Sinn und Bedeutung gemacht:

8 Förster, Eckart: *Kant's Final Synthesis. An Essay on the 'Opus postumum'*, Cambridge (MA) 2000, S. 103.

9 Zur proto-epistemischen Funktion der Form in Kants Ästhetik vgl. Gasché, Rodolphe: *The Idea of Form. Rethinking Kant's Aesthetics*, Stanford 2003.

10 So geht vor: Clough, Patricia T.: *Autoaffection. Unconscious Thought in the Age of Tele-technology*, Minneapolis/London 2000.

[...] es ist der Struktur der Rede implizit, daß der Sprecher sich *vernimmt*: daß er die sinnliche Form der Phoneme wahrnimmt und zugleich seine eigne Ausdrucksintention versteht.¹¹

In der Zeit des eigenen Sprechens sein Sprechen vernehmen oder verstehen, gehört einerseits in die Reihe der Selbstbeziehungen wie: sich selbst berühren, sich empfinden, das eigene Bild im Spiegel sehen usw. Gegenüber diesen Allomorphen *im empirischen Paradigma physiologischer und medialer Selbstbeziehungen* hat Sich-Sprechen-Vernehmen in Derridas Interpretation eine besondere Pointe: Es bezieht Bedeutung und Phänomenstruktur am engsten aufeinander.¹² Im Phonem, sagt Derrida, gibt es so gut wie *keinen Unterschied* zwischen dem Element der Bedeutung und der Gegenwart der verlautenden Stimme.¹³ Seine Stimme sprechen vernehmen und verstehen ist die ständige Tilgung dieser Unterscheidung und damit die Begründungsszene der geglückten Selbstbeziehung. Präsenz und Bedeutung berühren einander im Selbstbegründungsakt. Andererseits ist Sich-Sprechen-Vernehmen für Derrida aber auch das nahe liegende Beispiel in einem *rein strukturellen*, im philosophischen Sinne: *begriffsemblematischen Paradigma*. Es gehört in das Paradigma der Begründungsfiguren, die von *Differenz* aus starten. In diesem strukturell paradigmatischen, im begrifflichen Sinne emblematischen Zusammenhang ist es nun gerade entscheidend, dass eben doch der Laut und die Stimme, das Phonem und die Gegenwart des Verlautens, eine wie immer minimale *Differenz* innerhalb des Begründungsakts markieren und festhalten. In dieser Hinsicht steht das Sich-Sprechen-Vernehmen für Derrida in der Reihe von quasi-transzendentalen Begriffen mit metaphorischen Anklängen wie: Zeitigung, Supplement, Spur.¹⁴

Sich-Sprechen-Vernehmen, das medienrhetorische Beispiel, steht damit auf beiden Seiten des Unterschieds zwischen dem empirischen (dem psychophysiologischen und medialen) und dem emblematischen Paradigma (dem strukturell begrifflichen Paradigma). Es kommt in beiden Beispielreihen vor, die in ihrem Bezug aufeinander das eine Paradigma der Selbstsetzung, seiner Problemstruktur *und* seiner Verkörperung, bilden. Selbstaffektion ist *cogitabile und dabile*, Begriff und Leib, Struktur und mediale Schaltung – nicht in ein und demselben Sinne, aber in einem auf einander verweisenden, unter einander verstrebtten Zusammenhang. Es ist dieses Vor- und Zurückspringenden zwischen reiner Struktur auf der einen und leiblicher oder technischer Konkretion auf der anderen Seite, was das Flair von Begriff und metaphorischen Anklängen in der Selbstaffektion ausmachte und

11 Derrida (wie Anm. 3), S. 131-135; zit. S. 135.

12 Derrida (wie Anm. 3), S. 135f.

13 Derrida (wie Anm. 3), S. 132f.

14 Derrida (wie Anm. 3), S. 139-144. Den Begriff des Quasi-Transzendenten, in Hinsicht auf Derrida, entwickelt Rodolphe Gasché in *The Tain of the Mirror* im Zusammenhang mit der Metapher; vgl. Gasché (wie Anm. 4), S. 293-318; auf der Seite der transzendentalen Begriffe entspricht dem das Konzept der *infrastructures*, ebd., S. 177-251.

sie für das Ambiente einer bestimmten Denkstimmung zwischen den 60er und den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts so attraktiv werden ließ. Es war das Flair einer Pornographie am Begrifflichen.

Aber der Bezug zwischen dem cogitabile und dem dabile – so lautete Försters Kant-Interpretation – entspricht in Kants „Erster Kritik“ gerade auch der Aufgabe der Selbstsetzungslehre und der Selbstaffektion in ihr im Besonderen. Das Verständnis von Selbstsetzung und Selbstaffektion soll zeigen, wie das nur zu denkende transzendente Ich, das das Ich des Denkens und der Spontaneität ist, ein raumzeitlich zu gebendes Objekt werden kann und sich damit Wirkungen und Reizungen aussetzt.

Im Zusammenhang meiner Überlegung hier ist es nun wichtig zu verstehen, in welchem Kontext sich Kant zuerst die Rede vom ‚sich-selbst-affizieren‘ aufge-drängt hat. Das Substantiv ‚Selbstaffektion‘ und damit kann man auch sagen: den Begriff der Selbstaffektion hat erst Heidegger in seiner Interpretation der Kant-Stelle aus der *Kritik der reinen Vernunft* gebildet.¹⁵ Das Verb ‚sich-selbst-affizieren‘ benutzt Kant in den „Allgemeinen Anmerkungen zur transzendentalen Ästhetik“, einer Art Nachlese zur Erörterung der reinen Anschauungen Raum und Zeit. Ohne ‚sich-selbst-affizieren‘ gibt es keine sinnliche Wahrnehmung oder Anschauung, und darum kann es ohne es für Kant auch keine zur Erkenntnis immer nötige Erfahrung geben. In der Nachlese geht es Kant darum, noch einmal deutlich zu machen, was „Ästhetik“ überhaupt heißt, und warum „transzendente Ästhetik“ an dieser Stelle (der Stelle der Anschauung und ihrer Bedeutung für die Erkenntnis) zu erörtern ist. Kant eröffnet seine Anmerkungen mit der Feststellung, es werde „nötig sein, [...] so deutlich, als möglich, zu erklären, was in Ansehung der Grundbeschaffenheit der sinnlichen Erkenntnis überhaupt [seiner] Meinung sei.“¹⁶ Damit ruft er die Definition der Ästhetik ins Gedächtnis, die rund dreißig Jahre vorher, 1750/1758, der Erfinder der akademischen Disziplin der Ästhetik, Gottfried Alexander Baumgarten, gegeben hatte. Ästhetik sollte ihm zufolge ‚sinnliche Erkenntnis‘ oder ‚cognitio sensitiva‘ behandeln.¹⁷ Dass es sich bei der sinnlichen Wahrnehmung bereits um eine, wenn auch dunkle, Form der Erkenntnis handele, war die These der Baumgartenschen *Ästhetik* gewesen. Kunst, Literatur und Rhetorik waren hervorgehoben als das Feld, auf dem sich sinnliche Erkenntnisse beobachten lassen, die trotz ihrer Dunkelheit einer formalen Perfektibilität und darum der kunstmäßigen Behandlung fähig seien. Dass aber bildende Künste, Literatur und Rhetorik auch nur der Fokus sinnlicher Erkenntnis, nicht aber der gemeinte Gegenstand seiner Ästhetik sind, wird in Seitenbemerkungen klar, in denen Baumgarten als ein weiteres Feld für die Beobachtung sinnlicher Erkenntnis

15 Heidegger, Martin: *Kant und das Problem der Metaphysik*, Frankfurt a.M. 61998, § 34.

16 Kant, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft*, B59.

17 Baumgarten, Alexander Gottlieb: *Aesthetica* [1750/1758], Nachdruck der 1. Auflagen, Hildesheim/New York 1970; die augenblicklich am besten zugänglichen Teilübersetzungen in: Baumgarten, Alexander Gottlieb: *Texte zur Grundlegung der Ästhetik*, übersetzt und kommentiert v. Rudolf Schweizer, Hamburg 1983.

die Kunst der Observation in der Naturforschung anführt: Schriften des englischen Physikers und Philosophen Robert Boyle nennt er und andere Autoritäten des Experiments und seiner Beobachtung. Um zu verstehen was Ästhetik sei, sagt Baumgarten, empfehle er sogar die Untersuchung von Medien der Beobachtung – von Fernrohren und Mikroskopen, Messgeräten der Feuchtigkeit oder Elektrizität.¹⁸ Rhetorische Poetik einerseits (alias Literatur oder Schöne Kunst) und apparategestützte Beobachtung andererseits machen also das Feld der Beobachtbarkeit sinnlicher Erkenntnis oder Baumgartenscher Ästhetik aus.

Auf diesem Feld zwischen rhetorischem Herkommen und zeitgenössischem experimentalem Mediengebrauch interveniert nun Kant.¹⁹ Er tut das, wie er in den „Allgemeinen Anmerkungen“ hervorhebt, zweifach: *Erstens* erklärt Kant, dass Baumgartens ‚sinnliche Erkenntnis‘ ein hölzernes Eisen ist, ein Widerspruch in sich. Die sinnliche Wahrnehmung ist nicht etwa eine dunkle, dem klaren Erkennen der Gegenstände noch nicht gänzlich angemessene, Art der Erkenntnis. Sinnlichkeit ist überhaupt keine Erkenntnis; wohl aber, als Erfahrung, für alle Erkenntnis erforderlich. Durch die Sinnlichkeit werden uns Dinge als Gegenstände möglicher Erkenntnis gegeben. Dieses Gegebenwerden durch die sinnlichen Auffassungsweisen ist weniger und mehr als Baumgartens *cognitio sensitiva*: weniger insofern als es keinerlei Gemeinsamkeit mit Erkenntnis hat; mehr weil ohne es überhaupt keine Erkenntnis möglich ist. Sinnlich Gegebenwerden meint zunächst ein reines Einwirken der Gegenstände auf die Sinne. Das ist es, was von den Sinnen und ihrer Tätigkeit her gesagt ‚Affektion‘ heißt: Affiziert wird, was sich Wirkungen aussetzt, Wirkungen empfängt und Wirkungen registriert. Der zweite Punkt Kants modifiziert diese kategoriale Scheidung und funktionale Verklammerung zwischen Sinnlichkeit und Erkenntnis wieder. Oder in einer anderen Theoriesprache gesagt: Der zweite Punkt wiederholt die Scheidung und Verklammerung im Bereich des Unterschiedenen und Verklammerten. Nicht durch das reine Gegebensein der Gegenstände und nicht als das bloße Affiziertwerden der Sinne wird Sinnlichkeit zum anderen und zur notwendigen Voraussetzung der Erkenntnis. Das ist erst in einer grundlegenden Formung der Sinnesdaten der Fall, die Kant Anschauung nennt. Anschauung ist zwar weiterhin nicht Erkenntnis und ist erst tatsächlich dasjenige, worauf Erkenntnis sich einzig bezieht – aber in der Folge der grundlegenden Formung ist die Anschauung nicht mehr einfach rohe Affiziertheit. Anschauung erfordert die Gestaltung der jeweiligen sinnlichen Affektionen durch die ihnen jenseits ihrer physiologischen Eigenheiten auferlegten reinen Formen des Raums und der Zeit. Raum und Zeit sind die reinen Formen der Anschauung. Sie entstammen nicht den Sinnen und ihrem Affiziertwerden, sondern einer Vorgabe, ja: einer Tätigkeit und Spontaneität auf Seiten des Subjekts. In den Anschauungen,

18 Vgl. Baumgarten, Alexander Gottlieb: „Philosophischer Briefe Zweites Schreiben“, in: Baumgarten (wie Anm. 17), S. 70-72.

19 Mit zeitgenössischem Mediengebrauch im Feld der experimentalen Naturordnung ist hier, den von Baumgarten angegebenen Autoren folgend, insbesondere die *experimental philosophy* der Royal Society in London seit der Mitte des 17. Jahrhunderts gemeint.

die aus Einwirkungen auf die Sinne resultieren, die Wirkungen dieser Formvorgaben mit anschauen heißt: sich selbst affizieren. Indem man in den Wirkungen der Gegenstände auf die Sinne, das heißt in ihrem Affiziertwerden, die Formvorgaben Raum und Zeit mit anschaut, schaut man das Anschauungwerden der Anschauungen an. In der Form der Anschauung schaut man den Formalismus mit an, der Formen im Gemüt setzt, wie Kant sich ausdrückt. Das Anschauungwerden schaut man aber eben nur *mit* an, es ist *nur* als Anschauung (d.h. in der Erscheinung) gegeben; nur als Affektion, nicht als die Selbsttätigkeit des Gemüts, die es an sich ist. Soweit heißt ‚sich-selbst-affizieren‘: Formen als Wirkungen von formenden Kräften anschauen. Und nur in dieser Selbstaffektion durch Formen der Anschauung gibt es Formen in der Anschauung. Das ist die Bedeutung der Selbstaffektion für Anschauung und Erkenntnis: Ohne Selbstaffektion gäbe es nur Affiziertheiten, keine Anschauung. Im Anschauungwerden der Anschauung ist eine Beziehung der Sinnlichkeit zu sich selbst impliziert. In der Selbstaffektion schaut das leibliche Ich sich selbst in seiner affizierenden Spontaneität an. Aber es tut das nur *in* seinen Affektionen oder Anschauungen, nicht in der Tätigkeit des formenden Affizierens selbst: „wie es sich erscheint, nicht wie es ist“.²⁰

In Anschauungen die Formen der Anschauung anschauen ist also einerseits ein Erstes und andererseits ein Abgeleitetes. Es ist ein Erstes, weil es ohne die Anschauung der Formen der Anschauung in der Anschauung keine Anschauung gäbe – wir haben also ein rekursives Verhältnis als Startbedingung. Andererseits ist es ein Abgeleitetes, weil diese Startbedingung ihrerseits selbst nur als Anschauung auftaucht – es ist dieses Erste nur so, wie es im Verlaufe des Prozesses erscheint, den es als erstes angestoßen hat.

2.

Sich als Gegenstand der Einwirkung seiner selbst auffassen, ist also auf der einen Seite absolute Selbstermächtigung: Das Subjekt wird das in unbeschränkter Spontaneität auf sich selbst Einwirkende. Aber es stellt auf der anderen Seite auch eine endlose Serie von Niederlagen dar: So oft man sich auch diese Selbstermächtigung vorzuführen versucht, man ergreift den Augenblick des Affizierens niemals selbst, sondern immer nur in sinnlicher Erfahrung als Widerschein in der Kette von Affiziertheiten. In der Reduktion auf diese formale Analyse sieht man nun, dass Kants Gebrauch von ‚sich-selbst-affizieren‘ die theoretische, auf Selbstidentifikation ausgerichtete Engführung einer Figur ist, die man rhetorisch *und* mediengeschichtlich auffassen kann. ‚Sich-selbst-affizieren‘ erinnert daran, was Affekt, Affizieren und den Affekt in sich durch das Bild des Affekts Induzieren in der rhetorischen Tradition einmal geheißt hat. Es lässt sich aber auch verstehen als Überformung der Rezeptivität (zum Beispiel eines McLuhanschen Zentralnerven-

20 Kant (wie Anm. 16), B68.

systems²¹) durch aufgesetzte technologische Rezeptoren, bzw. als Festsetzung der Regelungsbedingungen für eine gegebene Population von Körpern (wie es im Kittlerschen Konzept unserer Lage, die die Medien bestimmen, der Fall ist²²). Die rhetorischen Strategien der Selbstaffektion oder die Selbstaffektion des Menschen im Sinne technischer Medienkonzepte kann man aus Kants ‚sich-selbst-affizieren‘ wie reale Szenarien der Interaktion und der medialen Technik ausfalten. Sie entsprechen, wie ich zumindestens skizzenartig zeigen möchte, der Logik der transzendentalen Ästhetik; sie erklären sie gewissermaßen als modellierende Vorgänge. Aber zugleich steht ihnen die transzendente Ästhetik auch wie eine Engführung gegenüber, eine Engführung auf das Verhältnis von Affizierbarkeit und Theorie (Sinnlichkeit und Erkenntnis) selbst. Und wie gesagt: Kant fand das Theorem der Selbstaffektion gerade im Bereich ‚sinnlicher Erkenntnis‘, die der Vorgänger Baumgarten noch deutlich rekonstruierbar aus rhetorischer Poetik einerseits und dem Hinweis auf experimentellen Apparategebrauch andererseits modelliert hatte. Geht man also von Kants ‚sich-selbst-affizieren‘ auf Rhetorik zurück und auf mediale Technologie hin, dann entfaltet man nur die begriffsgeschichtlichen Bedingungen dessen, worüber Kant der Sache nach spricht.

Was ist – um auf dieser, der alteuropäischen, Seite zu beginnen – Selbstaffektion in der herkömmlichen Rhetorik gewesen? Anders als in der Engführung der Selbstidentifikation und der Philosophie kommt hier die ganze weite Bedeutung körperlicher Affektionen bis hin zum Affekt ins Spiel. Nach der kurz vorgestellten Kant-Lektüre war Selbstaffektion zu verstehen als die ‚in den von ihr selbst initiierten Prozess hinein verschobene, nur als Moment im Prozess sichtbare‘ Figur des Anfangs des Prozesses. Selbstaffektion meint dem gemäß in der Rhetorik also die Einleitung von Interaktion im Rahmen einer jeweils bestimmten institutionellen Lage.

Ich möchte versuchen, umrisshaft eine Vorstellung von der klassischen Selbstaffektion der Rhetorik zu geben, die sich in Wahrheit nur aus ziemlich umwegigen und umfangreichen Lektüren der hellenistischen und vor allem der römischen rhetorischen Schriften herauslesen lässt.²³ Cicero und vor allem Quintilian sind die Gewährsleute.

Die Figur der Selbstaffektion – im rhetorischen Sinne des Wortes müsste man sagen: die Metafigur der Selbstaffektion, da sie alle Figuration erst möglich macht – ist modellhaft aus der juristischen Szene, der Gerichtsszene, entwickelt. Wir kennen die Formel der rhetorischen Selbstaffektion als einen geläufigen und trivial klingenden Slogan aus der Geschichte der Poetik und Ästhetik und den

21 Vgl. McLuhan, Marshall: *Understanding Media. The Extensions of Man*, Introduction by Lewis H. Lapham, Cambridge (MA) ¹⁰2002, S. 41-17.

22 Kittler, Friedrich: *Grammophon Film Typewriter*, Berlin 1986, S. 3.

23 Als ersten Versuch zu diesem Komplex vgl. Campe, Rüdiger: „Affizieren und Selbstaffizieren. Rhetorisch-anthropologische Näherung ausgehend von Quintilian *Institutio oratoria* VI 1-2“, in: Kopperschmidt, Josef (Hrsg.): *Rhetorische Anthropologie. Studien zum Homo rhetoricus*, München 2000, S. 135-152.

Lehren vom Schauspieler: Um die anderen zu affizieren, müssen wir uns erst selbst affizieren. Das aber können wir nur, indem wir uns Bilder, Szenen, ja: ganze Literaturen und Archive von Affekten vorführen. Man könnte von einem Kreis der Affizierung sprechen, in dem Redner, Publikum und imaginäre Charaktere wie Variable eines Funktionszusammenhangs erscheinen. Man kennt die Wendung aus Horaz' *Ars Poetica*, in der dieser Zirkel der rhetorischen Affektion als Selbstaffektion Literaturgeschichte geworden ist: Willst Du, dass ich weinen soll, musst Du zuerst selbst weinen.²⁴ Mehr vielleicht noch als aus der hellenistisch-römischen Literatur ist uns die Zirkularität von Affektion und Selbstaffektion bekannt aus der Dichtung der Frühmoderne: Kein Hamletscher mouse trap ohne diesen Zirkel; keine Extase des erotischen Autokraten Nero von Monteverdi bis Lohenstein; aber auch keine Racinesche Passion. Für deutsche Verhältnisse ist wohl Lessings Theater der Ort, an dem dieses Spiel zum letzten Mal gespielt wurde. Aber da ist es schon wie von außen beobachtet, das Spiel der Spieler und Schauspieler – des Falschspielers nämlich in *Minna von Barnhelm* und der böartigen und verderbenden Schauspielerin in *Miß Sarah Sampson*. Beobachtet wird das rhetorische Spiel der Affektion durch Selbstaffektion von denen, die mit der genauen Gegenstrategie, dem Mitleid und der Empathie, den Zirkel aus Affektion und Selbstaffektion zu durchschauen und aufzutrennen versuchen. Was aus der Sicht des Mitleids und der Einfühlung, die den anderen/die andere als anderes Ich erfährt, flach und mechanisch erscheint, ist die Zirkelbewegung zwischen dem Affizieren des anderen und der Selbstaffektion im Blick auf den anderen. Darin liegt aber gerade die strukturelle Qualität und der materiale Gewinn der Formel von der rhetorischen Affektion durch Selbstaffektion. Keine Affektion und kein rhetorisches Operieren ohne den begründenden Startmechanismus der Selbstaffektion. Der aber ist selbst bereits ein Moment in dem durch ihn ermöglichten Modus der rhetorischen Operation.

Diese Metafigur figuralen Operierens lässt sich weiter ausarbeiten, wenn man auf die rhetorische Situation und insbesondere auf die Szene des Gerichts zurückgeht.²⁵ Rhetorische Rede nach dem Modell dieser Szene ist, im Gegensatz zur kontraktuellen Situation einer Kommunikation zwischen Ego und Alter, eine Konfiguration aus drei Aktanten. Einer spricht für einen andern vor dem Andern. Synegorie ist das griechische Wort für diese Konfiguration der Fürsprache, Advokatur die lateinisch-römische. Synegorie meint Mit-Sprechen oder verstärkendes Sprechen. Die Rede, die der rhetorische Beistand ausarbeitet, aber die Partei selbst hält, verstärkt die natürliche Stimme des Klienten; sie gibt seiner Stellung dem Andern, dem Richterkollegium, gegenüber eine gefestigte und abgesicherte Form. Synegorie ist die *techné* der eigenen Stimme vor dem Andern. Dagegen meint die römische Advokatur, dass der Redner an die Seite dessen gerufen wird, für den er vor dem Richter spricht. In diesem Fall spricht der Redner typologisch

24 Horaz: *Ars Poetica*, übers. u. hrsg. v. Eckart Schäfer, Stuttgart 1972, V. 101-105.

25 Zu dieser These vgl. noch einmal Campe (wie Anm. 23).

gesehen als Patron, das heißt also nicht nur für, sondern auch anstelle des Klienten vor dem Richter. Advokatur ist also die *ars* oder Technik der Fürsprache im engeren Sinne. Sie ist Sprache, die einer für einen andern vor einem andern spricht; und damit auch die Sprache, die man sprechen kann, die sich hören lassen kann am Ort des Gerichts, für das, was die sozusagen stumme Sprache jener anderen, der Klienten, für die man spricht, dort nur ungehört sagen könnte. Advokatur ist *ars oratoria*, das heißt Technologie der Sprache, weil sie Rede anstelle der andern ist, fürsorgende Rede sozusagen. Darüber hinaus ist sie die vor dem Andern allein mögliche und bedeutende Sprache, eine kontinuierliche Figuration des für den Andern unhörbaren, vor ihm nicht zugelassenen und für ihn nicht relevanten Geredes der andern. In diesem Zusammenhang hat der römische Rhetoriker Quintilian die Passagen zur Affektion durch Selbstaffektion geschrieben, die Literatur- und Kommunikationsgeschichte geworden sind:

Oft habe ich es erlebt – heißt es dort – daß Schauspieler und Komödianten, nachdem sie nach einem ernsteren Auftritt die Maske abgelegt hatten, noch weinten, wenn sie heraustraten. Wenn aber bei Stücken, die andere geschrieben haben, allein schon das Vortragen nur durch erdichtete Gefühle eine solche Bewegung mit sich bringt, was werden wir erst tun, die wir darauf sinnen müssen, wie wir uns in den Stand setzen, so gerührt zu werden, als wären wir die Bedrohten selber?²⁶

Affektion durch Selbstaffektion ist die Affektion des Andern, des Richters, durch Selbstaffektion an den anderen, den Klienten oder *Periclitanten*. Ihre Sache (ihr Bild, ihre Affekte, ihre Leiden und Verbrechen) muss man zur eigenen machen (das besagte das sprichwörtliche: *rem alienam suam reddere*). Affektion durch Selbstaffektion ist nicht bloße, sozusagen imaginäre, Zirkulation, weil der Andere, den man in der fürsorgenden Fürsprache affiziert, unterschieden ist von den anderen, an deren *imagines* als Bedrohte (oder mit dem lateinischen Wort: als *Periclitanten*) die figurale Fürsprache sich selbst affiziert. *Prosopopoiie* und *enargeia/evidentia* sind die *master tropes* der Selbstaffektion in der rhetorischen Fürsprache: Anstelle des anderen sprechen, der kategorial außerhalb der Hör- und Verstehbarkeit steht: das ist *prosopopoeia* oder die Figur, durch die man den Abwesenden, den Toten oder den Stummen sprechen lässt.²⁷ Den Anderen aus seiner Abwesenheit heraus vergegenwärtigen, ihn erscheinen lassen, als wäre er in seinem bedrohten *Periclitanten-Sein* gegenwärtig: das ist die rhetorische Figur

26 Quintilian: *Die Ausbildung des Redners. Institutio oratoria*, hrsg. u. übers. v. Helmut Rahn, Darmstadt ²1988, VI. 2. 32. Das lateinische Worte für ‚die Bedrohten‘ ist *periclitantes*, was im übertragenen Sinn auch allgemein für ‚die Klienten‘ gebraucht werden kann.

27 Zur dieser Figur grundlegend: Menke, Bettine: *Prosopopoiia. Stimme und Text bei Brentano, Hoffmann, Kleist und Kafka*, München 2000.

der *evidentia* oder *enargeia*.²⁸ Indem die rhetorische Rede von diesen beiden *master tropes* der Affektion durch Selbstaffektion modelliert ist, durchläuft und wiederholt sie in jedem Augenblick, in dem es rhetorische Rede gibt, ihre Start- und Begründungsszene. Als Start- und Begründungsszene hat sie allerdings niemals am Anfang ihrer Operationen gestanden:

Manche nennen den euphantasiotos (phantasievoll), der sich Dinge, Stimmen und Vorgänge am wirklichkeitsgetreuesten vorstellen kann, und das kann uns, wenn wir wollen, leicht gelingen. Umgeben uns doch schon in Zeiten der Muße, wenn wir unerfüllten Hoffnungen nachhängen und gleichsam am hellen Tage träumen, solche Phantasiebilder so lebhaft, als ob wir auf Reisen wären, zu Schiffe führen, in der Schlacht stünden, *zum Volke redeten* oder über Reichtümer, die wir nicht besitzen, verfügten, und das nicht nur in Gedanken, sondern wirklich täten.²⁹

Man sollte auf ein eigenartiges Detail hier achten: Mitten unter den Tagträumen, die als das im Wortsinn alltägliche Modell der Affektion durch Selbstaffektion dienen, erscheint die rhetorische Situation selbst, die sie modelliert (wenn auch in einem anderen Genre der rhetorischen Rede): Redner sein (im Tagtraum: Redner sein vor dem Volk, im *genus* der politischen Rede) ist eines der Tagtraumbeispiele, die modellieren, was der Redner bewußt und gemäß technischer Regeln tun soll. Entsprechend fährt Quintilian fort:

Sollen wir aus dieser geistigen Schwäche nicht einen Gewinn machen? Ich habe Klage zu führen, ein Mann sei erschlagen. Kann ich da nicht all das, was dabei, als es wirklich geschah, vermutlich vorgefallen ist, *vor Augen haben*? Wird nicht plötzlich der Mörder hervorbrechen? Nicht das Opfer voll Angst aufschreien? Wird es schreien, bitten oder fliehen? Werde ich nicht den Schlag fallen, das Opfer zusammenbrechen sehen? Wird sich nicht sein Blut, seine Blässe, sein Stöhnen und schließlich sein letzter Todesseufzer meinem Herzen tief eingraben?³⁰

Die geistige Schwäche der Selbstaffektion, die außer allen anderen Wunschträumen der Macht, der Sexualität und des Geldes noch das Wunschbild, ein Redner zu sein, selbst einschließt, ist das Vorbild für die rhetorische Technik der Affektion durch Selbstaffektion. Technisch und zur Stärke der Rhetorik wird die geistige Schwäche, die unser Alltag und sein Tagtraum ist, aber erst in der institutionellen

28 Vgl. zu dieser Figur und ihren Implikationen: Campe, Rüdiger: „Vor Augen Stellen: Über den Rahmen rhetorischer Bildgebung“, in: Neumann, Gerhard (Hrsg.): *Poststrukturalismus. Herausforderung an die Literaturwissenschaft*, Stuttgart/Weimar 1997, S. 208-225.

29 Quintilian (wie Anm. 26), VI. 2. 31, eigene Hervorhebung.

30 Quintilian (wie Anm. 26), VI. 2. 31, eigene Hervorhebung; ‚vor Augen haben‘, *ante oculos ponere* ist auch der technische Ausdruck für die Figur der *evidentia* oder *enargeia*.

Konfiguration. In ihr übernehmen Redner, *Periclitant* und Richter die strukturellen Rollen im scheinbaren Einpersonenstück des Tag- und Wunschtraums.

Noch eine weitere Überlegung wird dadurch nahe gelegt, dass unter den Beispielen im Tagtraum, der das Vorbild für Selbstaffektion als rhetorische Technik ist, die Situation der rhetorischen Rede selbst auftaucht: Diese eigenartige Selbstvoraussetzung könnte man auf der Ebene der Theorie als eine Selbstaffektion der Rhetorik durch sich selbst lesen. Die Technizität der Rhetorik wäre dann ihrerseits als ein allgemeines Medium der Affektion durch Selbstaffektion begründet. Dass das so ist, weiß man aber erst dank der *Oratoria* und ihrer *institutio* in den Institutionen des Rechts und der Politik.

3.

Von hier aus umstandslos überzugehen zu Nicholas Bakers pornographischem Telefonroman *Vox* wäre verführerisch, aber auch irreführend. Wenn sich die beiden telefonierenden Stimmen des Romans in der einen Telefonstimme, *Vox*, zu einem endlosen Duett der pornographischen Selbstaffektion vereinen, dann scheint in der Tat das technische Medium, der Apparat des Telefons, zusammenzufallen mit dem generalisierten symbolischen Kommunikationsmedium, das in diesem Fall Sex anstelle von Recht wäre. Darin liegt das Verführende schon des Romans selbst, sozusagen das Form-Vollendete des Zusammenspiels von alteuropäischem Medium, das ein symbolisches Medium der Interaktion ist, mit dem technischen Medium, von dem man erst wird sagen können, dass es unsere Lage bestimmt. Damit soll aber auch wieder nicht gesagt sein, dass keine Beziehung herzustellen wäre zwischen Niklas Luhmanns Begriff des Mediums als einer Vorgabe von Bedeutungsmöglichkeit, in dem es einzelne Züge von Kommunikation erst geben kann, und dem technischen Begriff der Medien, die nach Friedrich Kittler die Lage von Menschen bestimmen. Im Gegenteil: Es ist noch einmal zu erinnern an Baumgartens Hinweis, wonach die Fokussierung der sinnlichen Erkenntnis, die Ästhetik, an Hand von zwei Beispielreihen zu erläutern sei. Auf die rhetorische Poetik weist Baumgarten einerseits hin und auf die Beobachtungstechniken im Experiment andererseits, die wiederum die Apparate der Observation und der Messung mit einschließen. Aber damit, dass beide ‚Medien‘ an derselben Stelle vorkommen – an der Stelle, an der Kant die Struktur der Selbstaffektion entwickelt – ist nicht gezeigt, dass sie dasselbe sind. Wenn man das Gleichlauten des Begriffs Medium für beides beibehalten will (symbolisches Kommunikationsmedium und technisches Medium), sollte man sich doch dieser grundlegenden Unterscheidung bewusst bleiben.

Um das zu zeigen, möchte ich zum Abschluss doch noch einmal zurück zur Literatur, zur großen und zur ernsten Literatur, und zu einer Passage, an der sie vom Medium der Kommunikation handelt, aber auch vom technischen Medium bestimmt ist. Gemeint ist das zweite Kapitel aus Kafkas *Schloß*, das seit den nachdrücklichen Passagen dazu im Kafka-Buch von Wilhelm Emrich als eines der be-

deutendsten Stücke der Telefonliteratur des zwanzigsten Jahrhunderts gilt.³¹ K. hatte gleich im ersten Absatz des ersten Kapitels die Brücke zum Gebiet des Schlosses überschritten. Er hat vor dem Telefonat im zweiten Kapitel nicht nur bereits im Wirtshaus des Dorfes übernachtet, sondern auch schon den ersten Versuch gemacht, das Schloss auf der Anhöhe über dem Dorf zu erreichen.³² Auch hat es bereits einen ersten telefonischen Kontakt gegeben. Schwarzer, der junge Mann im Wirtshaus, der nach einer Genehmigung für K.s Aufenthalt im Gebiet des Schlosses gefragt hat, hat in K.s Beisein mit verschiedenen Beamten telefoniert.

Das Gespräch im zweiten Kapitel entwickelt sich in zwei klar unterschiedenen Phasen mit einem Zwischenspiel. Die erste Phase ähnelt dem Telefonat im ersten Kapitel. Wie dort, telefoniert nicht K. selbst, sondern ein anderer tut es in seinem Namen. Diesmal ist es nicht Schwarzer, sondern es sind die inzwischen eingetroffenen Gehilfen, die eigentümlicher Weise zusammen die Verbindung zum Schloss aufnehmen. Wie beim ersten Gespräch am Telefon, so wird auch dieses so geschildert, als ob die Anwesenden im Wirtshaus beide Seiten hören. Sie hören also nicht nur, dass die Gehilfen in K.s Namen fragen, ob K. morgen ins Schloss kommen könne, sondern es scheint, dass alle im Raum Anwesenden auch die Antwort hören. Das ist in diesem Fall eigens begründet. „Das ‚Nein‘ der Antwort hörte K. bis zu seinem Tisch [...]“³³ Wie beim ersten Mal wird die telefonische Kommunikation wie eine direkte Interaktion erzählt. Die eigentümliche Perspektive der Erzählung mit ihrem bekannten Innehalten zwischen erster und dritter Person leugnet zunächst einmal die Unterscheidung zwischen Interaktion und Kommunikation, Anwesenheit und Abwesenheit.³⁴ In der zweiten Phase spricht K. selbst. Er hat den Apparat – genauer gesagt die separate Hörmuschel – den Gehilfen aus der Hand genommen und sich selbst an ihren Platz gestellt. Jetzt liest man das Gespräch aus K.s Sicht. K.s Sätze und die Antworten werden gleichermaßen in wörtlicher Rede wiedergegeben, aber die Sprecher der anderen Seite bleiben gesichts- und namenlos. „‚Hier Oswald, wer dort?‘ rief es [...]“ – „‚Hier der Gehilfe des Herrn Landvermessers.‘“ lautet nach längerem Zögern K.s Antwort. Während in der ersten Phase die Interaktion der Anwesenden die Perspektive bestimmte, ist es jetzt umgekehrt. Ständig wehrt K. die Bauern in der

31 Emrich, Wilhelm: *Franz Kafka*, Bonn 1958, S. 154f. – Zur Sache und zum Terminus der Telefonliteratur vgl. Brooks, J.: *The First and Only Century of Telephone Literature*, in: Pool, Ithiel de Sola: *The Social Impact of the Telephone*, Cambridge (MA) 1977, S. 208-334.

32 Zum engeren Zusammenhang vgl. Campe, Rüdiger: „Pronto! Telefonate und Telefonstimmen“, in: Kittler, Friedrich/Schneider, Manfred/Weber, Samuel (Hrsg.): *Diskursanalysen I*, Opladen 1987, S. 68-93. Zum weiteren Zusammenhang: Siegert, Bernhard: *Relais. Geschicke der Literatur als Epoche der Post, 1751-1913*, Berlin 1993.

33 Kafka, Franz: „Das Schloß“, in: *Schriften, Tagebücher. Kritische Ausgabe*, Frankfurt a.M. 2002, S. 35.

34 Diese Unterscheidung hier nach Luhmann, Niklas: *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*, Frankfurt a.M. 1984, Kap. 4 „Kommunikation und Handlung“.

Wirtsstube ab, die ihn in seiner Konzentration auf die telefonische Kommunikation zu stören scheinen. Ihre Bewegungen, ihre Worte und ihre Einmischungen sind nichts als Unterbrechungen der Kommunikation. Trotzdem ist es wieder nicht so, als dominierte nun einfach die innere Perspektive K.s, des einzigen, der die telefonische Kommunikation in der geschilderten Weise erfährt. Am Beginn dieses zweiten Teils setzt der Erzähler eine ungewöhnliche Rahmung ein, die K.s erlebte Kommunikation (wenn man den erzähltheoretischen Terminus ‚erlebte Rede‘ so umbiegen will) sozusagen seiner auktorialen Macht unterstellt. „Es entwickelte sich folgendes Gespräch: [...]“, heißt es zu Beginn dieser Sequenz. Während also in der interaktiven Phase des telefonischen Gesprächs unwahrscheinlicher Weise eine personale Ich-Perspektive ins Spiel gebracht wird, wird hier, in der Phase der telephonischen Kommunikation, wo die personale Perspektive K.s ganz einfach das Spiel beherrschen könnte, überflüssiger Weise die Außensicht des Erzählers eingeführt. In der ‚direkten‘, die Interaktion betonenden Sequenz läßt sich K. von den Gehilfen vertreten, so wie im ersten Kapitel Schwarzer in seiner Sache beim Schloss anrief. In der ‚indirekten‘, die Kommunikation betonenden Sequenz spricht K. dagegen selbst; aber doch so, dass sogleich die Instanz des Erzählers ihn nachdrücklich zum ‚Er‘ der Erzählung macht. Dieses etwas verwickelte Spiel der Er/Ich-Erzählperspektiven und der Umschaltung von Interaktion auf Kommunikation ist aber offenbar der ganze Einsatz im Spiel. Während in der ersten Phase K. die Gehilfen an seiner Stelle telefonieren lässt als seine Stellvertreter und Sprachrohre, spricht er nun selbst. „Ich werde selbst telefonieren“, sagte K.“ heißt es mit Nachdruck. Aber wenn er dann ‚selbst telefoniert‘, tut er es nur, um auf die Frage, wer er sei, zu antworten: „Hier der Gehilfe des Landvermessers.“ Er nimmt also seinen Vertretern und Fürsprechern in der Interaktion die Hörmuschel nur aus der Hand, um ihren Platz selbst einzunehmen. Aus der Vertretung durch andere in der Interaktion wird die Selbst-Vertretung in der Kommunikation. K. telefoniert selbst, wie er es angekündigt hat; aber er selbst telefoniert als der andere, der für ihn spricht.³⁵

Zwischen die beiden Phasen des Telefongesprächs tritt das Zwischenspiel, das Selbstaffektion und Medienaffektion in einem ist – oder noch genauer: das eine als das andere ist.

Aus der Hörmuschel kam ein Summen, wie K. es sonst beim Telefonieren nie gehört hatte. Es war wie wenn sich aus dem Summen zahlloser kindlicher Stimmen – aber auch dieses Summen war keines, sondern war Gesang fernster, allerfernster Stimmen – wie wenn sich aus diesem Summen in einer geradezu unmöglichen Weise eine einzige hohe aber starke Stimme bilde, die an das Ohr schlug so wie wenn sie fordere tiefer einzudringen als nur in das armselige Gehör. K. horchte ohne zu telefonieren [...].

35 Das ist näher ausgeführt in: Campe, Rüdiger: „Kafkas Fürsprache“, in: Höcker, Arne/Simons, Oliver: *Kafkas Institutionen*, (vorrassichtlich) Bielefeld 2007.

Die Bezüge dieser Passage sind Kafka-Lesern bekannt. Sie nehmen eine berühmte Stelle aus einem Brief an Felice Bauer auf, wo es klar ist, dass die Muschel am Ohr das Eigenrauschen des hörenden Körpers zu hören gibt. Und in der musikalischen Diktion der Version im *Schloß* zitiert Kafka die technologische Vorgeschichte des Mediums, in dem das Telefon als Medium der musikalischen Übertragung galt.³⁶ Im Zwischenspiel der medialen Selbstaffektion vernimmt und versteht sich nicht die Stimme eines Redenden selbst, sondern die Sprache der Kommunikation hört sich als Medialität der Übertragung. Und es geht nicht mehr um Fürsprache in personaler Vertretung des einen für den andern, sondern Stimme und Ohr sind selbst auf das verwiesen, was nun *in* ihnen *für* sie spricht. In diesem Sinne kann man sagen: hier spricht das Medium für die Sprache. Macht man sich nun klar, dass es im *Schloß* ja um nichts anderes geht als die Frage: als wer man (oder K.) spricht? – und zwar im inhaltlichen und im erzähltheoretischen Sinn der Frage –, dann versteht man, dass dies hier die radikalste Stelle der Für-Sprache im Roman ist. Es ist die Stelle, an der das Medium jenseits der Literatur für die Sprache zu sprechen anfängt – *Vox* und Stimme in einer kategorial pornographischen, das heißt die Grenze zwischen Denkbarem und sinnlich Gegebenem systematisch überschreitenden Welt des Romans. Nicholson Bakers gleichnamiges Werk hat diese Welt von Kafkas Romans und ihre Überschreitungen gleichsam en detail wieder aufgeschrieben.

Das Dreieck aus Selbstaffektion in der philosophischen Engführung, in der Rhetorik und in den Medien ist hier nicht skizziert worden, um einen Gewinner unter den dreien zu ermitteln. Zunächst handelt es sich einfach um den Vorschlag für eine Forschung, in der der philosophische Begriff mit dem konfrontiert wird, was rhetorisch in ihm latent ist und medientechnisch seine Implementierung bedeutet. Aber darin liegt natürlich doch eine These, wenn auch noch einigermaßen verborgen und gelegentlich schon mit dem harschen Anspruch, Denkbare gegen Machbares umzutauschen. Was unsere Lage bestimmt, sind nicht entweder die Geschichte der philosophischen Erkenntnis oder die Geltung quasi-transzendentaler Strukturen der Rhetorik in unserer Kultur und die technischen Implementierungen, die diese Kultur geradewegs hervorbrächten. Es ist der Widerstreit zwischen dem Begrifflichen und seinen Verkörperungen, der zuerst als der Streit zwischen athenischer Philosophie und sophistischer *techne* auftrat; der mit der Ästhetik und Experimentalkultur des 17. und 18. Jahrhunderts *in* die Wissenschaft selbst hinein verlegt wurde; und der heute zum Beispiel zwischen Post-Phänomenologen, Fundamentalrhetorikern und Anhängern technischer Medientheorie ausgetragen wird.³⁷ Um diese nur allzu vertraute, aber kaum besprochene Lage des

36 Vgl. dazu die umfassende Darstellung von Kittler, Wolf: „Schreibmaschinen, Sprechmaschinen. Effekte technischer Medien im Werk Kafkas“, in: Neumann, Gerhard/Kittler, Wolf (Hrsg.): *Franz Kafka: Schriftverkehr*, Freiburg 1990, S. 75-163.

37 Vgl. dazu Winkler, Hartmut: *Diskursökonomie. Versuch über die innere Ökonomie der Medien*, Frankfurt a.M. 2004. Dabei überzeugt mich weniger Winklers Versuch, den Begriff einer Medienökonomie zu entwickeln. Wichtig erscheinen mir seine Versuche,

Widerstreits zum Thema zu machen, wäre das Skizzierte ein zwar weitläufiges, aber ein sachlich und historisch bestimmtes Projekt. Es wäre damit Erbe der Denkstimmung, die die 60er bis 90er Jahre des letzten Jahrhunderts bestimmt hat. Aber es würde als Theorie des Widerstreits und mit der Herausarbeitung der historischen und sachlichen Bezügen zu explizieren versuchen, was im Pathos der großen Überschreitungen gemeint war.

technikgeschichtliche Elemente in systematischen Begriffen zu entdecken (so zu Derridas Begriff der Wiederholung, S. 21-34) und technikgeschichtliche Kategorien an die Analyse von Praktiken zu binden (S. 198-212).

MODERNE – MEDIEN – ÄSTHETIK¹

VON ANDREAS KÄUSER

Die weltweit größte Kunstausstellung für moderne – avantgardistische? – Kunst, die 2007 zum 12. Mal in Kassel stattfindet, hat zu einem Leitbegriff – neben Leben und Bildung – Modernität erklärt. „Ist die Moderne unsere Antike?“² Die Frage wird zu einer rhetorischen, weil die Konservierung oder der Konservatismus, die die avantgardistische Provokation der Moderne entschärft oder verabschiedet, indem diese gleichgesetzt wird mit der Klassik der Antike, ganz offensichtlich schon positiv entschieden ist. Die Frage wird in zweiter Hinsicht eher pragmatisch beantwortet, weil die Medien-Künste und die Diskurse über Medien mit dieser klassisch und konservativ gewordenen Moderne ganz offensichtlich zusammenhängen oder diesen Konservatismus der avantgardistischen Moderne sogar hervorbringen. Multimedial und intermedial wurde auf die Frage reagiert, so dass vielfältige Formate, Diskurse, Präsentations- und Kommunikationsweisen die Medialisierung der Moderne praktisch vorführten:

Rund 90 Publikationen unterschiedlicher Formate, Reichweiten und Schwerpunktsetzungen [...] haben unsere Fragen zu den ihren gemacht. [...] Weit mehr als 300 Beiträge – Essays, Interviews, Glossen und Online-Debatten ebenso wie KünstlerInnenprojekte, Bildessays oder Inserts – wurden seither [...] veröffentlicht. [...] Es ist ein Magazin der Magazine, eine Zeitschrift der Zeitschriften, ein Medium, das von anderen Medien geschrieben wurde. Darüber hinaus bildet es den vielstimmigen, offenen und unabgeschlossenen Prozess des Austauschs, der Übersetzung, der Debatte und Kontroverse ab [...] in der Agora eines virtuellen Redaktionsraumes [...].³

Medien und Moderne scheinen ein schwieriges, vielleicht paradoxes Verhältnis zu unterhalten: Einerseits fördern Medien wie die Netzkunst die Konservierung der Avantgarde, eine nur für die Medien lukrative Kollaboration, weil sie den Avantgarden ihren polemischen Charakter oder auch ihren Kunstpurismus nimmt, weswegen von Adorno bis Peter Bürger, Medien und Avantgarde eher in ein abschließendes Verhältnis gesetzt worden sind. Andererseits scheint diese Medialisierung der modernen Avantgarde nicht nur in pragmatisch-kommunikativer Weise notwendig zu sein und den Ist-Zustand 2007 zu kennzeichnen. Medien und

1 Der Aufsatz entstand unter Mitarbeit von Nadine Taha am FK 615 ‚Medienumbrüche‘ der Universität Siegen und setzt die Literaturübersichten, die in *Navigationen* 2006/2007 erschienen sind, fort.

2 Schöllhammer, Georg: „Editorial“, in: *Documenta Magazine*, „Modernity?“, Nr. 1, 2007.

3 Schöllhammer (wie Anm. 2).

Moderne unterhalten offenbar ein sowohl sich ausschließendes wie auch ein sich gegenseitig bedingendes Verhältnis.⁴ Medien tragen dazu bei, Moderne und Avantgarde zu historisieren und zu musealisieren, sie dadurch auch präsent zu halten etwa im Medium von Ausstellungen wie der Documenta. Aber wegen der technischen Möglichkeiten wie Internet oder Multimedialität ist Medialität auch der Inbegriff von Moderne und Avantgarde, die sich indessen vornehmlich im Diskurs, dem Diskussionsprozess aufhält. Sind die Werke der avantgardistischen Moderne durch Konservierung und Musealisierung, die immer auch Medialisierung ist, konservativ geworden, dann wird im Diskurs, dem Reden über Kunst sowie der medientechnischen Ermöglichung dieses konzertanten Disputes die avantgardistische Attitüde aufrechterhalten. Die Avantgarde überlebt im Diskurs, dem Reden über Kunst, während die Kunst konservativ bzw. konserviert wird.

In jedem Fall scheint das Verhältnis von Diskurs und Medium, alten Text- und neuen AV-Medien, der archäologischen Rekonstruktion von jenen und der technischen Dynamik von diesen für den zu untersuchenden digitalen Medienumbruch brisant und relevant zu sein. Oliver Grau annonciert seinen Sammelband in nicht ganz zutreffender Weise als Pionierleistung, obwohl doch Archäologie und Vorgeschichte der technischen Medien – vielleicht nicht in ausreichendem Maße der Medienkünste – der Gegenwart seit geraumer Zeit als Methode erfolgreich erprobt werden:

Film, cinema, and even television we already regard today as ‚old‘ media, because the image industries develop and offer new generations of media at ever-shorter intervals, with the modern and post-modern periods already in a rearview mirror.⁵

Interessant ist aber die vorgeschlagene interdependente Beziehung von Archäologie und Medienkunst, die sowohl vergangene Vorformen und deren semantische Kontexte überhaupt erst ‚entdeckt‘ wie etwa die Holographie, die diese Entdeckung aber nutzbar machen möchte für ein besseres Verständnis der gegenwärtigen medientechnischen Kunstformen und deren Zukunft. Könnte man diese Indienstnahme und wechselseitige Bezugnahme von Geschichte und Gegenwart hermeneutisch nennen, so geraten insbesondere Technik und Semantik, Diskurs und Medium in ein neu geordnetes Verhältnis, das die Hermeneutik als wesentlich text- und sinnfixiertes Verfahren überschreitet. Den technischen Radius überschreiten möchte auch Grau, indem er die mentalen, affektiven und sozialen Bedingungen und Konsequenzen von Medienumbrüchen im Blick hat, also nicht

4 Gerade an der Geschichte der Documenta kann man dieses paradoxe Verhältnis von Medien und Moderne beobachten, vgl. Autsch, Sabiene: „Filmkunstschau, Filmfestival, Plattform und Passage. Anmerkungen zum Film zwischen Inszenierung und Internationalität“, in: Stengel, Katrin u.a. (Hrsg.): *documenta zwischen Inszenierung und Kritik. 50 Jahre documenta*, Hofgeismar 2007, S. 89-105.

5 Grau, Oliver (Hrsg.): *MediaArtHistories*, Cambridge/London 2007, S. 9.

die technische Materialität der Medien allein. Gerade diese Kontexte und Semantiken der medientechnischen Entwicklung scheinen vornehmlich archäologisch und historisch plausibilisiert werden zu können:

A central problem of the current cultural situation stems from a serious lack of knowledge about the origins of audiovisual media. This stands in complete contradiction to current demands for more media and image competence. Considering the current upheavals and innovations in the media sector, where the societal impact and consequences cannot yet be predicted, the problem is acute. Social media competence, which goes beyond mere technical skills, is difficult to acquire if the area of historic media experience is excluded. Media exert a general influence on forms of perceiving space, objects, and time, and they are tied inextricably to humankind's evolution of sense faculties.⁶

Gerade weil die beständige, durch den digitalen Medienumbruch noch einmal proliferierte Akkumulation des Medialen alle Kultur- und Lebensbereiche erfasst, wodurch der Begriff des Massenmediums einen erweiterten Sinn ubiquitärer Medialisierung (des „ubiquitous computing“) und globaler Vernetzung erhält, ist Medienreflexion unabdingbar, um die Situation durch- und überschauen zu können. Medienreflexion aber ist wesentlich historisch: sowohl medienarchäologisch wie auch theoriehistorisch – und zentral für Medienkompetenz. Umgekehrt und von anderer Seite wird diese Interdependenz zwischen explorierender Medienreflexion und historischer Rückversicherung dann, wenn die Geschichtswissenschaft die ‚visuelle Wende‘ entdeckt, was bedeutet, dass visuelle Quellen für die historische Forschung nutzbar gemacht werden, aber auch der Geschichtsprozess in Gestalt der Erinnerung wesentlich visuell determiniert ist.⁷ Haben die vornehmlich visuellen Netzkünste eine für ihr Verständnis notwendige Vorgeschichte, so erweitern visuelle Dokumente das Methodenarsenal und Erkenntnispotential der Geschichtswissenschaft. Die Geschichte der Medien und die Medien der Geschichte gehen hier eine erkenntnisfördernde wechselseitige Beziehung im „Zusammendenken von Ästhetik und Geschichte“⁸ ein.

Steht im Zentrum dieser mentalen, sozialen und affektiven ‚Umwelt‘ der medientechnischen Entwicklung die „Visualization“, so betont Sabine Schneider, dass historische Vorformen der Epoche um 1900 durch gegenwärtige Debatten um den digital gesteuerten iconic turn neu gesehen werden, dass also die These vom digitalen Medienumbruch heuristischen und hermeneutischen Wert für die

6 Grau (wie Anm. 5).

7 Paul, Gerhard (Hrsg.): *Visual History. Ein Studienbuch*, Göttingen 2006, S. 25.

8 Paul (wie Anm. 7), S. 16.

Erschließung vergangener Literatur- und Kulturepochen hat.⁹ Man könnte sagen, dass sich der Medienumbruch zu den audiovisuellen Bild-Medien um 1900 sowie der Medienumbruch zu den digitalen Medien um 2000 gegenseitig referentialisieren im Sinne von wechselseitiger Erkundung und verbesserter Einschätzung der jeweiligen historischen und gegenwärtigen Situation. Methodisch hat die digitale „Medienrevolution“¹⁰ somit eine heuristische Erschließung sowie eine hermeneutische Vergewisserung und Selbstverständigung durch die historische Komparatistik zwischen 1900 und 2000 erbracht. Indem Status und Verhältnis von Bild und Schrift/Sprache durch den „medialen Wandel“ neu zu bestimmen sind, mutieren indessen die Kategorien trotz dieser Betonung von Veränderung zum kulturell-anthropologischen „Grundphänomen“¹¹. Auch die daraus folgende „Grundüberzeugung“ der Untersuchung hat einen konservativen Mehrwert, indem die „ikoni-sche Wende in der Moderne“ keine „Verdrängung der Literatur durch die Bilder [ist], sondern ein Katalysator für mediale und semiotische Reflexivität in der modernen Literatur.“¹² Zwar führt die Konkurrenz und Differenz zum modernen Bildmedium zu einem literarischen ‚Innovationsschub‘, dessen intermediale Konstellation „geradezu als ein konstitutives Kriterium der literarischen Moderne gelten“¹³ kann; doch stellt dies auch eine Rettung für das ältere Text- und Sprachmedium dar. Wird so die modernitätstypische Konkurrenz und Differenz der Medien umgekehrt, so ist das Ergebnis exakt die Schwellensituation des Umbruchs und Zwischenraums, die „spezifische Unschärferelation dieses ‚Grenzbereichs‘“¹⁴ im intermedialen Verhältnis, die aber auch retardierende „Stillstellungen der Erzählfinalität“ hervorheben. Nicht die für Moderne kennzeichnende synästhetische Multimedialität der Medienkonstellation tritt hervor, sondern das innerliterarische und monomediale „Suchprogramm für das Andere der Sprache in der Sprache“. Resultat ist insofern neben dem innerliterarischen Umbruch der Schwelle und des Zwischenraums der epochale Umbruch einer Umkehr, die die Konkurrenz der Multimedialität zu einer Konvergenz im Einzelmedium transformiert:

Für das komplizierte medienreflexive Wechselspiel dieser zweiten Umbruchszeit der Moderne ist es symptomatisch, dass die Bildkünste für die Literatur eine semiotische Vorreiterrolle einnehmen, während

9 Schneider, Sabine: *Verheißung der Bilder. Das andere Medium in der Literatur um 1900*, Tübingen 2006.

10 Schneider (wie Anm. 9), S. 1.

11 Schneider (wie Anm. 9), S. 1.

12 Schneider (wie Anm. 9), S. 2.

13 Schneider (wie Anm. 9), S. 2; Untersuchte Autoren sind Hofmannsthal, Rilke und Musil.

14 Schneider (wie Anm. 9), S. 3.

diese umgekehrt in Auseinandersetzung mit ihnen ihre eigenen Mittel konturiert.¹⁵

Dass der Umbruch der Moderne um 1900 auch konservierende – etwa die Literatur, Text und Sprache – sowie konservative Züge der Regression trägt, wird noch verschärft durch den aufstrebenden anthropologischen Diskurs der Zeit:

Die theoretischen Konzeptualisierungen des kulturellen und anthropologischen Phänomens der Bilder sind in der Zeit um 1900 in wechselseitigem Austausch untereinander und mit der Literatur begriffen, die sie auf ihre semiotischen Möglichkeiten hin befragt. [...] In einer erstaunlichen Analogie zur heutigen Diskussion sucht man auch an der letzten Jahrhundertwende nach den Schnittstellen zwischen äußeren und inneren Bildern, zwischen medialen, kulturhistorischen und anthropologischen Ansätzen. Was verbindet die Bildmagie eines ‚primitiven‘ Denkens mit sinnesphysiologischen Halluzinationen, was haben psychopathologische Phänomene der ‚Abspaltung‘ mit den stummen Bildern des Kinos gemein?¹⁶

Zu dieser „erstaunlichen Analogie“ von 1900 und 2000 im intellektuellen Diskurs gehört auch das Aufkommen von Sub- und Gegenkulturen des „New Age“, Esoterikern, Anthroposophen damals, Cybermystikern und -Okkultisten heute. Nimmt man die antimoderne Reaktion als soziale und intellektuelle Bewegung ernst, dann scheint sie ein Strukturprinzip von Moderne zu offenbaren. Moderne als rationale, technische Entzauberung der Welt schließt das antimoderne Gegenteil der Mystik, des Primitiven und Anderen nicht aus sondern ein; gerade durch und in Medien und Künsten wird dieser Spagat operationalisierbar:

Und unsere These ist, daß dieser mystische Einfluß mit dem Siegeszug der modernen Naturwissenschaften im 19. und 20. Jahrhundert keineswegs versiegt ist, sondern daß auch in der gegenwärtigen Physik, den Biowissenschaften und der Computerwissenschaft – soweit sie Welt- und Menschenbilder entwerfen – inhaltliche, strukturelle und sprachliche Äquivalenzen mit mystischen Deutungen zu finden sind.

15 Schneider (wie Anm. 9), S. 3; für die Epoche um 1800 kann man eine ähnlich gelagerte Struktur im Verhältnis von Musik und Literatur nachweisen: Musik gilt als Leitmedium insbesondere wegen ihrer halluzinatorisch überwältigenden medialen Wirkung; in ihrer Orientierung an der Musik exponiert Literatur nun aber genuin literarische Mittel und Verfahren, um ähnlich wirkungsvoll zu sein wie die Musik, so dass das intermediale Verhältnis in eine innerliterarische Form- und Strukturfrage verkehrt wird, vgl. Gess, Nicola: *Gewalt der Musik. Literatur und Musikkritik um 1800*, Freiburg/Berlin 2006, S. 14: „daß sich die literarischen Texte die in ihnen imaginierte ‚Gewalt der Musik‘ zum Vorbild nehmen für eine eigene Wirkungsmacht, die die der Musik noch übertrumpfen soll.“

16 Schneider (wie Anm. 9), S. 4.

Für die jeweiligen mystischen Ingredienzen, die auch in populärwissenschaftlichen Spekulationen, sogar in politischen Diskursen auftauchen können, gebrauchen wir die Begriffe ‚Naturmystik‘, ‚Biomystik‘ und ‚Cybermystik‘. [...] Erscheinungsweisen des Mystischen erscheinen gerade auch *innerhalb* von Denkbewegungen und Weltbildern.¹⁷

Die durch die paradoxe Antinomie von Mystik und Moderne oder Archaik und Moderne erzeugten Zwischenräume und Brüche können durch Darstellungs- und Schreibweisen, durch Medien – und weniger durch logische Abhandlungen und Denkweisen in eine Form gebracht werden. So ist für das komplexe Verhältnis von Bild und Dichtung in der mystisch-modernen Epoche um 1900 eine solche Schreibweise herausgestellt worden:

‚Bilder‘ in der literarischen Moderne sind Markierungen von medialen Schwellen und ihrer Überschreitung *in* Texten, es sind Simultaneitätseffekte, durch Rahmungen und Stillstellungen der Erzählfinalität herausgehobene Konfigurationen, vielfach auch Umschreibungen von realen Bildern der Kunstgeschichte.¹⁸

Insbesondere der Essay dient als medienreflexive Form der Überbrückung von Schwellen und Brüchen, die dem logisch-deduktiven, akademischen Denkstil nicht mehr gemäß sind. Der Essay ist eine Darstellungsform, die sowohl die interdisziplinär auseinander strebenden Diskurse wie auch die intermedial differenzierten Medien und Kunstformen zwar nicht zu synthetisieren, wohl aber montagegemäß als „Interdiskurs“ zusammenbringen kann:¹⁹ „ein postmoderner [...] Essayismus“, der sich ausbreitet, „wo man technische Verbreitungsmedien analysiert. Namen wie Günther Anders, Jean Baudrillard, Jacques Derrida, Vilém Flusser, Marshall McLuhan, Peter Sloterdijk oder Paul Virilio stehen für ein essayistisches Nachdenken über die Medien. [...] das Essayistische der Medienreflexion [hat] als *Essayismus* Methode [...]“²⁰ Zentral ist für diesen Sachverhalt der Medienumbuch einer Differenz der Medien seit 1900 und die geschichtstheoretische Implikation, dass dadurch der utopische Essayismus in einen unheimlichen Essayismus umschlägt. Anders gesagt wird die Differenz der Medien als Katalysator von Modernität innerliterarisch ausgetragen und bearbeitet; dabei werden die geschichtsphilosophischen Implikationen dieser Modernität, Fortschritt und Utopie ausgehebelt und zu einem latenten Konservativismus verschoben, indem das

17 Vondung, Klaus/Pfeiffer, K. Ludwig (Hrsg.): *Jenseits der entzauberten Welt. Naturwissenschaft und Mystik in der Moderne*, München 2006, S. 9; vgl. auch Di Blasi, Luca (Hrsg.): *Cybermystik*, München 2006.

18 Schneider (wie Anm. 9), S. 3.

19 Vgl. Braungart, Wolfgang/Kauffmann, Kai (Hrsg.): *Essayismus um 1900*, Heidelberg 2006.

20 Ernst, Christoph: *Essayistische Medienreflexion. Die Idee des Essayismus und die Frage nach den Medien*, Bielefeld 2005, S. 13f.

alte Medium des Textes, der Literatur exponiert wird, um Multimedialität und Mediendifferenzierung als Kennzeichen von Modernität zu bewältigen. Als Bearbeitungsagentur für Mediendifferenzierung steht das Textmedium in einer gewissen monomedialen Zentralität, so dass das literarische oder diskursive Schreiben über Medien einen besonderen Status innerhalb des Medienensembles erhält:

Medienreflexion findet als Reflexion der Differenz der Medien – als Frage nach den Medien – im Rahmen von Essayismus statt und ist als solche ein Indikator der Veränderung dieses Rahmens – der Idee des Essayismus – selbst.²¹

Medienreflexion als Reflexion der durch Medienumbrüche gesteigerten Differenz der Medien findet das geeignete Forum im Genre des Essay, der somit zu einer exponierten Denkfigur und Darstellungsweise von Medien im 20. und 21. Jahrhundert wird. Der Essay bildet dabei eine spezifische Methode und Systematik der Medienreflexion aus, die wesentlich die Literarizität des Essayistischen hervorhebt oder sogar durch dieses Essayistische bedingt ist, so dass

die Art und Weise dieser Medienreflexion, das ‚Essayistische‘, auf ihre systematischen Implikationen befragt werden kann. Die These ist, dass das Essayistische der Medienreflexion als *Essayismus* Methode hat und dass diese essayistische *Medienreflexion* als Essayismus ein Paradigma für den Zustand des postmodernen Essayismus bildet. Der Gedanke setzt auf die Beobachtung, dass [im Essayismus] die Zäsur technischer Medien reflektiert wird.²²

Die Medienumbrüche des 20. und 21. Jahrhunderts mit dem zentralen Charakteristikum der Mediendifferenz erhalten damit eine spezifische Reflexionsform im Essay, die zudem literarisch ausgezeichnet ist, so dass die Literatur trotz aller Medieninnovation eine Zentralität innerhalb moderner/postmoderner Medienkonstellationen behält:

21 Ernst (wie Anm. 20), S. 15. Auch eine Theorie der Netzliteratur hält diese Zentralität des literarischen Zeichens aufrecht, dessen interne, innerökonomische Regularien und Prozesse, die in einem zweiten Schritt für die neuartige Netzkommunikation erweitert werden, vgl. Gendolla, Peter/Schäfer, Jörgen (Hrsg.): *The Aesthetics of Net Literature. Writing, Reading and Playing in Programmable Media*, Bielefeld 2007, S. 17-43. Netz und Netzwerke mit ihrer rechnergestützten Kommunikation profilieren gleichwohl symbolische bzw. sprachliche Zeichensysteme, wodurch der innerliterarische, innermedienökonomische Aspekt hervorgehoben wird: „In our thesis of upheavals [...] we refer to far-reaching and wide-ranging changes in literary communication regarding both literature in print-media and also literature in computer-aided media. Yet, we still need a theoretical frame enabling us to describe this specific phenomenon as a literary one.“ (S. 19).

22 Ernst (wie Anm. 20), S. 13.

Auf diese Differenz der Medien reagiert der Essayismus, durch sie wird er transformiert. [...] Wenn in dieser Arbeit von *Essayismus* die Rede ist, geht es dabei um die Möglichkeiten einer besonderen Art und Weise des Denkens und Schreibens *über* die Differenz der Medien [...] *wie* diese Differenz literarisch bearbeitet wird [...] und worin der Zusammenhang von Essayismus und Medienreflexion besteht.²³

Der Übergang vom utopischen zum unheimlichen Essayismus²⁴ in der essayistischen Medienreflexion stellt dann eine der Formen dar, in denen das Verhältnis von Mystik und Moderne verhandelt wird.

Insofern wendet sich Medienarchäologie solchen archaischen Medienkonstellationen zu, die gleichwohl in ihrer Andersheit eine überraschende Modernität offenbaren. Wird der Sound durch elektronische Medien zur zentralen musikalischen Ausdrucks-Performanz²⁵, so hat er als Klang eine ältere Vorform, die seit der Romantik um 1800 in der absoluten Musik formuliert wurde, bevor sie medientechnisch eingeholt wurde. Diese Figur der Latenz oder Implementierung, dass medientechnische Realisierung in Diskursen vorformuliert wurde, etwa in ihrer Medienwirkung als „Gewalt der Musik“²⁶, lässt sich ähnlich auch für die „Geburt des Vokalalphabets aus dem Geist der Poesie“²⁷ nachweisen. Vor allem wird der nicht nur musikalische Klang, ähnlich wie das Bild, zum anderen, ursprünglichen und archaischen Medium, das innerhalb moderner Medienkonstellation eine Leitfunktion oder sogar Idealstatus innehat. Hatte diese Medienkonstellation bereits die Anfänge der Erforschung oraler Kulturen in den dreißiger Jahren in den USA gekennzeichnet, so ist diese Idealisierung eines Alphabets, das den mündlichen und musikalischen Klang der Sprache im Notationssystem aufbewahrt, auch für die neuerliche medienarchäologische Erkundung der Antike kennzeichnend:

Daß das Melodische an der menschlichen Stimme und der physiologische Stimmfluß selbst notierbar wurden, ist eine kulturtechnische Leistung des griechischen Alphabets, indem es der phönizischen Kon-

23 Ernst (wie Anm. 20), S. 16.

24 Ernst (wie Anm. 20), S. 13.

25 Vgl. Werner, Hans-Ulrich/Lankau, Ralf (Hrsg.): *Media Soundscapes I: Klanguage. Landschaften aus Klang und Methoden des Hörens*, Siegen 2006.

26 Gerade die Musik ist gekennzeichnet durch die Koppelung von Archaik und Moderne, indem Musik einerseits recht früh zum Reproduktionsmedium durch Schallplatte und Radio wird, andererseits Musik das Archaische etwa der Gewalt der Medienwirkung durch Freisetzung von Sound und Klang manifestiert, das „Andere“ medial repräsentiert, ob nun als Sphären- und Naturklang oder als das Primitive der Klänge fremder Kulturen des „Black Atlantic“ vgl. Grage, Joachim (Hrsg.): *Literatur und Musik in der klassischen Moderne. Mediale Konzeptionen und intermediale Poetologien*, Würzburg 2006.

27 Ernst, Wolfgang/Kittler, Friedrich (Hrsg.): *Die Geburt des Vokalalphabets aus dem Geist der Poesie. Schrift, Zahl und Ton im Medienverbund*, München 2006.

sonantenschrift dezidiert Vokalsignale hinzufügte und damit eine Lautschrift im musikalischen Sinne [...] schuf.²⁸

Mediendifferenzierung als Signatur der Moderne soll durch eine gleichsam epische Medienkonvergenz auf dem Wege von Medienarchäologie überwunden werden, denn es geht um „Schrift, Zahl und Ton im Medienverbund“. Ist es das Kennzeichen der digitalen Plattform, Medienkonvergenz zu erreichen, dann wird die Fusion der Medien im archäologisch zu sichtenden Ursprung idealisiert, gegenüber einer die Moderne kennzeichnenden Differenz der Medien, welche von jener überboten wird:

Der medienarchäologisch interessante Befund liegt darin, daß von Beginn an das griechische Alphabet sowohl für Laut- als auch für Zahl- und Tonzeichen eingesetzt wird [...] Nicht länger gilt damit die linguistische Trennung von phonozentrischer Schrift und Kalkül (Liste). Diese disziplinär entfernten Bereiche medienarchäologisch zusammenzudenken, eröffnet eine neue Dimension von Kulturgeschichtsschreibung.²⁹

Indem Medienarchäologie die Fusion der Medien exploriert, soll mit diesem historischen Rückgriff die moderne Differenz der Medien und ihrer Theorie überwunden werden, die interdisziplinär in einen ‚Dialog‘ gebracht werden:

Dieser Dialog spitzt die Frage nach den medialen Bedingungen der Kulturen zu, indem er die spezifischen Funktionen des griechischen Vokalalphabets fokussiert.³⁰

Nicht der Sachverhalt und Sachgehalt, wohl aber die Diskurs- und Denkfigur von archaischer Medienfusion und moderner Mediendifferenzierung ist nicht erst seit den Forschungen von Ong, Goody und Havelock etabliert worden, sondern entstammt dem Mediendiskurs des späten 18. Jahrhunderts, also Rousseaus, Herders und Humboldts.³¹ Die durch interdisziplinäre und archäologische Rekonstruktion

28 Ernst/Kittler (wie Anm. 27), S. 9.

29 Ernst/Kittler (wie Anm. 27), S. 9; vgl. ähnlich zur Fusion und Differenz der Stimme: Kolesch, Doris/Krämer, Sybille (Hrsg.): *Stimme*, Frankfurt a.M. 2006, S. 12: „Die Stimme ist ein *Schwelphenphänomen*. Denn sie ist immer zweierlei: Sie ist sinnlich *und* sinnhaft [...], diskursiv *und* ikonisch; sie sagt und zeigt zugleich [...], ist überdies physisch *und* psychisch [...]. Sie ist situiert zwischen zwei Seiten, die in ihr ein Verhältnis zueinander eingehen. Die Stimme entzieht sich der Disjunkтивität begrifflicher Schemata, sie untergräbt [als paradigmatische Figur der Überschreitung] eine Stück weit unsere binären Kategorisierungen.“

30 Ernst/Kittler (wie Anm. 27), S. 9.

31 Medienarchäologie als Methode, um nichtschriftliche und/oder nichtsprachliche Phänomene wie den Ton, das Tasten oder theatrale (Körper-)Formen zu erforschen, entwickelt ihre Fragestellung und Erkenntnisweise heuristisch vom gegenwärtigen „digi-

wieder errichtete Fusion soll wissenschaftliche Innovation erbringen, „einen kulturtechnischen Erkenntnisgewinn im wahrsten Sinne der ‚universitas litterarum‘ Humboldts, in der *litterae* [...] eben nicht nur Literatur, sondern auch Zahlenwerk und Musikalität meinen – Schrift, Zahl und Ton im Medienverbund [...]“³²

Werden Medien durch den anthropologischen Zentralbegriff als Anderes oder Fremdes definiert³³, dann erlaubt diese „medienanthropologische Kehre“ (Erhard Schüttpelz) gegenwärtiger Medientheorie zum einen den archäologischen Rückgriff, um Medienkonstellationen als relativ zeitüberdauernde und kulturübergreifende Kulturtechniken kenntlich zu machen. Auf der anderen Seite ermöglicht diese medienanthropologische Bestimmung auch die Analyse gegenwärtiger, im digitalen Umbruch sich ausbreitender Verhältnisse, in denen das Bild im Zentrum performativer Akte steht:

Die performative Perspektive auf die Medien führt vor allem zur Untersuchung des kulturellen *Mediengebrauchs*. Untersucht wird, wie Medien Entferntes in Erscheinung bringen, wie sie Etwas wahrnehmbar machen und wie sie interferieren und konkurrieren, miteinander koexistieren und sich durch Transfer und Vernetzung ergänzen. In diesen Prozessen zeigt sich der heterogene Charakter der Medien, die dadurch wirken, dass sie eine ‚fremde‘, nämlich ihre eigene Ordnung zur Erscheinung bringen. Im medialen Vollzug hybridisieren sich die Eigen- und Fremdstrukturen des Mediums. Bild, Text, Körper,

-
- talen“ Standpunkt aus und lässt historische und gegenwärtige Medienkonstellationen in ein reflexives Wechselverhältnis treten. Medienkonstellationen umfassen dabei die eingezogenen Diskurse und Theorien, die solche Konstellationen beschreiben, fixieren und reflektieren; vgl. mit Schwerpunkten im 18. Jahrhundert: Binczek, Natalie: *Kontakt: Der Tastsinn in Texten der Aufklärung*, Tübingen 2007, vgl. auch zur Diskursgeschichte des Theaters von Herrmann, Hans-Christian: *Das Archiv der Bühne. Eine Archäologie des Theaters und seiner Wissenschaft*, München 2005.
- 32 Ernst/Kittler (wie Anm. 27), S. 13; vgl. auch Kittler, Friedrich/Ofak, Ana (Hrsg.): *Medien vor den Medien*, München 2007, S. 9 zum kardinalen Medienumbruch der Antike, der Umstellung vom Konsonanten- auf das Vokalalphabet: „Die Erweiterung des vokalalphabetischen Notationssystems auf Ziffern und Noten erbrachte universale Einsetzbarkeit seines gesamten Zeichenrepertoires und bedingte dadurch die Heraufkunft zwei ineinander verschränkter, kulturtechnischer Innovationen: Erstens die eins zu eins Anschreibbarkeit von Sprechlauten, Zahlen und Tönen, aus der sich zweitens ihre Operationalisierbarkeit als lesbare Worte, zählbare, berechenbare und intonierbare Ziffernfolgen ableiten ließ. Musik und Mathematik, Dichtung und Philosophie entsprangen diesem einen gemeinsamen Grund.“
- 33 Vgl. Mersch, Dieter: *Medientheorien zur Einführung*, Hamburg 2006. Mit weniger gezielter Medienreflexion, aber unter Hervorhebung der Schwellen- und Bruch-Metaphorik steht die phänomenologische nah zur anthropologischen Bestimmung des Fremden, vgl. Waldenfels, Bernhard: *Grundmotive einer Phänomenologie des Fremden*, Frankfurt a.M. 2006.

Raum, Performativität werden zu zentralen Begriffen der Medienforschung.³⁴

Insofern diese anthropologische Forschungsperspektive insbesondere die Medienwirkung und damit deren Praxis als Kulturtechnik in den Mittelpunkt rückt, wird auch der Begriff des medialen Ereignisses neu zu bedenken sein.³⁵ Werden Medien anthropologisch auf sich wiederholende Rituale und Zeremonien körperlich-performativer Akte festgelegt, dann soll doch andererseits diese Reproduzierbarkeit das Neue als Inszenierung oder verkörpernde Aktualisierung hervorbringen.³⁶ Medien dienen trotz ihrer beständigen technologischen Erneuerung in sozialer und kultureller Hinsicht eher der Reinszenierung und Archivierung; die performativen und verkörpernden Akte der Rezipienten und User stellen dabei das Neue als Ereignis oder Aufführung her.³⁷

Wenn das Verhältnis von Medien und Moderne mystisch oder anthropologisch konterkariert wird, so dass die moderne Mediendifferenzierung durch innerliterarische oder archaische Medienfusionen bzw. halluzinatorische Medien-

-
- 34 Wulf, Christoph/Zirfas, Jörg (Hrsg.): *Ikonomie des Performativen*, München 2005, S. 12, vgl. auch S. 13 zu den durch diese theoretische Perspektive erreichten Sachaussagen und explorierten Sachgehalten: „Spricht man von Performativität als Vollzug einer sprachlichen Handlung, als ostentativer Aktivität eines Individuums, als materialisiertes Geschlecht, zitierende Praxis, Macht des Diskurses oder als verkörperte Sprache, so betont man damit zunächst die praktische, soziale und kulturelle Ordnung von Phänomenen [...], die Bedeutung der Form und der ästhetischen Dimension für das Gelingen sozialer Arrangements. Wenn vom Performativen des Handelns die Rede ist, dann wird damit ein einmaliges, zeitlich und räumlich begrenztes Ereignis bezeichnet [...] Aufführungen, in denen Menschen zum Ausdruck bringen, wie sie gesehen werden wollen und wie ihr Verhältnis zueinander ist. [...] Performativität zeichnet sich in diesen Zusammenhängen durch Körperlichkeit, Referentialität, Flüchtigkeit, Kreativität, Darstellung, Ereignishaftigkeit, Emergenz und Wiederholung/Ritualisierung aus.“
- 35 So bei Schneider, Irmela/Bartz, Christina (Hrsg.): *Formationen der Mediennutzung I; Medienereignisse*, Bielefeld 2007.
- 36 Dies der Gedanke bei Hansen, Mark B. H.: *New Philosophy for New Media*, Cambridge/London 2004, der die Frage nach der Neuheit der neuen Medien, also insbesondere des digitalen Bildes unter Rückgriff auf Benjamin mit dem Begriffspaar von Desembodiment und Embodiment erklärt: das digitale Medium/Bild entkörperert, der user verkörpert: „In *New Philosophy for New Media*, I attempt to fill out this picture [this properly creative role accorded the body as the source for a new, more or less ubiquitous form of aura: the aura that belongs indelibly to this singular actualization of data in embodied experience], merely suggested in Benjamin's late work, by correlating the aesthetics of new media with a strong theory of embodiment.“ (S. 3) Ist für Medienumbrüche notabene dieser Aspekt der durch Medien erzeugten Neuheit (oder Modernität) von entscheidender Bedeutung, so konterkarieren Medien diese Innovation durch die ihnen inhärente Reproduzierbarkeit und Archivierung, die das Neue immer nur als „spektakuläre“ Neuinszenierung des Alten erscheinen lässt; vgl. zur Börsenspekulation und ihrer medialen Historie Stäheli, Urs: *Spektakuläre Spekulation. Das Populäre der Ökonomie*, Frankfurt a.M. 2007.
- 37 Vgl. Schneider/Bartz (wie Anm. 35), die Medienereignisse von der Rezeption und präventiven Verkörperung der Nutzer abhängig machen.

wirkung ausgehebelt wird, wobei das ältere Textmedium elaboriert wird in seiner Literarisierung oder Diskursivierung von Medialisierung, dann ist zu vermuten, dass auch die mit der Koppelung von Medien und Moderne befassten Wissenschaften und Diskurse Bruchstellen oder Ausblendungen aufweisen und die Frage, der „archimedische Punkt“ immer mitthematisiert wird: „Wie über die Medien schreiben?“³⁸ Der User, aufgewertet in und durch digitale Medien, verändert dabei die theoretische Perspektive, indem der Diskurs über die Medien zu untersuchen ist.³⁹ Eine Wissenschaftsgeschichte der Kommunikationswissenschaft, also der Publizistik und Zeitungswissenschaft bzw. Zeitungskunde als einer der am frühesten akademisch durchgesetzten Medienwissenschaften, kommt zu dem Ergebnis, dass diese Wissenschaftsgeschichte Bruchstellen und Ausblendungen aufweist, etwa in Gestalt der „Traditionsvergessenheit“ (Horst Pöttker) des Faches oder der Tatsache, dass zunächst universitätsfremde Nicht-Habilitierte aus der Medienpraxis die Lehrstühle besetzten.⁴⁰ Vor allem die fehlende wechselseitige Beeinflussung durch die „soziologischen Klassiker“, die geringe Ausstrahlung der Kommunikationswissenschaft in soziologische oder politologische Disziplinen oder die amerikanische Ausrichtung der Methoden und Theoriekonzepte hat die akademische Integration des Gegenstandes ‚Medien‘ nicht gefördert. Theoriehistorisch ist Kommunikationswissenschaft von ‚Außenseitern‘ und abgelehnten wissenschaftlichen Paradigmen geprägt, so dass der Umbruch von „wissenschaftlichen Revolutionen“ (Thomas Kuhn) zu einer Medientheorie ausblieb, stattdessen Praxis- und Aktualitätsbezug vorherrschten:

Anders als etwa die Soziologie ist die Zeitungswissenschaft aus pragmatischen Gründen und ohne theoretischen Unterbau an die Universität gebracht worden. Die Existenzberechtigung des Faches war von Anfang an umstritten, sicher auch weil der entscheidende Anstoß für die Institutionalisierung von außen kam, von Verlegern und von Journalisten [...].⁴¹

Diesen Negativbefund, dass die „Etablierung eines Faches, das zunächst Zeitungskunde oder Zeitungswissenschaft hieß [dazu geführt hat], dass andere Disziplinen die Massenmedien vernachlässigen (so gibt es Theorien des sozialen Wandels und politikwissenschaftliche Konzepte, in denen dieses Stichwort bestenfalls am Rande

38 Ernst (wie Anm. 20), S. 14.

39 Vgl. Schneider/Bartz (wie Anm. 35), S. 8 untersuchen demzufolge „Verfahren, die das Wissen über Mediennutzung generieren [...] die Frage danach, wie über Medien verhandelt wird.“, eine Frage, die die Form der Diskurse, ihre literarischen und diskursiven Verfahren beleuchtet.

40 Meyen, Michael/Löblich, Maria: *Klassiker der Kommunikationswissenschaft. Fach- und Theoriegeschichte in Deutschland*, Konstanz 2006, S. 7-23.

41 Meyen/Löblich (wie Anm. 40), S. 12.

auftaucht)⁴², bestätigt aus anderer Richtung Armin Nassehi, in dessen Rekonstruktion des soziologischen Diskurses Medien nur insofern vorkommen, als sie Varianten des „Verständigungsmediums Sprache“ sind.⁴³ Mit Jürgen Habermas wird ein Öffentlichkeitsmodell propagiert, das am Leitmedium des Buchdrucks orientiert bleibt und die „Sprecherpositionen“ in der öffentlichen Arena auftreten und sich der Kritik stellen lässt – ein Kommunikationsmodell, das dann von zentraler Bedeutung für den Diskurs der Soziologie wird. Aber wie dieser soziologische Diskurs sich im älteren Medium der Erzählung und seiner spezifischen Grammatik und Semantik vergegenständlicht, sind auch seine Perzeptions- und Rezeptionsweisen eher an älteren Medien wie Theater, Bühne oder Arena orientiert. Nur vorsichtig und widerstrebend wird die Veränderung dieser an Sprache und Schrift gebundenen medialen Basis konstatiert:

Meine Vermutung ist, dass sich inzwischen die Arena selbst verändert hat, dass also womöglich die Normalform dessen, was uns als *Gesellschaft* erscheint [...] abhanden gekommen ist. Etwas stark formuliert: *Womöglich existiert jenes Publikum nicht mehr, das Sprecherpositionen erlaubt, die so sprechen, wie es die normative Grunderwartung des Soziologischen bis vor kurzem implizierte. Und womöglich ist dies gerade der Soziologie fremd geblieben.*⁴⁴

Dass Medien als Diskurse über bestimmte Grammatiken wie Erzählung, Sprecher, Arena verfügen und derart den Gegenstand konstituieren, bei dem es keineswegs gleichgültig ist, wie und in welcher Form über ihn geredet und geschrieben wird, zeigt, dass die Koppelung von Moderne und Medialisierung auch die prinzipiell moderne Wissenschaft der Soziologie erreicht hat. Dass diese Soziologie mit der medialen Verfasstheit ihres Gegenstandes Gesellschaft und diesbezüglichen Veränderungen durch neue und neueste Medien nur wenig Berührung zeigt, insofern dem Medienmodell der Sprache verhaftet bleibt und der digitale Medienumbruch nur indirekt thematisiert wird, ist festzustellen:

[...] ich möchte in diesem Buch vor exakt diesem Hintergrund der inzwischen veränderten Sprecherposition der Soziologie in einer sich wandelnden Arena den *soziologischen Diskurs der Moderne* nachzeichnen.⁴⁵

Medial infiltriert ist diese Rekonstruktion, weil es weniger um die Inhalte, sondern die Formen der Präsentation, gleichsam die Performanz der Texte geht: „Das

42 Meyen/Löblich (wie Anm. 40), S. 8.

43 Nassehi, Armin: *Der soziologische Diskurs der Moderne*, Frankfurt a.M. 2006, S. 42.

44 Nassehi (wie Anm. 43), S. 53.

45 Nassehi (wie Anm. 43), S. 53.

Schreiben soziologischer Texte ist selbst eine performative Praxis [...].⁴⁶ Diese Medialität des Diskurses wird aber nicht eigens oder nur im Rahmen des Modells von Arena und Öffentlichkeit reflektiert und thematisiert, eine Veränderung dieser medialen Bedingungen nur indirekt vermerkt:

Es geht hier ausschließlich um die Öffentlichkeitsfähigkeit der drei Werke [von Adorno, Habermas und Beck], darum, wie ihre Texte je unterschiedliche Publika erzeugen und damit auf jene Veränderung hinweisen, die man am öffentlichen Bild der Soziologie ablesen kann. [...] Aber ich werde neben den Hinweisen auf Veränderung auf einen erstaunlichen Kontinuitätskern stoßen.⁴⁷

Der sich selbst fortschreibende Diskurs der Soziologie hat eine Kontinuität und Stabilität erreicht, die nur indirekt oder unwillig Veränderungen anzuerkennen bereit ist, so dass ein am Buchdruck orientiertes Öffentlichkeitsmodell den Kern der Argumentation ausmacht. Zu den medialen Bedingungen, denen die Soziologie als Diskurs mit einer bestimmten formalen Grammatik – wie etwa dem Öffentlichkeitsmodell – unterworfen ist, gehört auch Selbstreproduzierbarkeit ihrer Begriffe, Denkfiguren und Konzepte, die sich von den Veränderungen der Wirklichkeit verselbständigt haben: „wie sehr wir in den Kategorien unserer Begriffsapparate gefangen sind, die nur noch einen Schein der Wirklichkeit preisgeben.“⁴⁸

Nassehi weist die Abhängigkeit des soziologischen Diskurses der Moderne von einem Öffentlichkeitsbegriff nach, der an sprachliche Medien gekoppelt ist; weil die medialen Umwälzungen auch diesen Öffentlichkeitsbegriff gerade durch die Entkoppelung von Printmedien transformieren, kann er diese Veränderungen nur als Negativfolie indirekt umschreiben, nicht aber exakt thematisieren und explizit reflektieren. Nassehi schreibt den soziologischen Diskurs der Moderne auch in der Hinsicht weiter, dass er an dessen kritischer Medienaversion teilhat, die ja selbst bei aufgeschlossenen Soziologen wie Habermas oder Adorno in ihren durch kulturindustrielle Medien hervorgerufenen Verfallsgeschichten anzutreffen ist. Diskurs und Medium divergieren dergestalt, dass der soziologische Diskurs seine Macht (im recht genauen foucaultschen Sinne) dadurch behauptet, dass er sich von einer medial veränderten Realität, von der Macht der Medien über diese Realität abkoppelt, und dies dadurch kaschiert, dass über Medien in Gestalt des „authentischen Sprechers“ sowie einen sprachlich fixierten Öffentlichkeitsbegriff geschrieben wird. Die Betriebsblindheit des Diskurses soll kaschiert und die Herrschaft des Diskurses durch die Rekonstruktionen der Klassiker reproduziert werden:

46 Nassehi (wie Anm. 43), S. 67.

47 Nassehi (wie Anm. 43), S. 53f.

48 Nassehi (wie Anm. 43), S. 54.

den soziologischen Diskurs der Moderne als eine Denkbewegung aufzufassen, die auf neue Probleme stößt, die es ohne den Diskurs nicht gegeben hätte [...] danach zu fragen, wie sich soziologische Theorien als Texte selbst ermöglichen, welche Probleme sie aufwerfen und wie sie sie lösen, wie sie den Gegenstand konstituieren, den sie dann beschreiben.⁴⁹

Ist Soziologie so wesentlich durch das Medium des Textes bestimmt und durch dessen Erzählungen begrenzt, dann konstituiert diese „Arbeit des Begriffs“⁵⁰ den Gegenstand, der indessen andere ausschließt. Diese sprach- und textfixierten „partikularen Sprecherpositionen“ sind authentisch und darin „theorieästhetisch“; ihre Beschränkung, die auch eine mediale ist, signalisiert ein „Ende der soziologischen Vernunft“.⁵¹

Die bipolare intermediale Struktur in Gestalt von Untersuchungen zu Bild und Text, Film und Literatur, Theater und Film, Musik und Literatur wird in der Theorie durch komplexere mediale Konstellationen oder Konfigurationen derzeit abgelöst. Entspricht dieser Befund den gestiegenen Kombinationsmöglichkeiten der Kunstformen und Medien durch die digitale Plattform, so erschließt der Begriff der Konvergenz eine weitreichende Semantik, die nicht auf Medienkonvergenz beschränkt bleibt.⁵² Meint Konvergenz der Medien die gegenläufige Parallelität von Fusion und Differenz, so sind Text-Bild-Relationen um 1900, der Essay als medienreflexives Genre oder die Musik um 1800 genau dadurch gekennzeichnet, dass sie die Differenz und Fremdheit der Medien zum Anlass nehmen für eine interne, literarische Lösung der medialen Differenz. Diese interne Medienökonomie, die die externe Mediendifferenz und Multi- bzw. Intermedialität mit den Prinzipien des einen Mediums bewältigt und reflektiert, exponiert das literarische, sprachliche Medium, entgegen den Prognosen von iconic, sonic oder digital turns. Diese Prominenz des literarischen Textes, des „Archimediums Sprache“ (Ludwig Jäger), die sich gerade in Phasen von Medienumbrüchen herausstellt,⁵³

49 Nassehi (wie Anm. 43), S. 67.

50 Nassehi (wie Anm. 43), S. 68.

51 Nassehi (wie Anm. 43), S. 64f.

52 Vgl. zu dieser Streubreite Gumbrecht, Hans Ulrich: „Wenn zwei sich nähern, freut sich die Katastrophe. Paradoxe Konvergenz: Klärungen in Stanford zu einem Begriff und seinen zeitgenössischen Potentialen“, in: FAZ, Nr. 90, 18. 04. 2007, S. N 3: „Für unsere Gegenwart spezifische, sich überkreuzende Prozesse in Politik, Wirtschaft und Kultur werden das einundzwanzigste Jahrhundert zu einem Zeitalter produktiver, aber auch bedrohlicher Konvergenzen machen.“

53 Vgl. die instruktive Skizze von „Perspektiven einer Medienästhetik der Literatur“, in der Medien innerliterarisch ver- und ausgearbeitet werden, indem die Schrift als das Mediale der Literatur in den Vordergrund rückt bei Gropp, Petra: *Szenen der Schrift. Medienästhetische Reflexionen in der literarischen Avantgarde nach 1945*, Bielefeld 2006, S. 17-59. Lässt sich die Philosophie auf Medien ein, so erhält das Medium der Sprache und Schrift

tritt auch in der Diskurs- und Wissenschaftsgeschichte zutage, die sich der Frage widmet, wie über Medien könne geschrieben werden, dabei rhetorische, literarische oder diskursive Verfahren ausfindig macht, welche spezifisch für bestimmte Medien wie Bild, Musik oder Netz sind sowie die literarischen Verfahren wissenschaftlicher Texte analysiert.⁵⁴ Methodisch bedeutsam an dieser Sonderstellung von Sprache und Text ist die Konsequenz einer Analyse des Schreibens und Redens über Medien, bzw. der Untersuchung der Diskurse und Begriffe (oder Metaphern), mit denen veränderte Medienkonstellationen sprachlich gefasst und begriffen werden, so dass Begriffs-, Diskurs- und Metapherngeschichte sich gerade angesichts komplexer Medien- und Diskurskonstellationen als Untersuchungsmethode anbieten.

Begriff und Denkfigur der *Projektion* [...sind] vielmehr in dem Sinne fundamental, daß sie [...] verschiedene Disziplinen und Wissenssysteme durchläuft [...Die Studie...] setzt vielmehr an jenem Punkt ein, an dem die *Projektionsmetapher* erstmalig, in der frühen Sinnesphysiologie nämlich, auftaucht, zeichnet ihre Karriere in den Wissenschaften vom Menschen nach und verfolgt ihre Diffusion in ein außerwissenschaftliches Wissen vom Menschen [...].⁵⁵

Medientheorie zielt dann weniger auf die Technik der Medien als Gegenstand der Analyse, sondern auf das Wissen über die Medien, welches sich diskursiv, sprachlich und textuell verfestigt und dokumentiert. Medientheorie ist methodisch begriffshistorisch-metaphorologische Analyse der Diskurse über Medien als der Manifestation des Wissens über oder von Medien. Theorie, die vom Wahrheits-träger oder -garanten zum Diskurs und Medium depotenziert wird, offenbart so gerade darin ihre Macht. Insofern hat Michel Foucault die derzeitige Medientheorie durch die Überlegung maßgeblich beeinflusst, dass Theorien (oder Wissenschaften) als Diskurse und Text hervorbringungen Medien innerhalb einer Medienkonstellation sind und als solche Textkonstrukte und Textkondensate eine Macht entfalten, die der Macht der neuen audiovisuellen oder digitalen Medien durchaus gleichzustellen ist. So führt die Herausforderung, die Text und Diskurs durch die neuen Medien seit 1900 und um 2000 erfahren dazu, den Texten und

hier ebenfalls eine exponierte Stellung, vgl. Konitzer, Werner: *Medienphilosophie*, München 2006.

- 54 Dotzler, Bernhard J./Weigel, Sigrid (Hrsg.): „fülle der combination“. *Literaturforschung und Wissenschaftsgeschichte*, München 2005, S. 9: „[...] hat sich die Wissenschaftsforschung ihrerseits in Richtung einer Kulturgeschichte des Wissens und der Wissenschaften bewegt. Immer mehr werden Untersuchungen der *Science Studies* von Begriffen geprägt, die – wie ‚Repräsentation‘, ‚Text‘, ‚Metapher‘ – dem Bereich der *Literary Studies* entstammen.“
- 55 Müller-Tamm, Jutta: *Abstraktion als Einfühlung. Zur Denkfigur der Projektion in Psychophysiologie, Kulturtheorie, Ästhetik und Literatur der frühen Moderne*, Freiburg 2005, S. 9f.

Diskursen wegen der Einsicht in ihre Materialität und Medialität mit erhöhter Sensibilität und Reflexivität zu begegnen.⁵⁶

Medienkonvergenz meint im Kontext des (digitalen) Medienumbruchs ein geändertes Verhältnis alter und neuer Medien, die nicht lediglich differenzierend sich ablösen oder evolutionär leitmedial aufeinander folgen, sondern koexistieren und differieren, sich durchdringen und entfremden.⁵⁷ Hat dieser Sachverhalt eine Steigerung durch den digitalen Medienumbruch erfahren, so hat er insbesondere die Heuristik medienarchäologischer Explorationsen gefördert und herausgefordert.⁵⁸ Der Beschleunigung medientechnologisch bewirkter Innovationen kontrastiert ist eine Entschleunigung etwa in Gestalt medienhistorischer Erkundungen.⁵⁹ Durch historisches Material können Medienumbrüche verlegt oder neu gesichtet bzw. gesehen werden und eine Umkehrung bisheriger Forschungsmeinungen bewirken.⁶⁰ In jedem Fall ist die Historizität gerade der neuen und neuesten Medien zu erforschen, um deren gegenwärtigen Status zu verbessern.⁶¹ So hat

-
- 56 Vgl. Gente, Peter (Hrsg.): *Foucault und die Künste*, Frankfurt a.M. 2004.
- 57 Vgl. zu dieser ungleichzeitigen Gleichzeitigkeit und Vergleichbarkeit des Inkommensurablen als Signatur gegenwärtiger (Medien-)Ästhetik Trebeß, Achim (Hrsg.): *Metzler Lexikon Ästhetik. Kunst, Medien, Design und Alltag*, Stuttgart/Weimar 2006, S. VI: „Ästhetik vor allem in ihren Widersprüchen darzustellen, als Diskussion und Konfrontation von Positionen, die mit dem Spagat der Ästhetiker zwischen Sinnlichkeit und Sinn, Form und Inhalt, Klassik und Avantgarde, Funktionalismus und Ästhetisierung [...]“
- 58 Thomä, Dieter: „Totalität und Mitleid“. *Richard Wagner, Sergej Eisenstein und unsere ethisch-ästhetische Moderne*, Frankfurt a.M. 2006 ist ein weiteres Beispiel für dieses methodische Verfahren einer Synthese von gegenwartsbezogener Archäologie der Mediendifferenzierung sowie innermedialer Fusion, einer Medienarchäologie, die aus der Perspektive der Gegenwart die Differenz der Medien untersucht.
- 59 Vgl. Grau (wie Anm. 2), S. 8: „Media art history and media archaeology are a valuable aid to understanding our present and our future goals in a period where the pace appears to get faster and faster – that is the epistemological thesis.“
- 60 Eine solche auch rein begriffliche Umkehrung stellt mediale Mobilmachung dar: „[...] an der Medialen Mobilmachung des Films im Dritten Reich [wird versucht] nicht länger die Ideologisierung des Medialen, sondern die Medialisierung des Ideologischen in den Vordergrund zu rücken. Deshalb meinte mediale Mobilmachung [...] nicht in erster Linie die Instrumentalisierung des Kinos zugunsten einer politisch-ideologischen Mobilmachung, sondern die Mobilmachung eines Mediums, das politische Wirkungen exakt dadurch erzielte, dass es noch weitaus konsequenter als bisher angenommen in seinen spezifisch medialen Möglichkeiten entgrenzt wurde.“ *Mediale Mobilmachung II. Hollywood, Exil und Nachkrieg. Mediengeschichte des Films* Bd. 5, hrsg. v. Harro Segeberg, München 2006, S. 10.
- 61 Vgl. Grau (wie Anm. 2), S. 3. „Digital art has become the art of our times, yet it has not „arrived“ in the cultural institutions of our societies. It is still rarely collected, it is not included or supported under the auspices of art history or other academic disciplines [...] To change this is our goal! What is needed is a wider view encompassing media art in the context of the treasures left us by past experiences, possessions, and insights.“ Bemerkenswert ist zweierlei: Zum einen der Negativbefund einer bis heute nicht erfolgten Anerkennung medialer Kunst, zum anderen der Versuch, diese Antimedialität durch die Historie von medialer Kunst zu bereinigen und zu beheben. In jedem Falle

vor der Durchsetzung des Films um 1900 durch die illustrierte Presse sich eine Medienmentalität etabliert, die vorbereiten konnte auf den dann stattfindenden Umbruch zur visuellen Kultur der AV-Medien um 1900:

Der Weg von der Welt der Kunst zum System der technischen Bildmedien führte über die illustrierte Presse. Bevor der Film als Medium von unvergleichlicher Suggestivkraft sein Massenpublikum fand, bevor Berichte und Kommentare in Tageszeitungen und Zeitschriften mit Rasterfotos illustriert wurden, begleitete die Presse-Illustration das politische Zeitgeschehen. Nicht Fotografien und Filme, sondern manuell hergestellte Illustrationen erschlossen einen wachsenden Leser- und Betrachterkreis für berichtende, unterhaltende und erzählende Bilder. Ehe die mechanisch aufgenommenen und reproduzierten Rasterfotos die Printmedien dominierten, waren die Illustrierten voll von Bildern, die Künstler gestaltet hatten.⁶²

Exemplarisch für Medienkonvergenz ist die Tatsache, dass das Konkurrenzmedium der Fotografie, das ja etabliert und durchgesetzt war und im 20. Jahrhundert die Ikone der Presse werden wird, für die Presse im 19. Jahrhundert noch kaum genutzt wurde oder den Illustratoren lediglich als Vorlage diente.⁶³ Medienumbrüche in der Denkfigur der Latenz oder der Implementierung zu beschreiben, wird an diesem „interikonischen“ Verhältnis von Illustration, Fotografie und Film nachweisbar, womit zudem die Komplexität dieser intermedialen Konstellation herausgearbeitet wird.⁶⁴ Inframedialität, um einen Vorschlag von Michael Wetzelaufzunehmen, bezieht sich auch hier auf interne ästhetisch-mediale Verfahrensweisen und Prozeduren, die sich auf das fremde, andere Medium reflektierend und intentional (Benjamin) beziehen, ohne dass die verschiedenen Formen kom-

wird auch hier das schwierige Verhältnis von Moderne (=Gegenwärtigkeit) und Medien doppelt deutlich.

- 62 Zimmermann, Michael F.: *Industrialisierung der Phantasie. Der Aufbau des modernen Italien und das Mediensystem der Künste 1875-1900*, München/Berlin 2006, S. 10.
- 63 Zimmermann (wie Anm. 62), S. 10: „Ehe die mechanisch aufgenommenen und reproduzierten Rasterfotos die Printmedien dominierten, waren die Illustrierten voll von Bildern, die Künstler gestaltet hatten. Noch sechzig Jahre nach der Erfindung der Fotografie schufen anonyme oder vergessene Künstler in immer stärker industrialisierten Manufakturen eine Fülle von Illustrationen, die Eingang in das Alltagsleben ihres Publikums fanden. Die Fotografie hatte zunächst nur eine ergänzende, teils verborgene Rolle im Prozess der Bildproduktion. Handwerklich gefertigte Holzstiche, Lithographien und Drucke in den neuen graphischen Techniken wurden aufgrund von fotografischen Dokumenten ebenso wie von Zeichnungen gestaltet.“
- 64 Zimmermann (wie Anm. 62), S. 10: „Wenn im 20. Jahrhundert eine beschleunigte Bildproduktion durch ein Massenpublikum verstanden wurde, so war die Voraussetzung dafür eine Transformation der Wahrnehmung, die in der illustrierten Presse des 19. Jahrhunderts stattfand.“

paratistisch verglichen oder assimiliert würden.⁶⁵ Diese „innere Ökonomie der Medien“ (Hartmut Winkler) löst Medienkonvergenz in der Weise ein, dass zwar das andere Medium in einen reflektierenden, mythisierenden oder imaginären Fokus der Behandlung gerät, die Resultate und Konsequenzen dieser Bezugnahme und Referenz aber mit den formalen Prozeduren des einen Mediums verfolgt werden. Medienkonvergenz kann so auch Medienresistenz bedeuten, also eine nur implizite Bezugnahme auf Medien, wie sie in den Sozialwissenschaften festzustellen ist, um das eigene Diskurs-Medium in Gestalt von durch Begriffe ausgewiesenen Gegenständen wie Gesellschaft oder Kommunikation zu sichern. Medienumbrüche fördern, indem sie zunächst das Medienensemble innovativ erweitern, solche selbstlegitimierenden und lebenserhaltenden Strategien der ‚alten‘, überwundenen Medien wie etwa literarischer Texte oder musikalischer Techné. Denn Medienarchäologie, welche hermeneutisch das Vergangene und Gegenwärtige wechselseitig aufeinander bezieht, entdeckt dabei die latenten und notwendigen Vorstufen späterer Entwicklungen und Realisierungen.⁶⁶ Methodisch gesehen dient der digitale Medienumbruch dadurch nicht nur einer Hermeneutik sondern auch einer Heuristik der Medien: setzt jene vergangene und gegenwärtige Medien in wechselseitigen und forschungsintensiven Bezug, so erkundet diese andere Medien(-umbrüche) und arrangiert veränderte Mediendifferenzierungen bzw. andere Medienkonstellationen. Die hermeneutischen Rekonstruktionen und die heuristischen Rekonfigurationen haben mit der Verständlichmachung des derzeitigen Umbruchs sowie der Verständigung über seine Neuheit auch eine entlastende Funktion gerade wegen der Rasanz und Unübersichtlichkeit der digitalen Umwälzung. Entlastung angesichts einer „katastrophischen“ (Ulrich Beck) Moderne = Gegenwart kann aber auch eine anthropologisch begründete Medienresistenz implizieren,⁶⁷ die gleichwohl diese Gegenwart im distanzierenden ethnologischen Blick behält, der bei frühen Medientheoretikern wie Kracauer oder Barthes insofern eine Kombination zwischen medienessayistischer Reflexion und anthropologisch-ethnologischem Blick etabliert.⁶⁸ Insofern Medialisierung diesen Prozess der Distanzierung zum Inhalt hat, ließe sich eine Medientheorie denken, die sich ihrem Gegenstand gegenüber resistent und/oder distanzierend verhält und gerade deswegen gegenstandsadäquat verfährt. In Deutschland hat die kultur-

65 Vgl. Paech, Joachim/Schröter, Jens (Hrsg.): *Intermedialität – Analog/Digital. Theorien, Methoden, Analysen*, (voraussichtlich) München 2007.

66 Vgl. Grau (wie Anm. 5), S. 9f.

67 Beck, Ulrich: „*Weltrisikogesellschaft*“. *Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit*, Frankfurt a.M. 2007 partizipiert methodisch am Modell der epochalen Einschnitte, Brüche und Schwellen, die aber nicht explizit an Medien orientiert sind, der soziologischen Medienresistenz folgend.

68 Vgl. zu Kracauer Holste, Christine (Hrsg.): *Siegfried Kracauers Blick. Anstöße zu einer Ethnographie des Städtischen*, Hamburg 2006.

kritische Medienreflexion von Simmel bis zu Adorno im 20. Jahrhundert paradoxerweise die Installierung einer Medientheorie befördert.⁶⁹

69 Vgl. Käuser, Andreas: „Adorno – Gehlen – Plessner. Medien-Anthropologie als Leitdiskurs der 1950iger Jahre“, in: Koch, Lars (Hrsg.): *Modernisierung als Amerikanisierung? Entwicklungslinien der westdeutschen Kultur 1945-1960*, (voraussichtlich) Bielefeld 2007.

AUTOREN

Rüdiger Campe ist Professor der Germanistik an der Yale University, USA. Er studierte Literaturwissenschaften und Philosophie in Bochum, Freiburg und Paris. Nach seiner Promotion über die Geschichte der Rhetorik und des literarischen Wissens wurde er Wissenschaftlicher Assistent an der Universität GH Essen. Der Ort der Literatur im Wissen und die rhetorischen Figurationen des Wissens bilden den Kern seiner Arbeiten. Im November 2002 wurde er mit dem Wissenschaftspreis der Aby-Warburg-Stiftung ausgezeichnet. Campe war im Sommersemester 2007 Gastwissenschaftler im Forschungskolleg 615 ‚Medienumbrüche‘.

Robert A. Freitas Jr. arbeitet als Senior Research Fellow am Institute for Molecular Manufacturing (IMM) in Palo Alto, Kalifornien. Er ist studierter Physiker und Psychologe sowie promovierter Jurist. 1996 veröffentlichte Freitas als erster eine detaillierte technische Designstudie über medizinische Nanorobotik; dem folgte 1999 das Buch *Nanomedicine, Vol. I: Basic Capabilities*. Während er von 2000 bis 2004 als Research Scientist für die Nanotechnologiefirma Zyvox (Richardson, Texas) tätig war, erschien im Oktober 2003 *Nanomedicine, Vol. IIA: Biocompatibility*. Zusammen mit dem Krypto- und Nanopionier Ralph C. Merkle publizierte er 2004 *Kinematic Self-Replicating Machines*. Derzeit arbeitet Freitas an zwei weiteren Bänden seiner Buchreihe zur Nanomedizin, die 2007 und 2009 bei Landes Bioscience erscheinen sollen.

Andreas Käuser ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Teilprojekt ‚Medienanthropologie und Medienavantgarde‘ und wissenschaftlicher Koordinator am DFG-Forschungskolleg ‚Medienumbrüche‘ der Universität Siegen. Forschungsschwerpunkte: Medienanthropologie; Körper- und Musikdiskurse; Medien- und Literaturgeschichte.

Andreas Kolb studierte Mathematik an der Universität Erlangen-Nürnberg und promovierte dort im Bereich Informatik mit dem Schwerpunkt Graphische Datenverarbeitung. Nach einer dreijährigen Industrietätigkeit beim *debis* Systemhaus in Leinfelden wechselte Kolb 1998 als Professor für Computergraphik und Medieninformatik an die private Fachhochschule Wedel. Seit Herbst 2003 ist er Professor für Computergraphik und Multimediasysteme an der Universität Siegen. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die Bereiche Geometrische Modellierung, Rendering, Visualisierung, Computer Vision und Virtual Reality.

Jochen Koubek studierte Mathematik, Informatik und Philosophie an der TU-Darmstadt und promovierte anschließend zum Thema *Vernetzung als kulturelles Paradigma* über kulturelle Auswirkungen des Internet am Seminar für Kulturwissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin. Seitdem ist er wissenschaftlicher Assistent am Institut für Informatik in der Arbeitsgruppe ‚Informatik in Bildung und Gesellschaft‘. Zu seinen Arbeitsgebieten gehören Informatische Bildung, Digitale Medien, Sozial- und Kulturgeschichte der Informatik sowie Fachdidaktik Informatik.

Martina Leeker studierte Theaterwissenschaft, Philosophie und Germanistik in Berlin und Paris. Sie absolvierte eine Theaterausbildung in Paris bei Etienne Decroux und Jacques Lecoq, arbeitet neben der wissenschaftlichen Tätigkeit auch als Performerin und Regisseurin. Vertretungsprofessur für „Geschichte und Theorie künstlicher Welten“ an der Bauhaus-Universität Weimar. Derzeit Juniorprofessorin für Theater und Medien an der Universität Bayreuth. Sie ist Gründungsmitglied von transARTES, Akademie für Darstellende Künste, Medien und Kultur und konzipiert und organisiert hier Weiterbildungen im Bereich Medien und Schule sowie Medien und Theater. Ihre Forschungsschwerpunkte sind: Theater und Medien, Geschichte und Theorie digitaler Medien, Geschichte und Theorie von Medienkunst, Verbindung von Wissenschaft und Kunst: Theatertheater. Im Erscheinen: *McLuhans neu lesen*, hrsg. zusammen mit Kerstin Schmidt und Derrick de Kerckhove, Bielefeld.

Christof Rezk Salama studierte Informatik an der Universität Erlangen-Nürnberg und promovierte als Stipendiat im Graduiertenkolleg ‚3D Bildanalyse und Synthese‘. Für seine Arbeit im Bereich Volumenvisualisierung wurde er mit dem Dissertationspreis der Städtler-Stiftung ausgezeichnet. Nach der Promotion arbeitete er als Entwicklungsingenieur bei der Firma Siemens im Bereich Medizintechnik. Seit Oktober 2003 ist er als Dozent und Wissenschaftler in der Fachgruppe für Computergraphik und Multimediasysteme der Universität Siegen tätig.

Jens Schröter, Promotion 2002, ist seit 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt ‚Virtualisierung von Skulptur. Rekonstruktion, Präsentation, Installation‘ des Siegener kulturwissenschaftlichen Forschungskollegs ‚Medienumbrüche‘. Forschungsschwerpunkte: Theorie und Geschichte digitaler Medien, Digitale Kunst, Theorie und Geschichte der Fotografie, Dreidimensionale Bilder, Intermedialität, Kritische Medientheorie. Zuletzt erschienen: *Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften*, „Display I: Analog“, hrsg. zusammen mit Tristan Thielmann, Jg. 6, H. 2, 2006; *Intermedialität analog/digital – Theorien, Modelle, Analysen*, München 2007, hrsg. zusammen mit Joachim Paech; *Äther. Ein Medium der Moderne*, Bielefeld 2007, hrsg. zusammen mit Albert Kümmel-Schnur. Visit WWW.THEORIE-DER-MEDIEN.DE.

Arno Schubach ist seit Oktober 2005 Mitarbeiter des NFS Bildkritik an der Universität Basel. Er studierte Mathematik, Informatik und Philosophie an der Humboldt-Universität zu Berlin und wurde im Fach Philosophie promoviert. Die Dissertation erscheint 2007 unter dem Titel *Subjekt im Verzug. Zur Rekonzeption von Subjektivität mit Jacques Derrida*. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Bildtheorie, Visualisierungen in Technik- und Naturwissenschaften, Philosophien von Subjektivität und Sozialität sowie Phänomenologie und Poststrukturalismus.

Ivan Sutherland, PhD 1963 mit der Arbeit *Sketchpad*, die bis heute als bahnbrechend für die Human/Computer-Interaction gilt. Zentrale Arbeiten zur später so genannten ‚Virtual Reality‘. Sutherland war von 1966 bis 1967 Professor an der Harvard University, 1968 bis 1976 an der University of Utah und 1976-1980 am

California Institute of Technology. Er erhielt 1988 den Turing-Award sowie 1996 den Computerworld Smithsonian Award für sein Lebenswerk. 1968 gründete er mit David Evans die Firma Evans & Sutherland. 1980 gründete er die Firma Sutherland, Sprull and Associates, diese wurde 1990 von Sun Microsystems aufgekauft, Sutherland ist seitdem Vizepräsident von Sun.

Tristan Thielmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Teilprojekt ‚Media Geography‘ des SFB/FK 615 ‚Medienumbrüche‘ an der Universität Siegen. Er ist studierter Diplom-Medienwirt, Master in European Media and Cultural Studies, Experimenteller Mediengestalter und promovierter Kommunikationswissenschaftler. Zuletzt erschien: „You have reached your destination!‘ Position, positioning and superpositioning of space through car navigation systems“, in: *Social Geography*, Vol. 2, 2007, S 63-75. Im Herbst erscheint hrsg. zusammen mit Jörg Döring: *Spatial Turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften*, Bielefeld 2007. Nähere Informationen unter <http://www.mediengeographie.de>.

Jochen Venus studierte Medienwissenschaften, Allgemeine Literaturwissenschaft, Philosophie und Soziologie und arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Teilprojekts ‚Medienspiele und Mediennarrationen‘ im SFB/FK 615 ‚Medienumbrüche‘ der Universität Siegen. Derzeit vertritt er die Professur für ‚Theorie und Praxis mündlicher Kommunikation‘ an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Forschungsschwerpunkte: Geschichte und Struktur medien- und kulturtheoretischer Gegenwartsdiagnostik, Methoden und Perspektiven einer Medienmorphologie, Tendenzen des Gegenwartskinos und des Computerspiels. Zuletzt erschien hrsg. zusammen mit Rainer Leschke: *Spielformen im Spielfilm. Zur Medienmorphologie des Kinos nach der Postmoderne*, Bielefeld 2007.

Dennis Ray Vollmer, M.A., studierte Film- und Fernsehwissenschaft, Anglistik, Amerikanistik in Bochum. Er war als wissenschaftliche Hilfskraft, Lektor, Journalist sowie als freier Autor mit Schwerpunkt (Computer-)Spielkultur tätig. Seit 2007 arbeitet er im Marketing der *taz – die tageszeitung*. Er schreibt, lebt und spielt in Mülheim. Weitere Veröffentlichungen: „Lost in Translation. Half-Life 2 & die literarische Utopie“, in: www.4players.de.

Axel Volmar, M.A., Studium der Kultur-, Kommunikations- und Theaterwissenschaft in Berlin, seit 2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Seminar für Medienwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin. Promotionsvorhaben zur Geschichte auditiver Wissensproduktion und zum Status des Auditorischen in der Medien- und Wissensgeschichte. Forschungsschwerpunkte: Theorie und Geschichte von Audiomedien, Akustik und Signalverarbeitung, des Hörens, akustischer Räume und auditorischer Displays. Im Erscheinen: Axel Volmar (Hrsg.): *Zeit als Medium? Beiträge zu einer Theorie zei(t)kritischer Medie[n]prozesse*, Berlin 2008.