

KLEINSTE MOMENTE DES REALEN, oder: $\lim. \Delta t \rightarrow 0$

Zeit des Computers

Virtuelle Wirklichkeiten im medientechnischen Sinn sind solche, die erst im rechnenden Raum zustandekommen: "Technically speaking, the term 'virtual reality' is most commonly used to refer to systems that offer visual, auditory, and tactile information about an environment that exists as data in a computer system rather than as physical objects and locations."¹ Auf die Zeitachse hin erweitert, gilt die Frage nach dem Status des Realen in digitalen Welten dem *Zeitreal*. Durch ihre ultraschnelle Zeitverarbeitung haben Computerwelten Anteil am Realen der physikalischen Welt, nämlich an ihrer Zeitlichkeit. Tendiert das Δt dieser Zeitrechnung gegen Null, erscheint es phänomenologisch als Jetztzeit; aus Sicht des Computers indes gibt es diese qualitative Differenz einer Quantität nicht. Zeitkritische Signalprozessierung im Computer *ist* das Reale in den digitalen Medien - gerade nicht als bloßer Zustand, sondern als Dynamik. Die von-Neumann-Architektur der vertrauten Computer ist die Verschränkung von strikter Zustandsmaschine (Turing's theoretischer Entwurf) und hochfrequentem operativer Vollzug (von Neumanns programmspeicherbasierte Realisierung). John von Neumanns "Game Theory" suchte die Spielzüge des Gegners vorauszuberechnen; ein gewisses Maß an Willkür gilt es dabei einzukalkulieren. Nicht nur die reale Welt, auch die Welt der Planspiele ist von Unberechenbarkeiten mitgeprägt. Lineare Voraussagen rechnen mit Wahrscheinlichkeiten; eine ganze Aufmerksamkeitsökonomie im Internet beruht darauf.² Non-lineares Verhalten aber ist das Veto von Wirklichkeit.

Die Welt gibt sich auf Computerbildschirmen den Anschein eines Naturzustands; je zerlegbarer diese Welt mit fortschreitender Digitalisierung wird, desto simulierbarer ist sie bis hin zu ihrer Physik (*physical modelling*). In Bezug auf Zeitoperationen aber simuliert der Computer die natürlich Welt nicht, sondern vollzieht sie. Beispielhaft dafür steht der Begriff von *engines* im Computerspiel-design; das In-der-Welt-Sein manifestiert sich hier als In-der-Zeit-Sein. Lenken wir daher die Aufmerksamkeit (selbst eine zeitkritische Wahrnehmungsform) auf das *Zeitreal*. Der Realitätsbezug digitaler Welten gründet im Zeitbezug, gleichursprünglich zum Zeitsinn des Nutzers namens Mensch. Auf dieser Ebene berührt Realtime-Digital Signal Processing das Innerste des Menschen; insofern ist der Begriff *Cyberspace* eher vernebelnd.³

G. W. F. Hegel hat in seinen Vorlesungen über die Philosophie der Kunst definiert: "[D]ie Zeit ist das Sein des Subjekts selber"⁴. Seitdem zeitkritische, hochfrequente Medien die Signalverarbeitung im Menschen zu simulieren vermögen, affizieren sie ihn - wie vormals nur der Ton es vermochte - nun ihrerseits auf der Ebene des Zeitsinns; sie massieren seine Sinne zeitkritisch. In der digitalen Signalverarbeitung kommen Zeitmodalitäten der Moderne

¹ Elizabeth Reid, *Virtual Worlds: Culture and Imagination*, in: Steven G. Jones (Hg.), *CyberSociety: Computer-mediated communication and community*, London (SAGE) 1994, 164-183 (164)

² Siehe Georg Franck, *Ökonomie der Aufmerksamkeit. Ein Entwurf*, München (Hanser) 1998

³ Siehe etwa Margaret Wertheim, *Die Himmelstür zum Cyberspace. Eine Geschichte des Raumes von Dante zum Internet*, Zürich (Ammann) 2000

⁴ Hier zitiert nach: Friedrich Kittler, in: ders. / Cornelia Vismann, *Vom Griechenland*, Berlin (Merve) 2001, 133

zusammen: Die symbolische Zeit verschränkt sich mit der imaginären Innerzeitlichkeit des Subjekts als Simulation des In-der-Welt-Seins. Die Zeit des Realen ist in gerechneten ("virtuellen") Räumen dasjenige, was mikrodraturgisch stattfinden muß, damit überhaupt eine Partizipation, eine Immersion des „Users“ in das Zeitfeld stattfindet und funktioniert. Die Geschwindigkeit der Selektionen (also eine zeitkritische Informations- als Nachrichtenverarbeitung) ist damit zur entscheidenden Bedingung der Aufrechterhaltung des Imaginären sogenannter virtueller Welten geworden. Dies gelingt vermittelt einer radikalen Mathematik, die als in die Welt (damit in die Zeit) implementierte in Form von Logik und Hardware selbst handlungsmächtig wird - nämlich als operativer Computer.

Das "Reale" hat (zumindest nach Jacques Lacans Schematismus) selber keinen Platz und gilt bislang als das Unmögliche schlechthin. Den rechnenden Medien aber gelingt die Anteilnahme an Realität durch eine Verschiebung von *real* zu *reell*: Rechnende Medien operieren mit Approximationen an die sogenannten reellen Zahlen; das (vormals physikalisch) Reale kehrt hier als Mathematik des Reellen zurück, operativ in der Hinsicht, die Welt ausmacht: die Zeitlichkeit. In Alan Mathison Turings Aufsatz "On Computable Numbers" (1937) ist von Zeit nicht die Rede; diese spielt nur implizit und im Sinn der von Henri Bergson kritisierten arithmetischen Zeit (der getakteten Uhr) im Nacheinander der Verarbeitungsschritte, also im Maschinentakt, eine Rolle - die Operation des *Zählens*. Die programmierte Maschine kennt Kontingenz vielmehr in Form des gestaltenden menschlichen Eingriffs in das System; das *interrupt* ist die Bedingung im Computer für Interaktivität mit der Außenwelt. "Der Mensch fungiert als Quelle der Kontingenz, er sorgt für den Ausgleich des Mangels, der ansonsten den Output der rechnenden Maschine auf die allzu dürftige Menge der berechenbaren Zahlen beschränkte."⁵ Der Mensch wird zum Umwelt-Input für Automaten, deren Sensoren dieser Signalverarbeitung harren. Die von Norbert Wieners *Kybernetik* privilegierte Figur der Rückkopplung ist eine zentrale zeitkritische Figur des Realen im Spiel mit dem Symbolischen des Computers: "In this system there is a human link in the chain of the transmission and return of information <...> what we <...> call the chain of feedback."⁶

Einbruch des Realen in den symbolischen Code: die Störung

Im Film *The Matrix* der Brüder Wachowski (1999) ist die Wirklichkeit, die von Menschen erfahren wird, eine von einem gigantischen Megacomputer generierte. Bildhaft wird diese Bedingung der symbolischen Matrix in Rechenprozessen, präsentiert an den Bildschirmen des Kontrollzentrums als Regen, als Ketten, als Prasseln von Nullen und Einsen. Als aber der Protagonist in der wirklichen Wirklichkeit erwacht, sieht er eine trostlose Landschaft ausgebrannter Ruinen - die Reste Chicagos nach dem finalen Krieg. Der Anführer des Widerstands, Morpheus, begrüßt ihn mit: "Willkommen in der

⁵ Martin Warnke, *Synthese Mimesis Emergenz - Entlang des Zeitpfeils zwischen Berechenbarkeit und Kontingenz*, Textvorlage zur Tagung *Computer als Medium* (Hyperkult 13, Themenschwerpunkt "Unschärfe. Jenseits der Berechenbarkeit"), Juli 2004, Universität Lüneburg

⁶ Norbert Wiener, *Cybernetics* [*1948], Cambridge, MA (M.I.T.) 2000, 96

Wüste des Realen."⁷ Diese Wüste aber ist weniger Landschaft denn *timescape*, denn nur kleinste zeitliche Momente des Realen (zeitkritische Signale) sind rechenbar für den Computer. Der Einbruch des Realen in diese symbolische Ordnung ist die Störung. In Begriffen der Nachrichtentheorie entspricht dem Realen das unkodierte Rauschen, dem Symbolischen das kodierte Signal. Störung wird medientheoretisch "nicht als Unglück, sondern als ästhetischer Glücksfall" erlebt⁸; so wird Ästhetik mit Nachrichtentheorie kompatibel (Max Benses Vision). Bill Violas frühes Videoband mit dem treffenden Titel *Information* (1973) zeigt Rauschen als das Höchstmaß potentieller Information, doch der Datenregen im Film *The Matrix* macht zugleich die ganze Differenz zwischen analogem Rauschen und digitalem Kode manifest: statt stochastischer Elektronen-Lichtpunkte auf dem Bildschirm (Un-Orte des Realen) geordnete Zahlenreihen.

Entzug des Realen im (digitalen) Informationsraum?

Ein Moment des Zeitrealen im rechnenden Raum des Symbolischen ist jener kleinste Unterschied, der als *bit* Information erzeugt. Denn diese Unterscheidung ist nicht nur logisch, sondern auch zeitlich: ein dynamischer Akt, der Schnitt als Verschiebung, also nicht schlicht *différence* (mit Bateson⁹), sondern *différance* (mit Derrida). Die im *bit* repräsentierte Informationseinheit aber ist weder Materie noch Energie; "da die Information im ontischen Kontinuum materieller Einheiten keinen *Platz* einnimmt, sondern diesen allererst artikuliert"¹⁰. Hier konvergiert die Informationstheorie mit Lacans Definition des Realen. Der digitale Einschnitt ist als "Entzug" von Zeit gerade die temporale Variante des Realen als Undarstellbarem, das dennoch am Werk ist; schon der Begriff Entzug deutet auf eine Bewegung. Auch dieser dynamische Entzug ist eine Artikulation; in einer negativen Ontologie ist hier der Dirac-Impuls ein Abgrund. Zwischen dem Zustand Null und dem Zustand Eins herrscht eine mithin ultrakurzzeitige Relation; das rein differentielle Stellungsspiel ist ein differentiales, also verzeitlichendes, ein Verschiebung, analog zum elektromagnetischen Verschiebungsstrom. Das Differential *ist* die Zeit der elektronischen Medien: Bewegung als Integration, will sagen: Zeit ist Zeit verschränkt mit Bewegung, zu sich selbst also dynamisch. "Der Trennungsstrich des Symbolischen kommt gleichsam dazwischen"¹¹, aber nicht ontologisch, sondern operativ, also zeitlich, nahe dem mathematischen Vektor (im Sinne James Clerke Maxwells). Binäre Artikulationen sind Schritte im Kippschalter (Flipflop); der Schalter der Schaltalgebra birgt jenes "dritte Moment" (Tholen), das zeitlich-Mediale im Medienkanal, als Mikrophysik der Un/entschlossenheit, metaphorisch gar des Zauderns.¹²

⁷ Slavoj Žižek, Willkommen in der Wüste des Realen. Nach den Anschlägen von New York und Washington wird Amerika gezwungen, die Welt so wahrzunehmen, wie sie ist, in: Die Zeit Nr. 29, 20. September 2001

⁸ Wulf Herzogenrath, Der Fernseher als Objekt. Videokunst und Videokulptur in vier Jahrzehnten, in: ders. u. a. (Hg.), TV-Kultur. Das Fernsehen in der Kunst seit 1879, Amsterdam / Dresden (Verlag der Kunst) 1997, 110-123 (113)

⁹ Siehe Gregory Bateson, Die Kybernetik des Selbst, in: ders., Ökologie des Geistes, Frankfurt/M. 1985, 408 f.

¹⁰ Georg Christoph Tholen, Die Zäsur der Medien, in: Winfried Nöth / Karin Wenz (Hg.), Medientheorie und die digitalen Medien, Kassel (Kassel University Press) 1998, 61-88 (83)

¹¹ Tholen ebd., 84f

¹² Siehe Joseph Vogl, Über das Zaudern, Zürich / Berlin (Diaphanes) 2007

Einerseits erlaubt das Operieren im Diskreten, zugespitzt: im Digital-Binären, die schärfste Trennung der kleinstdenkbaren Aussage: "0" oder "1"; die kleinste unscharfe Aussage lautet demgegenüber "Null bis Eins". Der Rechner kann sich durch prinzipiell endlose Interpolation von Bits dieser Unschärfe immer nur nähern, doch das unendliche Kontinuum ist unerreichbar. Schaltungslogisch gehört das Bit der symbolischen Ordnung an; seine Implementierung in Physik aber (ob auf Papier oder ob in Flipflop-Schaltungen aus Elektronenröhren und Transistoren) praktiziert zugleich den Grenzwert an stetigem Übergang: Der Sprung von "0" zu "1" ist eine unendlich steile Flanke, nahe am (idealen) Dirac-Impuls.

Das kleinste Zeitmoment des digital Realen ist also die Schaltung. Das Schalten selbst, im Unterschied zur reinen Mathematik Boolescher Logik, ist entropieanfällig, da es in realer Welt stattfindet. Computergeschichte meint seit der sequentiellen von-Neumann-Architektur eine Geschichte fortwährend schnelleren Schaltens, denn von Neumann formte "Wieners topographisches Modell einer Wahrscheinlichkeitslandschaft in ein zeitkritisches Modell um."¹³ Tatsächlich ist der Übergang von Null zu Eins ein mikrozeitlicher; eine diagrammatische Veranschaulichung dieser Operation zeigt diesen Zeitpunkt als *den* Moment und *das* Moment des Realen, nämlich gestrichelt respektive punktiert. Ein Schaltelement verbringt "nur sehr wenig vorübergehende Zeit in den dazwischen liegenden Zuständen, die das verbindende Kontinuum formen."¹⁴ Das zuweilen unentschiedene Flackern zwischen zwei Zuständen - also Schwingungen, Oszillationen, das Wesen des elektromagnetischen Spektrums selbst - steht für einen Zustand des Zwischen-Realen; so unterstreicht Norbert Wiener: "Eine gewisse Zeit der Unwirklichkeit macht, wenn es genügend forciert wird, jedes Gerät digital. <...> Ich glaube es ist notwendig, die Physik digitaler Geräte zu berücksichtigen."¹⁵ Im Original: "A certain time on non-reality pushed far enough will make any device digital"¹⁶ - eine winzige Erstreckung in der Zeit. Für den Informationswert ist dies zunächst nicht relevant, aber diese *quantité négligable* spielt eine Rolle, wenn Computer die Welt selbst emulieren wollen. Frank Fremont-Smith sagt es ausdrücklich: "Isn't it true of neurology today that the *Zwischen* zone is becoming more and more pertinent and that we really have to reexamine the all nor noneness of the all or none?"¹⁷ Das aristotelische *to metaxy* ("das Dazwischen") als prämedialer Begriff wird hier zeitkritisch aktiv.

"Fill in the gaps": Zeit-Täuschung mit Lessing

Der digitale Computer ist mehr als bloß eine symbolische Maschine. Vielmehr überschreitet das elektronische Operativwerden von Mathematik als

¹³ Claus Pias, Elektronenhirn und verbotene Zone. Zur kybernetischen Ökonomie des Digitalen, in: Jens Schröter / Alexander Böhnke (Hg.), Analog/Digital – Opposition oder Kontinuum? Zur Theorie und Geschichte einer Unterscheidung, Bielefeld (transcript) 2004, 306

¹⁴ John von Neumann, zitiert nach: Claus Pias (Hg.), Cybernetics - Kybernetik. The Macy Conferences 1946-1953, Zürich/Berlin 2003, Bd. 1, 177

¹⁵ Norbert Wiener, zitiert nach Pias 2004: 304f

¹⁶ Wortmeldung Norbert Wiener, im Rahmen der Diskussion "Possible Mechanism of Recall and Recognition" (Macy-Konferenz 1949), in: Cybernetics / Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953, Bd. 1: Transactions / Protokolle, hg. v. Claus Pias, Zürich / Berlin (diaphanes) 2003, 122-159 (158)

¹⁷ In: Pias (Hg.) 2003, 197

Implementierung in real existierender Hardware die Welt des Symbolischen und der phänomenologischen Analyse von Zeitbewußtsein hin auf *das Zeitreal*.

Die universale DenkSchreibRechenmaschine namens Computer stellt (mit Turing) die Frage, wer Mensch und was Maschine ist.¹⁸ Die *dissimulatio artis* ist die Kernfigur medientechnischer Rhetorik schlechthin. So operiert sie mit Täuschung der Wahrnehmung auf der Ebene zeitkritischer Signalverarbeitung, eher ästhetisch denn ästhetisch. Die Lesegeschwindigkeit geschriebener Worte ist noch reine Funktion menschlicher Signalverarbeitung: Der Poet "will die Ideen, die er in uns erwecket, so lebhaft machen, daß wir in der Geschwindigkeit die wahren sinnlichen Eindrücke ihrer Gegenstände zu empfinden glauben, und in diesem Augenblicke der Täuschung uns der Mittel, die er dazu anwendet, seiner Worte, bewußt zu sein aufhören."¹⁹ Technische Medien hingegen geben aktiv den Takt vor, chronopoetisch.

Das *Transitorische* (Lessings Begriff) ist der Moment, der über die Ordnung des Symbolischen in die Zeitdynamik hinausweist. Lessing fordert für Bildwerke geradezu prä-kinematographisch die symbolische Evokation einer dramatischen Vollendung von Seiten des Betrachters, von der Imagination des Betrachters mit blitzschneller Geschwindigkeit auszufüllen. Doch etwa Anderes ist der mikrotemporeale Augenblick, wenn (wie von Norbert Wieners Kybernetik definiert) Lücken in Zeitreihen von maschineller Interpolation ausgefüllt wird.

Während sich das zeitkritische Mensch-Maschine-Verhältnis noch in Begriffen einer wohldefinierten "kybernetischen Anthropologie" (Stefan Rieger) fassen läßt, liegt das Wesen hochtechnischer Medien jenseits vertrauter Kulturtechniken darin, daß sich ihre Signalereignisse diesseits aller körperbezogenen Medienphänomenologie im innertechnischen Feld (zumal dem elektromagnetischen) ereignen.

Der Nullpunkt: Nicht Zeichen, nicht Signal, sondern Impuls

Gegeben sei die folgende Definition von *Signal*: "The variation through time of any significant physical quantity occurring in a useful device or system. <...> the most apparent feature of a signal is its wave form, that is, simply the graphical depiction of the signal as a time-varying quantity."²⁰ Demgegenüber entdeckte Leonard Euler *avant la lettre* die Deltafunktion von potentiell unendlicher Amplitude, aber einer gegen Null gehenden zeitlichen Dauer, ein "digitaler Impuls"²¹. Doch ist auch das unendlich Kleine nicht Nichts; Zeit vergeht, minimalst, auch im Digitalen. Diskrete Spannung im Computer ist für kurze Zeit tatsächlich eine steile Flanke, eine mathematische Formulierung für das Reale im Diskontinuierlichen schlechthin. Die symbolisch gedeuteten Zustände "Null" und "Eins" sind nach wie vor als elektro-physikalische Zustände geerdet, verweltlicht, materialisiert (Hardware); insofern gibt es am

¹⁸ Friedrich Kittler, *Grammophon - Film - Typewriter*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 219

¹⁹ Lessing 1766/1987: Kapitel XVII, 122

²⁰ Edward B. Magrab / Donald S. Blomquist, *The Measurement of Time-Varying Phenomena*, New York et al. (Wiley) 1971, 1

²¹ Bernhard Siegert, *Passage des Digitalen. Zeichenpraktiken der neuzeitlichen Wissenschaften 1500-1900*, Berlin (Brinkmann & Bose) 2003, 219

idealen Kipp-Punkt (der dem "Realen" nahekommt) immer das, was als *state of uncertainty* bezeichnet werden mag. Euler hatte in seiner Schrift *De la propagation du son* die Erkenntnis, daß dies durch keinerlei reguläre Funktion von t repräsentierbar ist. Δt (das Intervall) strebt hier gegen Null (als Limeswert). Aus der (scheinbar) kontinuierlichen Bewegung wird hier ein Moment herausgeschnitten, der nicht mehr nur ein zeitlicher Moment ist, sondern auch ein epistemisches Moment: ein Moment, der nicht transitorisch gedacht werden kann, sondern vielmehr als Funke, als "stroboskopischer Lichtblitz, der die Bewegung für einen Augenblick einfriert"²². Der Moment wird *das Momentum*, zumal im elektrischen Fernsehen: "Schon ein ebenes Bild <sc. ist> ein zweidimensionales Gebilde, das zunächst nicht durch eine eindimensionale, skalare Größe beschrieben werden kann (wie <...> der Momentanwert des Schalldruckes), sondern das ruhende Bild muß auf der Sendeseite <...> in eine Anzahl einzelner Bildpunkte zerlegt und auf der Empfangsseite wieder zusammengesetzt werden."²³ Der Bildpunkt ist hier nicht im Raum, sondern wie ein akustischer "Punkt" als Reales in der Zeit. Das scheinbare TV-Bild *ist* ein *Zeitpunkt*. Die Auflösung von Bildern in sukzessive Punkte ist bereits eine Verzeitlichung des Visuellen, wie ihn Viola nicht von ungefähr vielmehr als den "Klang" der Einzeilen-Abstastung" definiert.²⁴ Im Kathodenstrahlfernsehen ist dieser buchstäblich springende (Zeit)Punkt alltägliche Realität von Massenmedien geworden. Der "Punkt" (Lichtfleck) des Kathodenstrahles auf der Mattscheibe des Fernsehers darf sich den menschlichen optischen Sinnen gegenüber gerade nicht mehr als solcher zu erkennen geben, damit der Bildeffekt zustandekommt - also eine Dissimulation des Zeitpunktes, der damit als Reales (als immer-schon-Entzogenes) aus dem Verborgenen operiert und nur als Funktion erkennbar wird. Marshall McLuhans Interesse an der Kathodenstrahlröhre war genau deren zeitkritisches *We(i)sen*, ihr zeitkritisches "Es".²⁵ Der Kathodentrahl zeitigt *Lichtimpulse*; der Impulsbegriff repräsentiert den Elektromagnetismus des Realen - ein Bild aus infinitesimal gestauchten Zeitmomenten. Thomas Mann entdeckt diesen Vorgang in der Natur selbst: "Die Zeit, die nicht von der Art der Bahnhofsuhren ist, deren großer Zeiger ruckweise, von fünf zu fünf Minuten fällt, sondern eher von der jener ganz kleinen Uhren, deren Zeigerbewegung überhaupt untersichtig bleibt, oder wie das Gras, das kein Auge wachsen sieht, ob es gleich heimlich wächst, was denn auch eines Tages nicht mehr zu verkennen ist; die Zeit, eine Linie, die sich aus lauter ausdehnungslosen Punkten zusammensetzt."²⁶

Dem zur Seite steht im akustisch Realen der Knall, der abrupte Moment, und in der Mathematik die Plötzlichkeit willkürlicher Funktionen: "Erscheinungen, zu deren Wesen wir es nach unseren Begriffen rechnen" - und die jetzt tatsächlich computierbar sind -, "daß sie plötzlich ausbrechen und plötzlich verschwinden, daß sie das, was sie sind, nur einen Augenblick sein können."²⁷ Der völlig abrupte Impuls aber ist eine Idealisierung, welche diskrete Rechnung nur

²² Siebert 2003: 220, unter Anspielung auf Lessing 1766

²³ Karl Steinbuch, *Die informierte Gesellschaft. Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik*, Reinbek b. Hamburg (Rowohlt) 1968, 127

²⁴ Bill Viola, *Der Klang der Ein-Zeilen-Abstastung*, in: *Theaterschrift 4: The Inner Side of Silence*, Brüssel (September 1993), 16-54

²⁵ Marshall McLuhan, *Die magischen Kanäle. "Understanding Media"*, Düsseldorf / Wien (Econ) 1968, 174f

²⁶ Thomas Mann, *Der Zauberberg*. Roman, hier zitiert nach der Ausgabe Berlin (Aufbau) 1953, 1007

²⁷ Lessing 1766/1987: Kapitel III, 23

approximieren kann. Eine Sonifizierung der kleinsten Schaltmomente im Computer heißt "one bit at a time". Immerhin kam die Akustik der Neuzeit (anders als der musikalische Harmoniebegriff am Monochord) durch die Analyse der Schall-Laufzeiten von Kanonenschüssen auf ihren Begriff. Am Oszilloskop wird es sichtbar: Aus dem Nichts der x-Achse (des linearen Zeitverlaufs) taucht dramatisch und plötzlich (*en arché*) eine steile Flanke auf, die dann sichtbar in gedämpften Sinuswellen verklingt - ein Mikroereignis, eine zeitliche Erscheinung, das Phantom des Realen.

Eine signaltechnische Nullzeit

Im physikalischen Kalkül tritt "Zeit" als reeller Parameter auf, für den indes lediglich gilt, "daß es *verschiedene* Zeitpunkte gibt, die sich mit Hilfe des Zahlenkontinuums unterscheiden lassen"²⁸ - also auf der Achse reeller Zahlen. Doch sind solche Zeitpunkte nicht die kleinste Einheit, die *stoicheia* eines Mediums Zeit (wie Null und Eins für Pythagoras überhaupt keine Zahlen waren). "Die Dimension von 'Zeitpunkten' ist allenfalls ein idealisiertes Gegenstück zu metrisch-zeitlichen Verhältnissen zwischen Ereignissen" <ebd., Anm. 3>.

Das aristotelische *to metaxy* wird hier auf den zeitlichen Kanal hin weitergedacht: "Ordnet man <...> die Zahl 0 einem Relatum zu, das "zwischen" zwei anderen liegt, und bezeichnet die Koordinaten der beiden Seiten / durch die positiven bzw. negativen reellen Zahlen, so ergibt sich der Richtungsunterschied von +t und -t."²⁹ Entscheidend ist "the use of the real number continuum as a basis for coordinatizing time"³⁰ mit diskreten Mitteln.

Newton proklamierte ein "Tempus Absolutum, verum, et mathematicum"³¹; Peter Janich aber differenziert hier Physik und Mathematik aus, insofern "physikalische Theorien im Unterschied zu mathematischen es nicht nur mit selbsterzeugten Symbolen zu tun haben, sondern mit der Natur, der Wirklichkeit, oder wie immer man für Vorfindliches, nicht bloß sprachlich oder gedanklich Erzeugtes sagen möchte"³². Es ist das epistemologisch Bestechende an technologischen Medien, daß in ihnen genau diese Dichotomie aufgehoben (respektive fortwährend aufgeschoben) ist. Als materielle Verkörperung technomathematischer und computerlogischer Vernunft, als artefaktische Implementierung sind sie in der physikalischen Welt (und damit auch in der Zeit). Der Dingvollzug ist Funktion kulturellen Wissens - in den Grenzen, aber auch in den damit verbundenen unerwarteten Entbergungen der Physik. Die klingende Saite des Monochords ist ein mechanisches Zeitgeschehen; die pythagoreische Mathematik der Harmonien demgegenüber einerseits der Erklärungsmodell harmonischer Erscheinungen, dem das Gerät aber andererseits *mit der Zeit* (nämlich bei fortschreitender Intervallteilung) sein Veto entgegenschleudert - das sogenannte pythagoreische Komma. Daraus resultiert die medienarchäologische Konsequenz bei der Erforschung des Verhaltens solcher technischer Dinge, etwa *reverse engineering* als "the

²⁸ Peter Bieri, *Zeit und Zeiterfahrung*. Exposition eines Problembereichs, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1972, 122

²⁹ Bieri 1972: 129 f

³⁰ xxx Grünbaum, *Philosophical Problems of Space and Time*, New York 1963, 260

³¹ Isaac Newton, *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, London 1687, Definitiones, Scholium I

³² Peter Janich, *Die Protophysik der Zeit*, Mannheim 1969, 37

process of extracting the knowledge or design blue-prints from anything man-made." Der Unterschied zur konventionellen naturwissenschaftlichen Forschung liegt darin "that with reverse engineering the artifact being investigated is man-made, unlike scientific research where is a natural phenomenon", sei es das Atom, Quanteneffekte, oder "the human mind".³³ Gerade letzterer aber *verzeitdinglicht* sich in Technologien.

Rechnend in der Welt sein = in der Zeit sein

Der digitale Computer ist mehr als bloß eine "symbolische Maschine" (Krämer); dies wäre schon die Mathematik. Vielmehr überschreitet das Operativwerden von Mathematik als Implementierung in real existierender Hardware (hier, nicht in einem objekthaften Außenbezug liegt die Realität digitaler Medien) hin auf *das Zeitreal*. Datenverarbeitung, von Maschinen geschaltet, ist "im Reellen <...>".³⁴ Zeichensymbole werden durch Signalverarbeitung ersetzt; damit überschreiten die "konjekturalen Wissenschaften" (Lacan) Mathematik und Informatik den bislang dominierenden Kulturraum der Codes.

Die Frage nach dem Status des Realen stellt sich in den digitalen Medien³⁵ unter dem Aspekt seiner Zeitweise(n). Mit „Status“ (von lat. *sistere*) ist kein bloßer Zustand gemeint; hier insistiert vielmehr ein Zeitreal.

Die chrono-ontologische Dichotomie kontinuierlicher *versus* diskreter Zeit ist eine Funktion ihrer mathematischen Zählung. Analogtechnik leistet die Verarbeitung reellwertiger zeitkontinuierliche Signale (besonders Kreisfunktionen: Co/Sinus, Fourieranalyse, Harmonische Analyse, Spektralanalyse) und ist auf entsprechende Systeme zu deren Verarbeitung konzentriert, technologisch realisiert mit analogen Bausteinen (Widerstände, Spulen, Kondensatoren und Operationsverstärker). Dem gegenüber steht die buchstäbliche Umschaltung der Signalverarbeitung und der Informationstechnik auf zeitdiskrete Signale und deren Verarbeitung durch digitale Systeme (endliche Automaten, Schaltwerke); hier können Signale weitgehend in endlicher Weise mittels des Systems der Natürlichen Zahlen beschrieben werden.³⁶

Angeregt von Lacans Begriff des Realen³⁷ läßt sich (in medientheoretischer Analogie) das zeitkritisch Reelle im Rechnenden Raum beschreiben. Das Unbewußte, mit Lacan, ist ein Symbolisches, das im Realen buchstäblich korpsifiziert ist (als Materialisierung in einem Körper) und ein Imaginäres produziert - hier vergleichbar mit der tatsächlichen Implementierung der

³³ Eldad Eilam, *Reversing. Secrets of Reverse Engineering*, Indianapolis, Indiana (Wiley) 2005, 3

³⁴ Friedrich Kittler, "Die Welt des Symbolischen - eine Welt der Maschine", in *Draculas Vermächtnis*. Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1991, 58-80, hier 61

³⁵ In Anlehnung an das thematische Exposé der Tagung *Welcher Status bleibt dem „Realen“ in den digitalen Medien?*, 15.- 16. Juni 2007, Keio-University, Tokyo

³⁶ Siehe Franz Pichler, Walsh-Funktionen: Digitale Alternative der Kreisfunktionen [Deutsche Fassung eines Vortrages auf Einladung der Akademie der Wissenschaften der Kanarischen Inseln an der Universität von Las Palmas, 12. Dezember 2000], Österreichische Studiengesellschaft für Kybernetik, Berichte (R. Trappl, W. Horn, Editors)

³⁷ Siehe hier vor allem: Jacques Lacan, *Psychoanalyse und Kybernetik oder von der Natur der Sprache*, in: ders.: *Das Ich in der Theorie Freuds und in der Psychoanalyse*, Olten 1980, 373 - 390

Turing-Maschine (eine symbolische Maschine) in der realen Welt (der Hardware) als Computer (von Neumann-Architektur), und in-der-Welt-seiend auch in der Zeit. Das Reale "konfrontiert uns mit der Faktizität der Zeit"³⁸. Es gibt keinen Hunger, kein Tod und keine wirklichen Leichen im Cyberspace.³⁹

Aber es wirken im Computer kleinste Zeitmomente des Realen - binäre, also zeitkritische Signale, gerechnet in ultrakurzen Flanken.

Turing-Maschinen und die von-Neumann-Architektur der uns vertrauten Computer sind die Verschränkung von strikter Zustandsmaschinen (Computer ist immer in einem jeweiligen Zustand) und operativem Vollzug - das Wesensmerkmal technischer Medien (im Unterschied zu bloßen Gegenständen) liegt darin.

Die Ordnung, welche die Welt der digitalen Medien, die zugleich für uns je unhintergehbare Umwelten präsentieren, gleichsam "im Innersten zusammenhält", heißt Algorithmen. Damit aber ist etwas Prozeßhaftes, Operatives gemeint - nicht schlicht die mathematische Anweisung, sondern erst ihr Vollzug erzeugt eine virtuelle Welt im Computer.

Es gilt die Frage nach dem "Status" des Realen in digitalen Welten dynamisch auf die Zeitachse hin zu erweitern. Das Reale wird durch den progressiven Einsatz technomathematischer Medien binär zerlegt, d. h. ins Symbolische transformiert - und damit zugleich auch simulierbar. Beispielhaft dafür steht der Begriff von "physics" und "physical engines" im Computerspieldesign; das In-der-Welt-Sein manifestiert sich hier als In-der-diskreten-Zeit-Sein.

Seitdem zeitkritische, hochfrequente Medien die Signalverarbeitung im Menschen selbst zu emulieren vermögen, affizieren sie den Menschen - wie vormals nur der Ton - nun ihrerseits auf der Ebene des Zeitsinns, massieren seine Sinne zeitkritisch.

Zufälle kann der Computer nicht rechnen, da er eine symbolische Maschine bleibt, intransitiv zum realen seiner eigenen Physik. Also geht Informatik den Umweg, mit künstlichen Pseudo-Zufallszahlen zu operieren. Simon Stevins entdeckt zwischen Null und Eins eine infinite Zahl von Werten/Punkten: die reelle Zahlen.

Mathematik, rechentechnisch in der physikalischen Welt (also in die Zeit) implementiert als operativer Computer, wird selbst handlungsmächtig. Den rechnenden Medien gelingt die Anteilnahme an Realität durch eine Verschiebung von *real* zu *reell*. Rechnende Medien operieren mit reellen Zahlen. "Im Unterschied zur numerischen Behandlung mathematischer Sachverhalte manipuliert Computeralgebra <...> Zeichen und Symbole. Eine ganz natürliche Sache, da Computer zu allem eher / geeignet sind als zum Rechnen mit reellen Zahlen, denn eine beliebige reelle Zahl ist <...> ein außerordentlich kompliziertes Gebilde, wohingegen ein Symbol, etwa der Buchstabe π , ein sehr einfach strukturiertes Objekt ist."⁴⁰

³⁸ Slavoy Zizek, From Virtual Reality to the Virtualization of Reality, in: Timothy Druckrey (Hg.), Electronic Culture. Technology and Visual Representation, Ontario / London 1996, 290-295 (292)

³⁹ Giuseppe O. Longo, Die Simulation bei Mensch und Maschine, in: Braitenberg / Hosp (Hg.) 1995: 26-43 (35)

Die Differentialrechnung

Die mathematische *Ableitung* des Weges eines Elektronenstrahls als Bildschirmzeile nach der Zeit ist ihr Differentialquotient: seine Geschwindigkeit für einen Moment, "der eigentlich keine Ausdehnung in Zeit und Weg hat [...] Mathematiker aber können sozusagen für ein Standfoto des fallenden Steins die momentane Geschwindigkeit des fotografierten Steins exakt bestimmen"⁴¹ - implizit Bersons Kritik der Chronophographie. Was derart mathematisch bestimmbar ist, wird computerrechenbar. Ein Zeitreal: "Der Moment hat keine zeitliche Ausdehnung, ist aber doch mehr als nur ein Zeitpunkt, sonst könnten wir diesem Moment keine Geschwindigkeit zuordnen" (ebd.). Seit Leibniz' tangentialer Infinitesimalrechnung (Differenzieren, Integrieren) nähert sich die rechnende Welt dem Realen in approximativen Modellen, durch Symboloperationen. "Das neue Bild legt nicht mehr durch die augenblickliche Einschreibung des Lichtes Zeugnis vom Realen ab und es reflektiert es auch nicht, sondern es bezeugt eine Interpretation dieses Realen, die mit der Sprache ausgearbeitet und von ihr gefiltert ist"⁴² - nämlich die Algorithmen von Programmiersprachen. Der Moment der Wandlung analoger Signale zu numerischen Werten bricht mit dem indexikalischen Weltbezug und ersetzt ihn durch ihr radikal mathematisches, unsinnliches *mapping*.

Anschaulich entspricht die Menge der reellen Zahlen der Menge aller Moment der Zeitlinie. Die reellen Zahlen sind diesen Punkten eineindeutig zugeordnet, sind aber dem zeitdiskreten Digitalcomputer prinzipiell nicht zugänglich. "Diskret" bedeutet Zahlenwerte, die durch endliche Intervalle voneinander getrennt stehen und, in einzelne Punkte zerfallend, abzählbar sind.⁴³ Das Reelle (Signale) und das Diskrete (Numerische) schließen sich letztendlich aus, und die Konvergenz ist nur aufschiebbar: "Messungen einer reellen Größe liefern (diskrete) Werte, die mit einem Fehler behaftet sind."⁴⁴

In Form tätiger elektromagnetischer Relais oder elektronischer Flip-Flops weist technisch implementierte Mathematik über die symbolischer Ordnung "operativer Schriften" auf Papier (Sybille Krämer) im techno-diagrammatischen *Vollzug* hinaus. Arithmetische Operationen mit ganzen Zahlen liefern in mechanischen Sinne korrekte Resultate, anders das Rechnen mit *reellen* Zahlen, wo jedes noch so kleine Intervall der reellen Zahlenachse unendlich viele Werte enthält. Reelle Zahlen (wie "Pi") bilden ein Continuum. Der Wertebereich *real* stellt demgegenüber eine endliche Menge von Repräsentationen von Intervallen des Kontinuums dar, welches dadurch diskretisiert wird. Wird nicht mehr in der Zahl x , sondern mit dem Repräsentanten x des Intervalls, in dem sich x befindet, gerechnet, handelt es

⁴⁰ Bruno Fuchssteiner (Paderborn), hier zitiert nach: Helmut Neunzert, Mathematik und Computersimulation. Modelle, Algorithmen, Bilder, in: Braitenberg / Hosp (Hg.) 1995: 44-55 (50f)

⁴¹ Heinz Partoll / Irmgard Wagner, *Mathe macchiato Analysis*, München (Pearson) 2005, 26

⁴² Couchot a. a. O.

⁴³ Claudia Giannetti, Ästhetik des Digitalen. Ein intermediärer Beitrag zu Wissenschaft, Medien- und Kunstsystemen, Wien / New York (Springer) 2004, 24

⁴⁴ Jörg Pflüger, Wo die Quantität und Qualität umschlägt. Notizen zum Verhältnis von Analogem und Digitalem, in: Martin Warnke / Wolfgang Coy / G. C. Tholen (Hg.), *Hyperkult II. Zur Ortsbestimmung analoger und digitaler Medien*, Bielefeld 2005, 27-94 (45)

sich um eine Abstraktion von der konkreten Zahl - Cantors Lösung der Mengenlehre. Die Approximation tritt damit in der numerischen Rechnung, also in Prozessen, die Daten vom Typ *real* verarbeiten, an die Stelle der Exaktheit, ist aber in jedem Moment adressierbar.

Alan Turing beschreibt diese Grenze gleich eingangs in seinem kanonischen Text "On Computable Numbers" von 1937: "Die `berechenbaren´ Zahlen" - aus denen sich am Ende die Verwendung des Begriffs Computer ableitet - seien "beschreibbar als diejenigen reellen Zahlen, deren Dezimalausdrücke mit endlichen Mitteln errechnet werden können" - ein ausdrücklich temporal-finites Kriterium.

"Das Zu-Ende-sein besagt existenzial: Sein zum Ende. Das äußerste Noch-nicht hat den Charakter von etwas, wozu das Dasein sich verhält. Das Ende steht dem Dasein bevor."⁴⁵

"Obwohl die Klasse der berechenbaren Zahlen $\langle \dots \rangle$ in vielen Hinsichten der Klasse der reellen Zahlen ähnlich ist, ist sie gleichwohl abzählbar⁴⁶. Was abzählbar ist, faßt der Computer zeitdiskret. Dirichlets Funktion oszilliert unendlich dicht und endlich oft zwischen zwei Werten, als das Kontinuierliche im Diskreten.

An die Stelle symbolischer Ordnungen, etwa der Buchstaben im Schriftregime, rückten in "analogen" Medien physikalische Signale, etwa magnetische Spuren auf Magnettonband, *zeitreell*. "Daß $\langle \dots \rangle$ das Medium des Reellen in analogen Speichern zu suchen ist, zeigt jede Schallplatte. Was in ihre Rillen geritzt ist, kann unabzählbar viele verschiedene Zahlenwerte annehmen, aber es bleibt Funktion einer einzigen reellen Variablen, der Zeit."⁴⁷

So operiert der Analogrechner mit Signalspannungen im reellen Wertebereich, aber unscharf im Detail. Analogrechnen ist Messen. "Obwohl mit zunehmender Messdauer und Messaufwand die Messgenauigkeit einer statischen Größe f erhöht werden kann, ist eine exakte Messung einer reellwertigen Größe prinzipiell ausgeschlossen, da eine reelle Zahl einen unendlichen Informationsgehalt hat. Der Messwert f_0 ist also immer eine Näherung des physikalischen Wertes f ."⁴⁸

Die klassische Vorstellung des Kontinuierlichen ist an die Vorstellung gebunden, daß stetig der Wertebereich reeller Variablen durchlaufen wird (die physikalische "analoge" Messung); diese Episteme wird durch ein *operativ* Digitales ersetzt, das seitdem diese scheinbar kontinuierlichen Prozesse selbst emuliert. In Computern macht die prinzipielle Begrenztheit von Registern und

⁴⁵ Martin Heidegger, *Sein und Zeit*, Tübingen 15. Aufl. (Niemeyer) 1979, 150

⁴⁶ Alan Turing, On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, in: Proceedings of the London Mathematical Society (2) 42 (1937), übers. in: Kittler / Dotzler (Hg.), Alan Turing. Intelligence Service, Berlin (Brinkmann & Bose) 1987, 17-60 (19)

⁴⁷ Friedrich Kittler, Die Welt des Symbolischen - eine Welt der Maschine, in: ders., *Draculas Vermächtnis*. Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1991, 58-80 (68), unter Bezug auf: Jacques Lacan, *Schriften*, hg. v. Norbert Haas, Olten-Freiburg/Br., Bd. I, 24.

⁴⁸ R. Vahldieck / Ch. Hafner, Skript zur Vorlesung "Elektrotechnik" (Abteilung IIC) der ETH Zürich, Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik; Url: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:24638/eth-24638-01.pdf> (Zugriff 16. März 2010)

Speicherplätzen aus dem überabzählbaren Kontinuum der reellen Zahlen Endlichkeiten (Turings These), die diskret und daher maschinell rechenbar sind - die prinzipielle Grenze des Computers gegenüber der *Welt*.

Fehlt die Zeit? Mathematische Analysis als Königsweg zum Realen (Fourier, Gabor)

Die Fourieranalyse gehört zum Gebiet der mathematischen Analysis, wie sie überhaupt erst in der Neuzeit (mit Leibniz' und Newtons Differentialrechnung) entwickelt wurde und für den Begriff von Technomathematik grundlegend (*archéologisch*) ist. Denn was sich mit ihr einmal mathematisch analysieren läßt, ist in der Umkehrung (Synthese) computertechnisch (re-)produzierbar.

Fourier zufolge läßt sich für stetige, von der Zeit t reell abhängige Funktionen bzw. Vorgänge $f(t)$, die sich nach einer Zeit T wiederholen, f aus periodischen, harmonischen Schwingungen (Sinus- oder Kosinusfunktionen verschiedener Phase und Amplitude) genau definierter Frequenz in ganzzahligen Verhältnissen zusammensetzen. Durch diese analytische Konvertierung von Welt in Mathematik werden Zeitsignale berechenbar. Mathematische Analysis ist verbunden mit dem Anspruch einer allumfassenden Mathematisierbarkeit von sinnlich oder meßtechnisch erfahrbarer Welt, dynamische Kräfte oder Temperaturen (Fouriers eigentliches Thema). "Die Analysis kann sogar Erscheinungen beschreiben, die [...] extrem flüchtig sind⁴⁹ - bis hin zur elektromagnetischen Induktion. Dem Realen wird so mit prinzipiell mechanischen Mitteln des Reellen beigegeben: reele Zahlen, also auch π und die Eulersche Zahl "e", zur Berechnung von Winkelfunktionen für schwingende Prozesse. "Alle diese Erscheinungen macht die Analysis erfaßbar und meßbar" <Fourier ebd.> - und damit computerrechenbar. Die Fourier-Transformation übersetzt selbst irreguläre Signale "in eine Form, die uns zugänglich ist" <Hubbard 1997: 33> - nämlich rechenbar. Ein zeitlich (etwa Klang) oder räumlich (etwa Bild) veränderliches Signal wird in eine neue Funktion überführt, die Fourier-Transformierte des Signals, welche angibt, mit welchem Gewicht der (Ko-)Sinus mit der jeweiligen Frequenz im Signal enthalten ist. Das mathematische Modell (die Frage ist, inwieweit es einer Wirklichkeit entspricht) macht periodische Signale rechenbar.

"Auch ein Klavier vermag <...> eine Fourier-Analyse durchzuführen: Ertönt bei getretenem Pedal in seiner Umgebung ein lautes Geräusch, beginnen je nach den darin enthaltenen Frequenzen bestimmte Saiten zu schwingen⁵⁰ - das resonierende Klavier als Analogcomputer, wie auch das Ohr (nach von Helmholtz) mit seiner Basilarmembran ein solcher ist.⁵¹

"Computer theorists often refer to idealized analog computers as real computers (because they operate on the set of real numbers). Digital computers, by contrast, must first quantize the signal into a finite number of

⁴⁹ Joseph Fourier, *Analytische Theorie der Wärme*, zitiert hier nach: Barbara Burke Hubbard, *Wavelets. Die Mathematik der kleinen Wellen*, Basel / Boston / Berlin (Birkhäuser) 1997, 32

⁵⁰ Hubbard 1997: 33

⁵¹ Hermann von Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen xxx*, Braunschweig (Vieweg) 1863

values, and so can only work with the rational number set (or, with an approximation of irrational numbers). These idealized analog computers may in theory solve problems that are intractable on digital computers; however <...> in reality, analog computers are far from attaining this ideal, largely because of noise minimization problems. Given unlimited time and memory, the (ideal) digital computer may also solve real number problems."⁵²

Signalwandlung aber ist etwas Anders als der Status einer Simulation, wie ihn Szenarien wie Daniel F. Galoyes *Welt am Draht* respektive Filme wie *The Matrix* der Wachowsky-Schwestern entwerfen. Realität verschwindet damit aber nicht, sondern vielmehr auf eine andere Ebene verschoben, neu konfiguriert - in diesem Falle auf die Wirklichkeit von Rechnern.⁵³

Der Sprung von der Physik zur Medienwelt findet mit der Beherrschung elektromagnetischer Wellen statt. "Die Frequenzanalyse von Schall- oder elektromagnetischen Wellen besitzt zahlreiche Anwendungen, z. B. in der Senderwahl am Radio" <ebd.> - eine Art alltägliche Analogcomputierung.

Da sich selbst gewisse nichtperiodische Funktionen - abrupt abfallende - mit Fourier zerlegen lassen, wird damit das Reale dem Digitalen symbolisch zugänglich - um den Preis einer Wesensverwandlung.

In-der-Welt-Sein heißt in-der-Zeit-sein, wobei Zeit nicht auf Temporalität im Sinne der tickenden Uhrzeit, der chronologischen Zeit reduziert ist, sonder eine dynamische Verschränkung von Momentum und Impuls meint.

Sofern ein solcher Schwingungsvorgang von begrenzter Dauer ist, läßt er sich stets durch eine endliche Zahl von reellen oder komplexen Amplitudenwerten "völlig eindeutig darstellen"⁵⁴ - ein neuer Begriff von (high) fidelity, von "Treue", geboren aus der Medienästhetik selbst, insofern sie eine technomathematische ist. Bezeichnet B die spektrale Breite des akustischen Ereignisses und T seine Dauer, bedarf es höchstens $n = 2BT$ reelle Amplitudenwerte ("Informationsquanten" oder "Logonen") zu seiner adäquaten Erfassung (im Sinne der sinnesanthropologischen Beschränkung).

Doch die detaillierte Frequenzanalyse akustischer Vorgänge ist nicht hinreichend zur Erklärung eines Phänomens namens Klang; erst die operative Mathematik der *wavelets* kommt heute im Computer dem nahe, was das menschliche Gehör längst leistet: akustische Signale zugleich als Zeitfunktion und als Frequenzspektrum zu integrieren.⁵⁵ Die Gaborschen "akustischen Quanten" als deren Grundlage bestehen je aus einer "gaußisch berandeten Sinus- oder Kosinusschwingung". Akustische Elementarteilchen verschiedener

⁵² Online http://en.wikipedia.org/wiki/Analog_computer; accessed May 2007

⁵³ Siehe Valentin Braitenberg, Ein Wort geht um im neuen Gewand: Simulation, in: ders. / Inga Hosp (Hg.), *Simulation. Computer zwischen Experiment und Theorie*, Reinbek bei Hamburg (Rowohlt) 1995, 7-9 (8)

⁵⁴ Werner Meyer-Eppler, Elektronische Musik, in: F. Winckel (Hg.) 1955, 133-158 (150)

⁵⁵ Dazu Julia Kursell / Armin Schäfer, Klangwolken, in: Archiv für Mediengeschichte, Themenheft *Wolken* (2005), 167-180

effektiver Dauer Δt lassen sich entweder mathematisch "in reeller Schreibweise" darstellen, oder in graphischer Form.⁵⁶

Vier Parameter kennzeichnen ein Gaborsches Klangatom: die zeitliche Lage t_0 , die frequenzmäßige Lage ν_0 , das Zeitintervall Δt (die "effektive Dauer") und die komplexe Amplitude c . So werden physikalische Ereignisse (akustische Signale), zu einer Matrix angeordnet, als "Informationszellen" rechenbar.⁵⁷ Im sonischen Sinne steht damit die Endlichkeit (Zeitlichkeit) des Klangs nicht mehr außerhalb ihrer mathematischen Analyse.

Das Zeitreal im Akustischen

Erst mit dem *run*-Befehl, also der tatsächlichen Ausführung einer algorithmischen Anweisung im symbolischen Code der Maschine, teilt der Computer mit der Welt die Zeit und teilt der Welt Zeit mit. Seitdem hochleistungsfähige Datenverarbeitung zeitkritische Momente (nach-)vollzieht, erobert er die Momente des Zeitrealen.

Das schwingend-Akustische (im physikalisch Realen, im "Analogen" der Welt, wie es der Phonograph nachzeichnet als buchstäbliche Spur, als *groove*) faßt der Computer in gesampelten Datenstrings: also symbolisch. Mit dem Hex-Editor angeschaut, erweisen sich Soundfiles in Rechnern (.wav-Dateien oder .aiff-Dateien) als Zeichenketten im Hexadezimalcode vom Typus AC 00 00 10 B1 <...> 00 00 00 00 00.

Akustische Realität werden solche Datenreihen erst im an akustische digital-zu-analog-Wandler gekoppelten Vollzug des Prozessors.

In Hex-Werten (die indes ihrerseits selbstredend als elektrophysikalische Ladungen vorliegen und als Spannungen anliegen) kehrt jene Suprematie des phonetischen Alphabets, wie es einmal ausgerechnet zur symbolischen Analyse und Speicherung von Sprache und Klang entwickelt wurde⁵⁸, zurück, die mit dem Phonographen zunächst erledigt schien - doch markanterweise als alphanumerischer, nicht mehr phonetischer Code. Verbunden mit diesem neuen, radikal symbolischen Alphabetismus, der sich vom logozentristischen Primat menschlicher Sprache vollständig emanzipiert hat, ist eine stochastische Ästhetik, ein wirklich mathematischer Begriff der *stoicheia*, realisiert in digitalen Klangmanipulationsverfahren vom Typus Microsound und Granularsynthese: "To *granulate* means to segment a sound signal into tiny grains. <...> The sound may be further modified after this segmentation. The granulation algorithm then reassembles the grains in a new time order and microrhythm."⁵⁹ Obgleich hier im strikten Programmiersinn immer noch diskrete Symbole am Werk sind, drückt das Granularkonzept doch einen anderen Begriff der kleinsten Elemente aus: nicht Punkte, sondern kleinste Zeitpunkte, ein mikrotemporales Alphabet, chronostochastisch.

⁵⁶Abb.: Meyer-Eppler 1955: 150, Gleichung 17a, ebd. 151: Abb. 10

⁵⁷Ebd., 151, Abb. 11: Kompositions-Matrix

⁵⁸ Barry Powell, *Homer and the Origin of Writing*, xxx

⁵⁹ Curtis Roads, *Microsound*, Cambridge, Mass. 2004 (*2001), 187ff

Aristoteles schreibt über fallende Hirsekörner, die kaum einzeln, aber als Schar akustisch wahrgenommen werden können (Rauschen); Leibniz meinte in den am Strand sich brechenden Meereswellen die Natur sich rechnen zu hören (*natura calculans*) - am Kieselstrand buchstäblich.

Verlautbarungen gegen die Zeit: technische Stimmen

Sogenannte "analoge" technische Medien wie Phonograph und Chronophotographie vermögen - anders als der Diskurs der *revenants*, Geister, "Wiedergänger" - das Reale der Akustik (Stimme) und des Lebens (Bewegungsmomente) aufzuzeichnen und "wieder"zugeben. Im Roman *L'Éve future* von Villier d'Isle-Adam ertönt aus dem Garten von Edisons Labor in Menlo Park die Stimme einer Nachtigall, die tatsächlich schon tot ist, phonographisch (und telephonisch aus der Ferne übertragen).

Ein kultureller Choque ist damit einem signaltechnischen Aufzeichnungsmedium entsprungen: Gegenwärtige Ohren können dem Realen der Stimme von Toten lauschen. Eine techno-traumatische Ur-Szene stellt Barrauds Gemälde mit dem Hund Nipper dar, aus dem Grammophontrichter His Master's Voice lauschend, das zum Markenzeichen der Grammophone-Gesellschaft (HMV) geworden ist. Eine fundamentale Irritation der Kognition: Aisthetisch wird die Präsenz eines Menschen (verkörpert durch seine Stimme) erfahren, "historisch" gewußt aber wird die Vergangenheit, gar der Tod desselben. Hier findet auf der Ebene der Zeitachsenverschiebung (also hinsichtlich des zeitlichen Kanals) statt, was Maurice Blanchot für das Motiv des Sirenenengesangs bei Homer diagnostiziert: Es klingt wie das Vollendeteste am menschlichen Gesang, und doch weiß Odysseus um deren Monstrosität, also Technizität.

Phonograph und Grammophon machten die menschliche Stimme erstmals nicht mehr nur im Symbolischen (Vokalalphabet), sondern im Realen schreibbar - das Indexikalische der analogen Medien. Demgegenüber operieren digitale Medien im Reellen, d. h. im Reich der quasi-kontinuierlichen Zahlen, mit denen (für menschliche Sinne) der Eindruck des Realen (der Stimme etwa) selbst simuliert werden kann, in purer Rechnung (Sampling-Theorem).

Die *temporale Indexikalität* (Thomas Levin) von Ton- und Lichtspeicherung ist eine, die sich auf der Ebene realer Signalverarbeitung der symbolischen Zeit (der Raum des "Historischen") entzieht; was kulturelle Semantik war, rutscht hier auf die medienarchäologische Ebene. Das haben "analoge" Medien den vormaligen Kulturechniken (Buchdruck, Texte, Alphabet) und den digitalen (Computer) voraus, aus wenn der Computer scheinbar das Analoge zu emulieren vermag.

Die menschliche Stimme, welche logozentrisch (auch noch in der Epoche des Vokalalphabets) die längste Zeit für den Eindruck unmittelbarer Präsenz stand, führt seit der Möglichkeit ihrer Aufzeichnung im Realen zur Verunsicherung. In seiner Oper Die Nibelungen heißt es bei Wagner im Moment der Tötung Siegfrieds durch Hagen durch den Chor einmal "Hagen, was tust Du", und wenig später - nach Vollzug des Mords "Hagen, was tatest Du". Eine leichte Lautverschiebung u/a und der Einschub des "t" (als sei der Parameter

Zeitachse gemeint) indiziert hier, im realen Vergehen eines kurzen Zeitintervalls, den Unterschied zwischen Gegenwart und Vergangenheit. Beides aber ist gleich aufgehoben im Speichermedium, wenn es von Schallplatte oder Tonband gespielt wird. In High Fidelity-Qualität fällt die menschenseitige Unterscheidbarkeit des Hörens einer *live*-Übertragung und einer Aufzeichnung fort. Übertragung einerseits (Radio) und Aufzeichnung andererseits (Tonband) sind nur noch zwei Extreme ein und desgleichen Gefüges: das elektromagnetische Feld.

Mittels Magnetresonanz-Prospektion war die archäologische Expedition Universität Tübingen vor Troja auf der Suche nach der vermuteten "Unterstadt". Der Boden speichert über Jahrtausende Elektromagnetismus wie ein Tonband: Zeitstauchung im elektromagnetischen Feld. Dessen inhärente *différance* (von Maxwells Gleichungen präziser gefaßt als von Derridas Neographismus) wird zum differentialen Raum im *re-play*; temporale Indifferenz (die Aufhebung der Zeitdifferenz Vergangenheit / Gegenwart, *live*-Sendung / "live on tape") gehört zum Wesen technischer Medien.

Der Ontologie der menschlichen Stimme eignet, daß sie im Moment des Aussprechens schon entropisch verklingt, ein Dasein-zum-Tode im Sinne Heideggers. Stimme und Klang als periodische Schallereignisse aber "verstoßen gegen die Konventionen der Diachronie."⁶⁰ Ein erklärter Gegner der Sprechmaschine Wolfgang von Kempelen schreibt:

"Wenn die Töne sprechen können wir nicht unterscheiden, ob sie unsere Vergangenheit oder unsere Zukunft aussprechen. Wir hören ferne Tage, weggegangene und herkommende <...>. Denn kein Ton hat Gegenwart und stehet und ist; sein Stehen ist nur ein bloßes Umrinnen im Kreise, nur das Wogen einer Woge."⁶¹

Wenn eine sich ändernde Größe wie der Schalldruck in Frequenzen dargestellt wird, so ist dies im Prinzip einer Zeitdarstellung gleichberechtigt. Beide können zumindest theoretisch vollständige Darstellungen der Realität sein, wenn die Zeitpunkte oder die Frequenzen kontinuierlich gedacht werden - "kein Problem für den Mathematiker"⁶², und damit auch computerrechenbar.

"Wird die Frequenzdarstellung gewählt, so gibt es im Bereich dieser Darstellung keine Zeit mehr. Die Vorstellungen von vorher und nachher sind nicht anwendbar. Somit wird auch die gewohnte kausale Interpretation der Realität in Form von Ereignisketten hinfällig. Die Zeit ist also zur Darstellung eines vorgegebenen Ausschnittes der Realität nicht unbedingt nötig. Sie ist so gesehen also keine Eigenschaft einer abgeschlossen vorliegenden Realität selbst sondern eine Art ihrer Beschreibung. Letztendlich ist auch der Klang, den

⁶⁰ Daniel Gethmann, Die Übertragung der Stimme. Vor- und Frühgeschichte des Sprechens im Radio, Zürich / Berlin (diaphanes) 2006: 23

⁶¹ Jean Paul, Nachtfloer und Spätlinge des Taschenbuchs, in: Jean Paul's Werke, Bd. 48, Berlin 1820/1901, 185-194 (193)

⁶² Heinz Stolze (Institut für Stimme und Kommunikation, Bremen), Eintrag "Frequenz", in: <http://www.forum-stimme.de/pages.1/frequenz.htm#Anchor-Zur-49745>; Zugriff 8-6-07

wir hören, keine physikalische Realität. Die Klangstrukturen hängen von der Darstellung des Schalles im Ohr ab."⁶³

Das führt auf die Verschiedenheit des Wesens von neuronal gefiltertem Klang (die Helmholtzsche "Tonempfindung") und dem physikalisch tatsächlich zunächst gehörten, vorliegendem Schall. Daß bei der Frequenzdarstellung die Zeit bedeutungslos wird, muß für das Hören hinterfragt werden, da wir hier offenbar zeitlich wahrnehmen können. Hier liegt eine gemischte Art der Darstellung vor, die interessant ist in Hinblick auf das Heisenbergsche Unschärfetheorem von Messen (Hören): "Im Feinen, bei Ereignissen, die sich ganz schnell abspielen, wird die Frequenzdarstellung benutzt. Solche schnellen Abläufe sind klangbildend. Im 'Gröberen' wird die Zeitdarstellung benutzt." Im zeitkritischen Bereich verschwindet also die Zeit selbst. Die Zeitdimension wird wieder eingerechnet in Wavelets.

Die Anteilnahme der Medien am Realen: ihr Appell an den menschlichen Zeitsinn

Explizite Klänge oder implizit sonische, also periodisch-dynamische Signalprozesse in technischen Medien appellieren im phänomenologischen Sinne an den inneren menschlichen Zeitsinn; die Sinnesorgane werden durch zeitlich-bewegliche, zeitkritisch-periodische Schwingungen / Oszillationen massiert (im Sinne McLuhans) und resonieren.

Im Unterschied zu vormaligen Automaten operieren technische Medien und Maschinen (seit Photographie, elektro-mechanischem Phonograph, Film einerseits; elektronisches Radio und Fernsehen andererseits, schließlich Echtzeit-Digital Signal Processing in Computern) mit (Hoch-)Frequenzen und / oder Schwingungen, seitdem sie mit der Geschwindigkeit von Elektrizität selbst arbeiten: Elektronenröhren, die im Zeitbereich menschliche Sinneswahrnehmung in Nerven und Physiologie psychotechnisch selbst unterlaufen. Die von McLuhan analysierte Gutenberg-Galaxis stellt einen bloßen Raum des Symbolischen dar; "die Eigenart der Epoche der technischen Medien <...> liegt darin, die 'Zeit des Reellen', also jene Prozesse, die durch syntaktische Strukturen nicht fixierbar und also irreversibel, kontingent, chaotisch und singulär sind, als zeitliches Geschehen speicherbar und zugleich auch manipulierbar zu machen"⁶⁴. Es ist indes eine List der Vernunft, daß in signalverarbeitenden Prozessoren der Computer das kontingenzbehaftete physikalische Reelle, das die Übertragungs- und Speicherweisen analoger Medientechniken charakterisierte, selbst als Algorithmen und Code, also im Regime des Symbolischen handhabbar wurde. Technisch implementierter Code unterscheidet sich vom typographischen Regime gerade dadurch, daß er selbst in der Zeit tätig wird.

Die Δ -Funktion des Realen

⁶³ Heinz Stolze (Institut für Stimme und Kommunikation, Bremen)
<http://www.forum-stimme.de/pages.1/frequenz.htm#Anchor-Zur-49745>
Zugriff 8-6-07

⁶⁴ Sybille Krämer, Friedrich Kittler. Kulturtechniken der Zeitachsenmanipulation, in: Daniela Klook et al., Medientheorien. Eine Einführung, xxx-xxx (206)

Seitdem Hochgeschwindigkeitsrechner (in Wieners Epoche bestenfalls am Radarbildschirm vorstellbar) die mathematischen Gleichungen komplexer Variablen zu Bildern abzukürzen vermögen, gibt sich wahrhaft medientheoretisch eine Natur zu erkennen, "die kein Menschenauge je zuvor als Ordnung erkannt hatte: die Ordnung von Wolken und Meereswellen, von Schwämmen und Uferlinien. Die digitale Bildverarbeitung fällt also, gerade weil sie im Gegensatz zu hergebrachten Künsten gar keine Abbildung sein will, mit dem Reellen zusammen."⁶⁵ Leibniz glaubte einst, in den sich am Sandstrand brechenden Meereswellen die Natur selbst sich rechnen, buchstäblich kalkulieren zu hören.

Genuin gerechnete Objekte wiederum lassen sich durch ihre Sonifikation als Zeitwesen fassen: "Fraktale kann man auch vertonen. Ihre Darstellung in Form von Intervallen und Zeitwerten bietet die Merkmale einer [...] Musik [...]"⁶⁶. An dieser Stelle entbrigt sich die Allianz von Musik und Medienprozessen über den gemeinsamen Nenner ihrer radikalen Zeitgebundenheit; "hier gewonnene Erkenntnisse scheinen auf andere algorithmisch formulierbare Kunstformen durchaus übertragbar."⁶⁷

"Was sich in Siliziumchips, die ja aus demselben Element wie jeder Kieselstein am Wegrand bestehen, rechnet und abbildet, sind symbolische Strukturen als Verzifferungen des Reellen" <Kittler ebd.>. Leibniz hat es in der (dann von Deleuze wieder aufgegriffenen) Figur der Falte geahnt (auch Lessing zufolge wird eine Falte geworfen durch den "vorigen Augenblick des Gewandes und itzige des Gliedes"⁶⁸ - eine differentiale Verschränkung von Gegenwart und im-Nu-vergangener Gegenwart als unmittelbarer Vergangenheit), doch in seinem Willen zu kontinuierlichen, nicht-sprunghaften Naturprozessen übersieht Leibniz dabei geflissentlich, daß eine Welle, sobald sich bricht, sich selbst vorausseilt, also unstetig in einen anderen zeitlichen Zustand kippt. Während Leibniz also an der Welle die Natur sich selbst rechnen zu hören glaubte, rechnet sich dort unter der Hand eine andere, emergierende Mathematik (um im Bild der Welle zu bleiben): "Ausgerechnet die Brandung, die Leibniz ins Ohr gesungen hat, daß die `sinnlichen Ideen´ aus unendlich vielen aktual infinitesimal kleinen Einzelschwingungen zusammengesetzt sind, ist nun dabei, sein Kontinuitätsproblem zu verletzen. Die Leibnizschen Ontologie des Infinitesimalen überholt sich selbst" <Siegert 2003: 235>.

Die Herausforderung einer Fassung des Zeitverhaltens ganz anderer, nämlich elektromagnetischer Wellen, stellt sich Heinrich Hertz: "Hertz hat <...> dasjenige zu stellen und zu messen gehabt, was man nicht repräsentieren kann <...>: Zahlen im Raum (Feynman)."⁶⁹ Plausibler aber wäre der Begriff "Zahlen in der Zeit", handelt es sich hier doch um einen dynamischen Vorgang, um Medienoperativität, schwingende Vorgänge. Hertz weiß um diese zeitkritische

⁶⁵ Friedrich Kittler, *Optische Medien*. Berliner Vorlesung 1999, Berlin (Merve) 2002, 320

⁶⁶ Claude Lévi-Strauss, *Sehen Hören Lesen*, München / Wien (Hanser) 1995, 79

⁶⁷ Alberto de Campo / Julian Rohrer, "else if - Live Coding, Strategien später Entscheidung", in: xxx

⁶⁸ Zitiert nach Siegert 2003: 220. Siehe auch Gilles Deleuze, über das "Kristallbild", in: *Kino Bd. 2: Das Zeitbild*, Frankfurt/M. 1991; hier kommt Zeit unmittelbar zum Bild.

⁶⁹ Wolfgang Hagen, *Das Radio. Zur Geschichte und Theorie des Hörfunks* - Deutschland/USA, München (Fink) 2005, 36

Zuspitzung, notiert er doch Anfang Oktober 1886 in einem Laborprotokoll: "Gedanke, die 'Plötzlichkeit' des Funkens zu untersuchen."⁷⁰ Solch operative Zahlen (errechnet seit Maxwells Gleichungen), "diese epochale Unvorstellbarkeit von 'räumlich-wirklichen' Zahlen, die die Medien der Moderne konstituieren", schlägt Hagen in Anlehnung an Lacan vor, "das 'Reelle' zu nennen, das Reelle der Elektrizität. Hagen zitiert Hertz: "Man kann auf den Gedanken kommen, die einzelnen Schwingungen <sc. des sich entladenden Funkens> als Zeichen zu benützen" <Hertz 1889: 348> - was zur Maßzahl Hz wird. Durch eine "Verschiebung ins Akustische" (Hagen) wird die Wirksamkeit des an sich undarstellbaren elektromagnetischen Feldes faßbar. Zum hochempfindlichen Indikator zumindest ins niederfrequente Band heruntertransponierter oder demodulierter Schwingungen wird hier (neben der dürftigen Sichtbarkeit überspringender Funken) die telephonische Membran im Takt des die Spule durchfließenden Wechselstroms schwingt, wodurch die elektrischen Spannungsschwingungen in hörbare Tonschwingungen umgewandelt werden.

Bernhard Riemann formuliert später die Mathematik des Verdichtungsstoßes: Sobald an einem Punkt der in einem Funktionsgraphen symbolsch modellierten Welle die Dichtigkeitsstufe senkrecht zur Abszissenachse tritt, "tritt in dieser Curve eine Diskontinuität ein"⁷¹. Diskrete Pulse von endlicher Amplitude und gegen Null gehender Dauer aber laufen auf Dirac-Impulse, also auf die Delta-Funktion, hinaus, mithin das Reale der Physik (wellenmechanisch), wie es nur noch als mathematische Analysis existiert, sich aber am Phänomen der Überschallgeschwindigkeit auch akustisch manifestiert - als Knall, schneller als der Schall, also als zeitkritischer Überschlag - vergangene Zukunft *in nuce*. Die Analyse solcher Prozesse ist von menschlichen Sinnen nicht mehr zu leisten (es sei denn symbolisch: als zeitunkritische Mathematik); nur noch technologische Meßmedien vermögen solche Natur zu verstehen. 1886 verwendet Ernst Mach gemeinsam mit dem Physiker und Mechaniker Peter Salcher den elektrischen Funken höchstselbst, um Knallwellen durch selbstauslösende Ultrakurzzeitbelichtung photographisch zu bannen. "Das Projektil mit den Elektroden, dem Funken <...> und den Dichtenänderungen in der Luft bildet sich auf diese Weise bei der Momentanbeleuchtung ab, die in dem geeigneten Zeitpunkt von dem Projektil selbst im verdunkelten Zimmer ausgelöst wird" <zitiert nach Siegert 2003: 237> - technische *automathesis*, die eigentliche Welt technischer Medien.

Der elektrotechnische Takt als Zeitgenerator

Die Denkbarekeit von Zeitrealien wie dem Dirac-Impuls ist erst mit der Hemmung in der Räderuhr gegeben worden; am Ende stehen optische Uhren mit Frequenzkamm, "Der Pulsschlag der Zeit" im Ionen-Pendel.⁷²

Damit beginnt eine buchstäblich neuen Zeit: Die Vorstellung von Zeit als lineare Folge von Momenten wird zutiefst verstört durch die diskrete Zeit der

⁷⁰ Zitiert in Hagen 2005: 29, nach: Fölsing 1997: 269

⁷¹ Zitiert hier nach Siegert 2003: 236

⁷² Physik-Nobelpreisträger Theodor W. Hänsch (MPI Garching), Vortrag Humboldt-Universität zu Berlin, Mai 2007

elektromagnetischen Resonanzen, die schließlich zur technischen Realisierung des digitalen Takts eines jeden Computers werden, irreversibel in seinem realen Ablauf und rekursiv in seiner symbolischen Form.

Mit Induktionsspule und Wechselstromgenerator ist - frei nach Wolfgang Hagen (2005) und Annette Bitsch (2009) - zugleich eine nicht-chronologische Zeit implementiert worden, eine zunächst sinus- und cosinusförmig alternierende Schwingungsform (die Frequenz der kurz von Hertz nachgewiesenen Radiowellen), dann die zum diskreten Takt zwischen *on* und *off* zugespitzte Zeit, die in Form einer Frequency Master Clock die technische Möglichkeitsbedingung eines jeden zeitdiskreten *computing* darstellt.

Heinrich Hertz hat "dasjenige zu stellen und zu messen gehabt, was man nicht repräsentieren kann <...>: Zahlen im Raum (Feynman)."⁷³ Plausibler aber wäre der Begriff "Zahlen in der Zeit", handelt es sich hier doch um einen dynamischen Vorgang, um Medienoperativität, schwingende Vorgänge. Hertz weiß um diese zeitkritische Zuspitzung, notiert er doch Anfang Oktober 1886 in einem Laborprotokoll: "Gedanke, die 'Plötzlichkeit' des Funkens zu untersuchen."⁷⁴ Solch operative Zahlen (errechnet durch Maxwell), "diese epochale Unvorstellbarkeit von 'räumlich-wirklichen' Zahlen, die die Medien der Moderne konstituieren", schlägt Hagen in Anlehnung an Lacan vor, "das 'Reelle' zu nennen, das Reelle der Elektrizität. Hagen unterstreicht, "wie jedliche Übertragung des und im Reellen, wenn sie denn beschrieben werden soll, eine Verschiebung im Semiotischen impliziert" <ebd.>; Hagen zitiert Hertz: "Man kann auf den Gedanken kommen, die einzelnen Schwingungen <sc. des sich entladenden Funkens> als Zeichen zu benützen" <Hertz 1889: 348> - was zur Maßzahl Hz wird.

Das "virtuell" Reale in der rechnenden Maschine (Computer) = das mathematische Reelle

Analogcomputer stehen (wie klassische Meßmedien) zunächst auf Seiten des signaltechnisch Realen, Digitalcomputer auf der des Symbolischen. *Das* Moment(um) des Realen im Computer sind seine Operationen mit reellen Zahlen; *die* Momente des Realen sind die damit erzeugten kleinsten Zeitpunkte.

Beispielhaft steht für das, was der Computer mit dem Realen macht, seine Wettervorhersage. Das Wetter ist zunächst einmal nicht (wie etwa Geschichte als Historiographie) dem symbolischen Regime unterworfen. Mathematik aber vermag darauf zu reagieren; 1963 publiziert Edward N. Lorenz seine Gedanken zum "Deterministic Nonperiodic Flow" mit Gleichungssystemen zur Fluidkonvektion⁷⁵ - wie einst James Clerk Maxwell sich mit seinen gleichnamigen Gleichungen dem Phänomen der elektromagnetischen Induktion näherte. Zum Zug kommt hier das Konzept des Phasenraums, worin jeder Punkt einen kompletten Systemzustand bezeichnet.⁷⁶ Da eine analytische Untersuchung der zugrunde liegenden Funktionen kaum möglich ist, kalkuliert

⁷³ Wolfgang Hagen, *Das Radio. Zur Geschichte und Theorie des Hörfunks* - Deutschland/USA, München (Fink) 2005, 36

⁷⁴ Heinrich Hertz, zitiert von Hagen 2005: 29, nach: Fölsing 1997: 269

⁷⁵ Edward N. Lorenz, *Deterministic Nonperiodic Flow*, in: *Journal of the Atmospheric Sciences*, Bd. 20 (1963)

ein Computer die Systemzustände numerisch (im Unterschied zum Analogcomputer):

"Zunächst muss ein arbiträres Intervall Δt das zeitliche Kontinuum diskret machen, die Variablen hängen nicht mehr von ihrem Anfangszustand und der Zeit, sondern von ihrem Anfangszustand und der Anzahl der Iterationen ab; die reale Zeit ist ins Symbolische einer diskreten Zeit überführt und es kann über verschiedene Näherungen ein rekursiver Algorithmus entwickelt werden, der die automatisierte Berechnung eines Systemzustands aus den umliegenden Systemzuständen ermöglicht."⁷⁷

Im Phasenraum geschieht die numerische Lösung einer Gruppe von Gleichungen, durch die das System geregelt wird, diskret, denn der zu analysierende Prozeß "must be represented by a jumping particle rather than a continuously moving particle. Moreover, if a digital computer is instructed to represent each number in its memory by a preassigned fixed number of bits, only certain discrete points in phase space will ever be occupied"⁷⁸ - das kybernetische Opfer des Realen im digitalen Raum (dem Shannon/Nyquist-Abtast-Theorem zum Trotz).

Letztendlich geht im Phasenraum die quasiperiodische Figur (der Iteration) in eine irreguläre, unvorhersagbare über - die Figur des *strange attractor*. Dieser im symbolischen Raum des Computers evozierte Prozeß gibt wiederum Aufschluß (oder ein Modell) über nicht-deterministische Vorgänge im Realen. So "suggeriert Lorenz' Argumentation den Übergriff eines einfachen mathematischen Modells, das in einer symbolverarbeitenden Maschine numerisch kalkuliert wird, auf das Reale der Atmosphäre"⁷⁹ - ein Übergriff, wie er erst im hochfrequent getakteten Computer in (aus menschlicher Sicht) hinreichender Zeitbegrenzung der Rechnung chrono-pragmatisch wird.

Gleichzeitig - und das macht die eigentliche Dramatik dieser Berechnungen aus - wird eine radikale Unsicherheit aufgerufen, die bestimmten deterministischen Gleichungssystemen inhärent ist. Der Computer holt das Reale der Wolken und des Wetters in ein Milieu der Simulierbarkeit im Symbolischen, indem er es trunkiert; gleichzeitig fängt er sich aber auch die trunkierten Reste des Realen mit ein.⁸⁰

Aristoteles' *Meteorologie* ahnt es: "Die spiegelnden Teilchen <sc. der Wolke> muß man sich als Kontinuum vorstellen, so jedoch, daß jedes einzelne unsichtbar ist, seiner Kleinheit wegen, daß aber aus allen zusammen, da sie so dicht aufeinander folgen, sich der Eindruck einer Einheit ergibt"⁸¹; sein anderes Beispiel sind die fallenden Hirsekörner, die einzeln bestenfalls einen für Menschen kaum wahrnehmbaren akustischen Impuls, aber als Schar ein Rauschen erzeugen.

⁷⁶ Siehe James Gleick, Charos. Die Ordnung des Universums. Vorstoß in Grenzbereiche der modernen Physik, München 1990, 197f

⁷⁷ Thomas Heilmann, Schleierwolken des Realen, in: Archiv für Mediengeschichte (2005), 27-38 (32)

⁷⁸ Lorenz 1963: 134

⁷⁹ Heilmann 2005: 34

⁸⁰ Heilmann ebd.

⁸¹ Aristoteles, Meteorologie / Über die Welt, Berlin 1970, 79; dazu Heilmann 2005: 38

Das Reale im / als elektromagnetisches Feld

Wenngleich in Form von zu binären Kippschaltungen kreuzgekoppelten Elektronenröhren diskrete Prozeduren im Realen offensichtlich funktionieren, hat das Wissen noch lange nicht ergründet, was sich eigentlich ereignet. Jedenfalls hat es eine mathematische Existenz - etwa Maxwells Gleichungen. Bleibt ein Abgrund zwischen der Vorstellung des Diskreten und der Realseite des Elektromagnetischen: daß ein elektrisches Feld nicht fürsichseiend neben einem nachfolgenden magnetischen Feld existiert, sondern erst durch sein Zusammenbrechen ein magnetisches Feld induziert, also keinem der beiden Zustände ein isoliertes Sein oder eine Präsenz jemals zukommt.⁸²

Eine Photographie Jonathan Zennecks zeigt den Luminiszenzleck auf dem Schirm einer Braunschen Röhre bei einem Nullsignal.⁸³ Für solche Prozeduren des Realen in der Zeit steht nicht minder Lacans Entwurf des Unbewußten als eine Prozedur des Realen in der Zeit, die jedoch nicht neurobiologisch verifizierbar ist. Er kybernetisiert und operationalisiert das Unbewußte. Unterstellt ist hier das technologische Apriori der Computermathematik des 20. Jahrhunderts.

"Echtzeit" - das zeitliche Reale?

Technomathematische Signalverarbeitung appelliert an die Phänomenologie menschlichen Daseins auf der Ebene des Zeit(kritischen)Sinns, mithin also *existenzial*. Heidegger zufolge "gilt es, den existenzialen Sinn des Zu-Ende-kommens des Daseins diesem selbst zu entnehmen"⁸⁴. Mikrotemporale Momente, die auf der Ebene maschineller Signalverarbeitung operieren, emulieren das menschliche Dasein auf der Zeitebene, wobei hier gut aristotelisch wieder Zeit Zahl wird, aber eben eine operative. Es gibt ein Reales in der Zeit des Rechnens: *hypertime*. Analog zu Konrad Zuses Begriff vom *Rechnenden Raum* gilt hier die rechnende Zeit: VR auf zeitkritischer Ebene, auf der Ebene der Zeitwahrnehmung.

Die phänomenologische Analyse menschenseitiger Gegenwartserfahrung ist keine medien-spezifische. Zur Medienphänomenologie im strikten Sinne (und damit zum Gegenstand von wohldefinierter Medienwissenschaft) wird sie erst durch die technische Erdung, d. h. hinsichtlich a) ihrer Faßbarkeit überhaupt erst durch technologische Meß- und technomathematische Analyseverfahren), und b) insofern sie direkte Funktionen des technologischen Gestells sind. Edmund Husserl beschreibt die "reelle" Koinzidenz der fortdauernden Gegenwart des Objekts und seiner fortdauernden Wahrnehmung, seines Bewußtseins, seines Gewußt-Seins: "Indem wir in dem ins Auge gefaßten

⁸² Dazu Annette Bitsch, Diskrete Gespenster. Die Genealogie des Unbewussten aus der Medientheorie und Philosophie der Zeit, Bielefeld (transcript) 2009, sowie Hagen 2005

⁸³ Jonathan Zenneck, Eine Methode zur Demonstration und Photographie von Stromcurven, in: Annalen der Physik und Chemie, N. F., 69 (1899), 847, Abb. LXVIIa, reproduziert in: Siegert 2003: 570

⁸⁴ Martin Heidegger, Sein und Zeit, xxx, 242

Jetztzeit dem 'Bewußtsein' von der Gegenständlichkeit, von unserem Becher, selbst ein Jetzt zuschreiben, ist sicher alles darin gleichzeitig, und zwar 'jetzt', was zu diesem Bewußtsein 'reell' gehört."⁸⁵ Implizit meint Husserls damit Echtzeit; medienarchäologisch strikt heißt dies in Analogie zur Definition von Echtzeit im *computing*: Das Bewußtsein errechnet (besser: resoniert in Alpha-Wellen) die Gegenwart des Objekts im gleichen Zeitfenster wie die sensorische Signalübertragung seiner Wahrnehmung.

Signalprozessierung meint "the analysis und processing of physical phenomena that can be measured and digitized using a digital computer"⁸⁶. Diese Definition, die im Sinne des *symbolical calculus* von McCulloch / Pitts auch für neuronale Signalverarbeitung gilt, wird im Aspekt des Zeitreals konkretisiert.

Gemäß DIN 44300 wird unter Echtzeit bzw. Realzeit der Betrieb eines Rechnersystems verstanden, bei dem Programme zur Verarbeitung anfallender Daten ständig betriebsbereit sind, so daß die Verarbeitungsergebnisse innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne verfügbar sind⁸⁷ - das Δt als Zeitreal. Manifest wird diese latent sich ereignende Medienzeit für Menschen in zeitkritischen Computerspielen: "Anders als bei den 'entscheidungskritischen' (Adventure-)Spielen und den 'konfigurationskritischen' (Strategie-)Spielen geht es bei den 'zeitkritischen' (Action-)Spielen um das Herstellen von Rhythmus als 'Gelingen von Form unter der (erschwerenden) Bedingung von Zeitlichkeit' (Gumbrecht)."⁸⁸

⁸⁵ Edmund Husserl, Vorlesungen zur Phänomenologie des inneren Zeitbewußtseins, hg. v. Martin Heidegger [*1928], 2. Aufl. Tübingen (Niemeyer) 1980, 322

⁸⁶ Ashfaq A. Khan, Digital Signal Processing Fundamentals, Hingham, Mass. 2005, xix

⁸⁷ Heinz Wörn / Uwe Brinkschulte, Echtzeitsysteme. Grundlagen, Funktionsweisen, Anwendungen, Berlin 2005, 1

⁸⁸ Claus Pias, "noise, narrow-band devices" - Prologomena zur Animationsgeschichte des Computerspiel(er)s, in: Kai-Uwe Hemken (Hg.), Bilder in Bewegung. Traditionen digitaler Ästhetik, Köln (DuMont) 2000, 222-236 (223), unter Bezug auf: Hans Ulrich Gumbrecht, Rhythmus und Sinn, in: ders. / K. L. Pfeiffer (Hg.), Materialität der Kommunikation, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1988, 714-729