

Claus Pias

Elektronenhirn und verbotene Zone

Zur kybernetischen Ökonomie des Digitalen

»I shall consider the living organisms as if they were purely digital automata«

John von Neumann

»Every digital device is really an analogical device«

Norbert Wiener

»The devils are generally working somewhere in between«

*John Stroud*¹

I

»I shall consider...« So fängt die Kybernetik erster Ordnung an – auch wenn sie dieses Anfangen später oft vergessen und zu Erklärungsgewißheiten abkürzen sollte. Angenommen, das Denken wäre eine Serie von Schaltzuständen (McCulloch); angenommen, das Leben wäre ein Code, der entschlüsselt werden kann (Gamow); angenommen, die Psyche wäre ein Algorithmus (Lacan); angenommen, das Politische wäre eine berechenbare Funktion (Beer); angenommen, die Schönheit wäre ein Informationssystem (Bense), angenommen... Warren McCulloch, einer der Gründerväter der Kybernetik, nannte dies eine *experimentelle Epistemologie*: »Epistemische Fragen [...] lassen sich, wenn man in den Begriffen der Kommunikation denkt, theoretisch mit Hilfe der kleinsten Signale beantworten, die in Rechenmaschinen Aussagen in Bewegung darstellen.«² Und daß diese Rechenmaschinen nun überall hausen und Kommunikation überall walten soll, markiert den seltsamen Ort des kybernetischen Wissens zwischen Philosophie und Technik, zwischen Medizin, Geistes- und Ingenieurwissenschaften, zwischen Theorien und Bauplänen. Kybernetik verstand sich als epistemische Epochenschwelle und versprach, in allen möglichen und heterogen geglaubten Wissensbereichen die gleichen Gesetze von Information, Feedback und Boolescher Logik ausmachen zu können. Sie beanspruchte, für Lebewesen ebenso wie für Maschinen, für ökonomische ebenso wie für psychische Prozesse, für soziologische ebenso wie für ästhetische Phänomene zu gelten und damit eine neue (und vorerst letzte) Universalwissenschaft eines gerade angebrochenen ›Informationszeitalters‹ zu begründen.

Doch nicht die Verwandlungen dieser Ansprüche interessieren hier, sondern ihre Grundlagen. Denn die Epistemologie der Kybernetik gründet seit ihren Anfängen in den 1940er Jahren auf der Unterscheidung von analog und digital. Sie nimmt das Digitale als *Medium* allen Wissens an, das in den *Formen* von Computern und Nervengewebe, in der Berechenbarkeit des Schönen oder den Regelkreisen der Wirtschaft, in der Organisation des psychischen Apparats und des Lebens selbst gleichermaßen virulent ist, das alte Trennungen des Wissens aufhebt und neue Ähnlichkeiten schafft und das die Grenzen oder Schnittstellen zwischen jenen Einheiten neu organisieren soll, die man Mensch und Natur, Mensch und

¹ John von Neumann: »The General and Logical Theory of Automata«, in: Lloyd A. Jeffress (Hrsg.): *Cerebral Mechanisms in Behavior. The Hixon Symposium*, New York 1951, S. 10; die übrigen Zitate in: Claus Pias (Hrsg.): *Cybernetics – Kybernetik. The Macy Conferences 1946-1953*, 2 Bde., Berlin 2003, Bd. 1, S. 158, 182.

² Warren McCulloch: *Verkörperungen des Geistes*, Wien/New York 2001, S. 67.

Apparat, Subjekt und Objekt, *psyche* und *techné* nannte. Man mag diesen strategischen Grund des Digitalen an drei maßgeblichen Quellen der Kybernetik ermessen, die perfekt zusammenspielen: dem logischen Kalkül bei Warren McCulloch und Walter Pitts, der Informationstheorie bei Shannon und dem Feedback bei Norbert Wiener.

II

Warren McCulloch und Walter Pitts hatten 1943 einen kleinen Aufsatz mit dem Titel *A Logical Calculus Immanent in the Ideas of Nervous Activity* verfaßt. Dieser kaum zwanzig Seiten lange mathematische Beweis beginnt mit dem denkbar ambitioniertesten Anspruch, nämlich eine Theorie zu schreiben die »so umfassend ist, daß die Geschöpfe Gottes und der Menschen sie gleichermaßen belegen.«³ In einer Mischnotation aus Carnap, Russell und eigenen Zeichen entwerfen die Autoren darin eine Art logischen Kalkül der Immanenz: Neuronale Interaktion wird transkribiert in Aussagefunktionen und umgekehrt können dann Aussagefunktionen in neuronale Interaktion transkribiert werden. Und das hieß *erstens*, daß es zum Verständnis eines beliebigen Stücks Nervengewebes ausreicht, es als Verkörperung Bool'scher Algebra zu begreifen. Die materielle Realität glibberiger Gehirnmasse ist allenfalls eine schlampige Instantiation der wahren Ideen einer reinen und schönen Schaltlogik auf die (platonischen) »Instrumente der Zeit«. Dieses Konzept einer verkörperten Mathematik implizierte *zweitens*, daß es für logische Notationen gleichgültig ist, worauf sie gespielt werden – ob auf Synapsen oder auf Röhren, ob von Schaltern oder von Tintenstrichen. Deshalb konnten McCullochs/Pitts' Begriffe zugleich neurophysiologische, philosophische und computertechnische Begriffe sein – Begriffe, die arbeiten und funktionieren, die zugleich theoretische wie praktische Entitäten begründen, die neuronale Strukturen modellieren und zugleich Artefakte konstruieren – so wie John von Neumann, den Aufsatz in der Hand, Digitalcomputer konstruierte. Dies bedeutete *drittens*, daß wenn alle neuronalen Funktionen als Verkörperung eines logischen Kalküls aufgeschrieben werden können, man wohl zugeben muß, daß alles, was gewußt werden kann, in einem und durch ein logisches Kalkül, gewußt werden kann. Mit anderen Worten: Zu jedem denkbaren Gedanken läßt sich ein Schaltungsnetz konstruieren, das ihn schaltet und damit denkt, und der »Geist« findet sich plötzlich auf dem Arbeitstisch des Ingenieurs wieder. »Mind no longer goes more ghostly than a ghost«, wie McCulloch selbst schreibt.⁴ In dieser dekonstruktiven Wendung soll der Mensch zum besonderer Fall der Informationsmaschine und die Informationsmaschine zum besonderer Fall des Menschen werden. Das menschliche Selbst erscheint »computationally constituted« (McCulloch), denn dieses Selbst verleiht nicht nur seinen Erfahrungen Sinn durch (bewußte) Symbolmanipulation, sondern es macht auch alle Erfahrung erst durch (unbewußte) Symbolmanipulation möglich. Lacan wird hier anschließen können.

Diese neue (kognitive statt behavioristische) »Menschenfassung« in digitalen Schaltungen hat nicht nur die Eleganz eines mikro- wie makroskopisch funktionierenden Modells universaler Symbolmanipulation, sondern läßt sich auch paßgenau an Claude Shannons Informationstheorie anschließen, die ebenfalls im Digitalen gründet. Denn *erstens* operiert diese mit binären Operationen zur Bestimmung des Informationsgehalts, ebenso wie McCullochs abstrakte Synapsen nur »Alles-oder-Nichts«-Zustände kennen. *Zweitens* begreift sie Information als eine dritte Kategorie jenseits von Stoff und Energie – als etwas, das unabhängig von der Materialität seiner Instanzen verlustfrei übertragbar ist, ebenso wie McCullochs Schaltungen verlustfrei in Fleisch oder Metall oder Silizium implementierbar sind. Und *drittens* operiert sie mit jenen statistischen Ereigniswahrscheinlichkeiten, die

³ McCulloch

⁴ McCulloch

McCulloch neurologisch für die Erkenntnismöglichkeit von Universalien im aristotelischen Sinne verantwortlich macht.

Zuletzt wiederum lassen sich logischer Kalkül und Informationstheorie mit jenen Feedbackkonzepten verzahnen, die Norbert Wiener, Julian Bigelow und Arturo Rosenblueth zur gleichen Zeit entwickelten. Denn *erstens* beruhen das Verfolgen verschiedenster ›Ziele‹ und die »nichtdeterministische Teleologie« auf Differenzen, deren (Un-)Wahrscheinlichkeit sich als Informationsbetrag zählen läßt, und *zweitens* dürfen diese Abweichungen nicht kontinuierlich, sondern müssen im Takt diskreter Zeitintervalle gemessen werden. *Drittens* und zuletzt brauchen digital fundierte ›Lebewesen und Maschinen‹ das Feedback-Konzept, um selbst produktiv zu werden. Gedächtnis und Phantomschmerz, Stottern und Neurosen, Lachen und reine Verstandesbegriffe (um nur einige Themen der frühen Kybernetik zu nennen) sind in aufgeklappten Black-Boxes als Schaltungen mit Kreisen zu beobachten, in denen unentwegt die eigenen Signale prozessiert werden und in denen das Netz selbst ein neues oder zusätzliches Wissen erzeugt, das keiner weiteren Inputs von außen bedarf, sondern nur seine eigenen Outputs zurückbiegt.

So evident jedoch ist, daß alle drei grundlegenden Konzepte der Kybernetik – Schaltalgebra, Informationstheorie und Feedback – jeweils nur auf digitaler Basis arbeitsfähig sind und erst durch das Konzept des Digitalen zu einer kybernetischen Epistemologie verschaltet werden können, so umstritten sind die Begriffe von analog und digital und ihre Differenz um 1950 selbst. Die Gründungsakten der Kybernetik, die zehn sog. *Macy-Conferences* zwischen 1946 und 1953, kreisen immer wieder um die Bedeutung der Begriffe analog und digital, um ihre konzeptuelle Reichweite und ihre empirische ›Wahrheit‹, die zwar fundamental für das strategische Dispositiv der Kybernetik ist, aber deswegen noch lange nicht selbstverständlich. So wirbeln die regelmäßig wiederkehrenden Unterhandlungen um analog und digital jedesmal neue Begriffspaare an die Oberfläche: Entropie versus Information, kontinuierlich versus diskontinuierlich, linear versus nichtlinear, Ereignis versus Wiederholung, Wahrscheinlichkeit versus Unwahrscheinlichkeit, Reales versus Symbolisches, Natur versus Artefakt, usw. Schon daher mag es lohnen, die anfängliche Uneinigkeit noch einmal aufleben zu lassen.

III

Am Ende wird alles ganz einfach gewesen sein. So schreibt Warren McCulloch im letzten, zusammenfassenden Text zur letzten (und allmählich idiosynkratisch gewordenen) *Cybernetics*-Konferenz von 1953:

We began by considering computers as »analogue,« if the magnitude of some continuous variable like voltage, pressure, or length were made proportional to a number entering into a computation; and as »digital« if they were a set of stable values (at least two) separated by regions of instability, and the number was represented by the configuration of the stable state of one or more components. Analogue devices showed tendencies for errors to appear in the least significant place, but were limited by precision of manufacture and could not be combined to secure additional places. Digital devices might show errors in any place (a limitation inherent in all positional nomenclatures), never required extreme accuracy, and could always be combined to secure another place, at the same price per place as previously. When components are relays, the digital devices sharpen the signal at every repetition. We considered Turing's universal machine as a »model« for brains, employing Pitts' and McCulloch's calculus for activity in nervous nets.

Wir begannen damit, Computer als »analog« anzunehmen, wenn die Größe gewisser kontinuierlicher Variablen wie Spannung, Druck oder Länge einer Zahl proportional gemacht werden, die in die Berechnung eingeht; und als »digital«, wenn es einen Satz fester Werte (mindestens zwei) gibt, die durch Regionen der Instabilität getrennt sind, und wenn die Zahl durch eine Konfiguration fester Zustände einer oder mehrerer Komponenten dargestellt wird. Analoge Geräte zeigten die Tendenz, Fehler an den unbedeutendsten Stellen auftreten zu lassen, sind aber durch Fertigungstoleranz beschränkt und können nicht zu zusätzlichen, sicheren Stellen kombiniert werden. Digitale Geräte können Fehler an jeder Stelle aufweisen (eine Beschränkung, die allen Stellensystemen inhärent ist), brauchen keine hohe Genauigkeit

und können immer zu einer weiteren, sicheren Stelle kombiniert werden, zum selben Preis pro Stelle wie die vorangegangene. Wenn es sich bei den Komponenten um Relais handelt, schärft das digitale Gerät das Signal bei jeder Wiederholung. Wir nahmen Turings universale Maschine als ein »Modell« für Gehirne an, in dem das Pitts- und McCulloch-Kalkül für die Aktivität neuronaler Netze arbeitet.⁵

Damit resümiert McCulloch eigentlich nur die Position, die John von Neumann schon in der ersten Konferenz von 1946 markiert hatte:

The first [paper] was presented by von Neumann. He described computing machines built most commonly in a Boolean fashion on the radix 2. He contrasted these digital machines with analogical mechanisms in which numbers were represented continuously by magnitudes of length, force, voltage or whatnot, and he pointed out the superiority of the former to the latter with respect to their ability to extend their precision indefinitely by the addition of like components. It was his general thesis that such devices could compute any computable number or solve any logical problem presented to them in their own language provided it had a solution.

Das erste [Papier] wurde von von Neumann präsentiert. Er beschrieb Rechenmaschinen, die gemeinhin in Boole'scher Weise auf der Basis 2 gebaut werden. Er stellte diese digitalen Maschinen analogen Mechanismen gegenüber, bei denen Zahlen kontinuierlich durch Größen von Längen, Kräften, Spannungen oder ähnliches dargestellt werden, und er verwies auf die Überlegenheit der ersteren gegenüber den letzteren in Hinsicht auf ihre Fähigkeit, ihre Genauigkeit durch die Addition gleicher Elemente unendlich zu steigern. Seine allgemeine These war, daß solche Geräte jede berechenbare Zahl berechnen oder jedes logische Problem, das ihnen in ihrer eigenen Sprache gegeben wird, lösen können, vorausgesetzt es hat eine Lösung.⁶

Neumann, dessen Engagement in der Kybernetik nach Wolfgang Hagens These ohnehin nur zur Tarnung seines Interesses an der Entwicklung leistungsfähigerer Digitalrechner für militärische Zwecke diente,⁷ hatte sich also in gewisser Weise durchgesetzt, und die Effektivität binärer Turingmaschinen wurde zum Inbegriff dessen, was heute als »digital« gilt. Doch die Diskussionen der dazwischen liegenden Konferenzen künden weniger von der Gewißheit, daß Digitalität und moderner Rechnerbau schlicht im Zeichen der Effektivität zusammenfallen, als vielmehr von einem (Er)Findungsprozeß, in dem die Begriffe analog und digital noch alles andere als scharf umrissen, die betroffenen Gegenstände noch vielfältig, die Ziele und Möglichkeiten noch offen und die Grundlagen noch fragwürdig sind. So sind in den zahlreichen kurzen Wortwechseln vielleicht vier Leitmotive auszumachen: die Tragfähigkeit des neurologischen Modells, die ingenieurtechnischen Implikationen, die »Wirklichkeit« des Digitalen und das systematische Verhältnis der Begriffe analog und digital.

Schon auf der ersten Konferenz ließ der Widerspruch zu John von Neumanns Annahme, man könne alle lebenden Organismen als digitale Automaten behandeln, auf Widerspruch.⁸ »*The contrapuntal theme came from Wiener, namely that if such a device were set to solve any of the Russellian paradoxes it ought to go into a series of operations instead of coming to a conclusion, so that if it first decided that something was true it would next decide that it was false and vice versa.*« »Die Gegenrede kam von Wiener, nämlich daß ein solches Gerät, wenn dazu eingesetzt werde, eine der Russell'schen Paradoxien zu lösen, in eine Schleife von Operationen gerät statt zu einer Lösung zu kommen, so daß, wenn es zuerst entscheidet, daß irgendetwas wahr ist, als nächstes entscheidet, daß es falsch war und umgekehrt.«⁹ Digitale Geräte zeigen, anders gesagt, einen

⁵ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 723 (diese und alle folgenden Übersetzungen C.P.).

⁶ Warren McCulloch, »An Account on the First Three Conferences on Teleological Mechanisms«, Typoskript aus dem Privatbesitz Heinz von Foersters, October 1947, S. 2.

⁷ Wolfgang Hagen, »Die Camouflage der Kybernetik«, in: *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 2, S. 253-270.

⁸ Dazu später John von Neumann: *Theory of Self-Reproducing Automata*. Hrsg. A.W. Burks, Urbana/London 1966.

⁹ Warren McCulloch (wie Anm. 6), S. 1.

Hang zu neurotischem Verhalten,¹⁰ aus dem eine übergeordnete Instanz sie befreien muß. Vier Konferenzen später, 1949, wird diese regulierende Kraft das Analoge sein.

John von Neumann hatte dort vehement insistiert, daß es völlig gleichgültig sei, was sich nun hinter der Alles-oder-Nichts-Funktion von Neuronen verberge. Entscheidend sei, daß das Gehirn gar nicht analog funktionieren könne, weil es unmöglich sei, so viel Information analog zu verarbeiten.¹¹ Ein seltsamer Zirkelschluß also, der selbst schon vom Shannonschen, digitalen Informationsbegriff ausgeht, um dann zu beweisen, daß das Gehirn nur digital sein kann, weil es eben große Mengen solcher Information zu verarbeiten hat. Selbst McCulloch war hier vorsichtiger und gab zu, daß seine formalen Neuronen mindestens so ›unrealistisch‹ waren wie reibungsfreie Newton'sche Oberflächen oder Bohr'sche Atome.¹² So waren es zunächst Gregory Bateson und Norbert Wiener, die auf die analogen und ›humoralen‹ Abläufe des Körpers verwiesen. Bateson: »It seems to me we get back to the problem of neurosis very importantly when we see the body as a whole as a possible analogic calculating machine.« Wiener: »A machine with an analogic part and a digital.« Bateson: »Mir scheint, wir kommen unausweichlich auf das Problem der Neurose zurück, wenn wir den Körper als ganzen als eine mögliche analoge Rechenmaschine sehen.« Wiener: »Eine Maschine mit einem analogen Teil und einem digitalen.«¹³ So seien weite Teile des Körpers gar nicht mit dem Speichern und Verarbeiten von Information beschäftigt, sondern »experimentieren«¹⁴ mit diesen Informationen. Wiener: »the modification of the synapse, if you want to call it that. In other words, the mere fact that a large part of our thinking is done by a digital machine, which we all grant, does not in my opinion exclude the existence as you have said of important parts of an analogic machine.« Wiener: »[Es ist] die Veränderung der Synapse, wenn Sie es so nennen wollen. Mit anderen Worten: die bloße Tatsache, daß ein großer Teil unseres Denkens durch eine digitale Maschine vollzogen wird, dem wir alle zustimmen, schließt meiner Ansicht nach nicht, wie Sie es genannt haben, die Existenz entscheidender Teile einer analogen Maschine aus.«¹⁵ In diesem hybriden Verbund wirken die digitalen Entscheidungen auf den Körper ein, und umgekehrt wirken auch die Flüssigkeiten auf synaptische Entscheidungen ein. Es herrscht eine Art ›Waffengleichheit‹ zwischen synaptischen und humoralen, d.h. digitalen und analogen Vorgängen.¹⁶

Im Jahr darauf, 1950, sollte der Physiologe Ralph Gerard diese These präzisieren und dafür harsche Kritik ernten. Die digitalen Aspekte des Gehirns würden – so Gerard – von den meisten Kybernetikern überschätzt, denn die (analoge) Chemie spiele eine enorme Rolle. Halluzinationen, willentliche Handlungen oder auch das Bewußtsein selbst seien keine Angelegenheit einer reinen Schaltagebra, sondern diese selbst hänge wiederum von Kohlendioxid- und Blutzuckerspiegel, von der Calcium-/Magnesium-Balance, von Thyroiden usw. ab. Die Existenz eines digitalen Mechanismus sei noch keine Garantie dafür, daß diese Digitalität auch funktionale Bedeutung habe. Nach einer langen Beweiskette gelangt Gerard zu dem provozierenden Schluß: »The [...] implication is that these synapses are not acting digitally.« »Die Konsequenz ist, daß diese Synapsen nicht digital arbeiten.«¹⁷ Wiener sollte ihm beipflichten und darin eine Chance zu anderen Computerkonzepten als dem sich

¹⁰ Bei Shannons Maus etwa die »singing condition«, während derer sie endlos im Kreis läuft, bis sie nach sechs Umdrehungen von einem »antineurotic circuit« befreit wird (*Cybernetics – Kybernetik* [wie Anm. 1], Bd. 1, S. 474f.).

¹¹ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 31.

¹² Lily Kay: »Von logischen Neuronen zu poetischen Verkörperungen des Geistes«, in: *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 2, S. 231-252.

¹³ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 83.

¹⁴ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 83.

¹⁵ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 83.

¹⁶ Erhard Schüttpelz: »To whom it may concern messages«, in: *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 2, S. 183-198.

¹⁷ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 175.

etablierenden von Neumann'schen erkennen. Zukünftige analog/digitale Hybridrechner sollten Vorteile daraus ziehen, die digitalen Teile auf »nondigital ways« zu steuern und damit den Antagonismus von analog und digital zu überwinden.¹⁸

Dies lief selbstredend jenen Konzepten entgegen, mit denen John von Neumann – unterstützt durch enorme militärische Forschungsgelder und höchst erfolgreich – begonnen hatte, Digitalcomputer zu konstruieren. Schon 1945 (also ein Jahr vor der ersten Macy-Konferenz) hatte er in seinem berühmten Grundlagenpapier, dem *First Draft of a Report on the EDVAC*,¹⁹ der aller Geheimhaltung zum Trotz in Fachkreisen zirulierte, die McCulloch/Pitts'sche Abstraktion auf den Rechnerbau zugespitzt. Recheneinheit und Speicher, so argumentiert Neumann dort, »correspond to the associative neurons in the human nervous system« »entsprechen den verknüpften Neuronen menschlichen Zentralnervensystem«,²⁰ oder genauer:

»Every digital computing device contains certain relay like elements, with discrete equilibria. Such an element has two or more distinct states in which it can exist indefinitely. These may be perfect equilibria, in each of which the element will remain without any outside support, while appropriate outside stimuli will transfer it from one equilibrium into another. [...] It is worth mentioning, that the neurons of the higher animals are definitely elements in the above sense. They have all-or-none character, that is two states: Quiescent and excited.[...] Following W. PITTS and W. S. MACCULLOCH ("A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", Bull. Math. Biophysics. Vol. 5 (1943), pp. 115-133) we ignore the more complicated aspects of neuron functioning: Thresholds, temporal summation, relative inhibition, changes of the threshold by after effects of stimulation beyond the synaptic delay, etc. [...] It is easily seen, that these simplified neuron functions can be imitated by telegraph relays or by vacuum tubes. Although the nervous system is presumably asynchronous [...], precise synaptic delays can be obtained by using synchronous setups. [...] the natural arithmetical system to handle [this] is the binary one.«

»Jeder digitale Computer beinhaltet gewisse relaisartige Elemente mit diskreten Gleichgewichten. Solch ein Element hat zwei oder mehr unterschiedene Zustände, in denen es unendlich existieren kann. Dies können perfekte Gleichgewichte sein, in denen das Element jeweils ohne irgendeine zusätzliche Versorgung verbleibt, wohingegen bestimmte Reize von außen es vom einem Gleichgewicht in das andere überführen. [...] Es ist erwähnenswert, daß die Neuronen höherer Tiere eindeutig Elemente in dem beschriebenen Sinne sind. Sie haben einen Alles-oder-Nichts-Charakter, d.h. zwei Zustände: Still[?] und erregt. [...] W. Pitts und W.S. McCulloch folgend [...] ignorieren wir die komplizierteren Aspekte neuronaler Abläufe: Erregungsschwellen, zeitliche Summation, relative Hemmung, Veränderungen der Erregungsschwelle in Folge einer Stimulation jenseits der synaptischen Verzögerung, usw. [...] Es ist offensichtlich, daß diese vereinfachten neuronalen Funktionen durch Telegraphenrelais oder Vakuumröhren nachgeahmt werden können. Obwohl anzunehmen ist, daß das Nervensystem asynchron ist [...], können präzise synaptische Verzögerungen durch synchrone Anordnungen erreicht werden. [...] Das natürliche arithmetische System um so etwas zu behandeln ist das binäre.«²¹

Schon vor Beginn der kybernetischen Unterhandlungen ist also klar, was erst einmal zu »ignorieren« ist, um dann als »natürlich« erscheinen zu können. Gemeinsamer Speicher für Programme und Daten, Binarität, zentraler Takt und Sequenzialität als Grundbestimmungen der von-Neumann-Architektur entstpringen also nicht einfach dem Vergleich mit neuronalen Prozessen, sondern vielmehr einer gezielten Ignoranz gegenüber dem zeitgenössischen Wissen von ihnen im »electronic brain«. Der Mathematiker Neumann konnte deshalb produktiver (oder vielleicht ungehemmter) sein als seine Physiologie- und Ingenieurskollegen, weil er als Mathematiker von Details gar nichts wissen wollte. Denn genau so, wie er im

¹⁸ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 176.

¹⁹ John von Neumann: *First Draft of a Report on the EDVAC*. Contract No. W-670-ORD-4962. Between the United States Army Ordinance Department and the University of Pennsylvania. Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, June 30, 1945. URL: <http://qss.stanford.edu/~godfrey/vonNeumann/vnedvac.pdf>, 8.12.2003.

²⁰ *First Draft of a Report on the EDVAC* (wie Anm. 19), Abschnitt 2.6.

²¹ *First Draft of a Report on the EDVAC* (wie Anm. 19), Abschnitt 4.2-5.1.

Kleinsten davon absah, daß biologische Wetware einen Eigensinn jenseits von Alles-oder-Nichts besitzt, sah er auch im Größten von der Materialität der Hardware ab. In der Prinzipschaltung des Digitalrechners ist »M« eben ein Speicher – wie immer er auch (historisch wechselhaft) implementiert sein mag. Dieser epochemachende Einzug einer logischen Ebene in den Rechnerbau erwies sich als so tragfähig, daß alle Rechner (von wenigen faustgroßen Relais bis zu heutigen GHz-Chips) fortan als unterschiedlich skalierte ›Verkörperungen‹ der von-Neumann-Architektur gelten durften. Und er erwies sich als so erfolgreich, daß alle alternativen Versuche – von Multivalued Logic, Harvard Memory Architecture, Very Long Instruction Word, Massive Parallel Processing oder Quantum Computing – ihre Monokultur nicht gefährden konnten. Kurzum, mit den zusammenfassenden Worten Heinz von Foersters: »The applicability of digital notions to the actions of the central nervous system has been questioned, but the calculus worked out for handling them is [...] applicable to electronic digital computers« »Die Anwendbarkeit digitaler Begriffe auf die Vorgänge im Zentralnervensystem wurde in Frage gestellt, aber der Kalkül, der ausgearbeitet wurde um sie zu handhaben, ist anwendbar auf elektronische Digitalrechner«. ²²

Doch die Möglichkeiten des effizienten Gerätebaus waren nicht unbedingt das, was die Runde der frühen Kybernetiker beschäftigte. Vielmehr ist es zunächst eine schlichte, materielle Gegenstandswelt von Lichtschaltern, Rechenschiebern, Thermometern und Herzschrägen, von der aus sich dann eher epistemologisch orientierte Fragen (nach den unscharfen Grenzen zwischen analog und digital, nach der Rolle des Beobachters, nach Supplementarität und Ignoranz) entwickeln und den Grund der Differenz selbst zur Sprache bringen. So beginnt Norbert Wiener mit der etwas verworrenen Beschreibung eines Lochbretts oder einer hügeligen Landschaft:

»Every digital device is really an analogical device which distinguishes region of attraction rather than by a direct measurement. In other words, a certain time of non-reality pushed far enough will make any device digital. Supposing I have a block here, supposing I drill conical holes into it, now this could be used as an analogy. I could put things here or there. I distinguish these reasons [meint er regions?], however, not by actually giving a map of the region but what the ball will roll into. In [159] other words, as I emphasize as the important measurement, the whole field of attraction of these, the probability that the ball will stand at the edge of regions in balance has become extremely small. I could do this to a degree by introducing not an absolute separation but a quantity which went up faster than the first power. I could get devices intermediate between digital and numerical devices. The important thing of the digital device is the use of non-linearity in | order to amplify the distinction between fields of attraction and that can be done to a greater or lesser degree. I am considering it now from the physical point of view of the human[?] instead of taking the places it rolls into. [...] My indeterminacy would be something intermediate between what it would be with a pure analogical and a pure digital device. I think it is necessary to consider the physics of digital devices.«

»Jedes digitale Gerät ist in Wirklichkeit ein analoges Gerät, das Gebiete eher durch Anziehung unterscheidet als durch direkte Messung. Mit anderen Worten: Eine gewisse Zeit der Unwirklichkeit [*time of non-reality*] macht, wenn sie genügend forciert wird, jedes Gerät digital. Angenommen, ich habe hier einen Klotz und angenommen, ich bohre konische Löcher hinein, dann kann das als Analogie dienen. Ich kann Dinge hier oder da hineinstecken. Ich unterscheide die Gründe dafür jedenfalls nicht, indem ich eine Karte der Gegend mache, sondern dessen, wo der Ball hineinrollt. Mit anderen Worten: Sobald ich als entscheidende Messung das gesamte Anziehungsfeld dieser [Gegenden] betone, wird die Wahrscheinlichkeit, daß der Ball an der Grenze einer Region in einem stabilen Gleichgewicht zu stehen kommt, extrem klein. Ich kann dies bis zu einem gewissen Grad tun, indem ich keine absolute Trennung einführe, sondern eine Quantität, die schneller steigt als die erste Kraft[?]. Ich kann Geräte zwischen digitalen und numerischen[!] Geräten bekommen. Die entscheidende Sache an digitalen Geräten ist die Benutzung von Nicht-Linearität um die die Trennung zwischen Anziehungsfeldern zu versärken, und das kann in höherem oder geringerem Maße gemacht werden. Ich betrachte das jetzt aus der physikalischen Perspektive des Menschen[?] statt Positionen einzunehmen rollt es hinein. [...] Meine Unbestimmtheit wäre

²² *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 346.

etwas zwischen dem, was sie in einem rein analogen und einem rein digitalen Gerät wäre. Ich glaube es ist notwendig, die Physik digitaler Geräte zu berücksichtigen.²³

Etwas deutlicher wird das Argument, wenn Wiener wenig später den immer wieder als analog zitierten Rechenschieber ›digitalisiert‹. Man müsse nur für eine gewisse ›Körnigkeit‹ (*granulation*) sorgen und schon sei ein digitales Element eingeführt. Digital sind die dabei entstandenen »Felder der Anziehungskraft«, die eine kontinuierliche Bewegung über weite Teile zwar nicht verhindern, aber doch ein Einschnappen an bestimmten Positionen wahrscheinlicher machen.²⁴ So kann Lawrence Kubie die Frage des Beobachters anschließen, der die Differenz von analog und digital produziert, wie etwa im Fall des Thermometers, das erst im Ablesen digital wird. »whether a machine is digital or analogical depends on the use to which the machine is put. As a measuring device, however, a machine must always be digital.« »Ob eine Maschine analog oder digital ist, hängt vom Verwendungszusammenhang ab, in den die Maschine gestellt wird. Als Meßgerät jedenfalls muß eine Maschine digital sein.«²⁵ Und diese Frage beantwortet sich – gemäß John Stroud – auf jeder Beobachtungsebene anders: »You begin with the rather highly digital electron, conclude the next step with the rather analogical hard vacuum tube, use it as a ›flip-flop,‹ which is primarily a digital element, and so on. When you have gone through enough stages, what you are finally dealing with depends upon function. [...] An ordinary amplifier, if you put a signal in it at the right level, is an analogical device. If you use too much signal, it begins to clip off, with two states« »Man beginnt mit dem eher hochdigitalen Elektron, landet beim nächsten Schritt bei der eher analogen, materiellen [*hard*] Vakuumröhre, benutzt sie als Flip-Flop, was ja eher ein digitales Element ist, und so weiter. Wenn man über genügend Schwellen überschritten hat, hängt es am Ende von der Funktion ab, mit was man es zu tun hat. [...] Ein normaler Verstärker ist, wenn man ein Signal der richtigen Stärke einspeist, ein analoges Gerät. Wenn man zu viel Signal gibt, beginnt er abzuschneiden, mit zwei Zuständen«²⁶ Dies ermöglicht es noch einmal, Chancengleichheit zwischen digitalen und analogen Mechanismen herzustellen, d.h. für Wiener: »To say that a thing is digital is to say that we use this technique of accuracy in the machine instead of the technique of accuracy which consists in extreme precision of the measurement« »Zu sagen, daß ein Ding digital ist, heißt zu sagen, daß wir diese [d.i. die digitale] Technik der Genauigkeit in der Maschine benutzen statt der Technik der Genauigkeit, die in einer extremen Präzision der Messung besteht.«²⁷ Und vielleicht könne man sich sogar auf eine Sprachregelung wie »diskret codiert« versus »kontinuierlich codiert«²⁸ einigen.

Faszinierend daran ist vor allem, wie John von Neumann dies alles mit wenigen gezielten Sätzen so zu wenden vermag, daß alles wieder ›paßt‹. *Erstens* nämlich formt Neumann, nach dessen sequenziellem Konzept sich Computergeschichte fortan als Geschichte schnelleren Schaltens schreiben wird, Wieners topographisches Modell einer Wahrscheinlichkeitslandschaft in ein zeitkritisches Modell um. Das Entscheidende an einem »switching organ« sei schließlich, daß es die ›Zeit der Unwirklichkeit‹ möglichst kurz halte, d.h. daß es möglichst »found in one or the other of its two extreme discrete states, and spends only very little time transiently in the intermediate states that form the connecting continuum. Thus there is a combination of relatively fixed behavior first, then a rapid transition, then again a relatively fixed, though different, behavior.« »in dem einen oder dem anderen seiner beiden extremen Zustände vorgefunden wird und nur sehr wenig vorübergehende Zeit in den dazwischenliegenden Zuständen verbringt, die das verbindende Kontinuum formen. So gibt es eine Kombination von relativ sicherem Verhalten zuerst, dann einen schnellen Übergang, und

²³ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 158f.

²⁴ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 178.

²⁵ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 190.

²⁶ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 182

²⁷ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 187.

²⁸ »discretely coded« und »continuously coded«, *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 188.

dann wieder ein relativ sicheres, wenn auch anderes, Verhalten.«²⁹ Die Wahrscheinlichkeitstheorie des Digitalen rutscht damit auf eine Zeitachse zusammen und wird zu einer Theorie der Passage, die den »paranormalen Zustand«³⁰ des Kontinuums aus Effektivitätsgründen tunlichst kurz hält, um schnellstmöglich wieder bei gesicherten symbolischen Verhältnissen zu landen. *Zweitens* erkennt Neumann an, daß die Elektrizität, auf der Digitalrechner aufbauen, ein »analoges Konzept«³¹ sein mag und daß Röhren oder Relais kontinuierlich stimuliert werden mögen. »One must say that in almost all parts of physics the underlying reality is analogical, that is, the true physical variables are in almost all cases continuous« »Man muß wohl sagen, daß in nahezu allen Bereichen der Physik die zugrundeliegende Realität analogisch ist, das heißt, die wahren physischen Variablen sind in nahezu allen Fällen kontinuierlich.«³² Zugleich ist damit aber auch klargestellt, daß das Digitale nichts mit dem Realen zu tun hat: »The digital procedure is usually a human artifact for the sake of description.« »Die digitale Vorgehensweise ist normalerweise ein menschliches Artefakt zum Wohl der Beschreibung.«³³ Damit fällt Wieners Kompromiß discretely/continuously coded aus, gegen den eine Shannon'sche Informationstheorie ohnehin einiges vorzubringen hätte. Denn das Digitale als Symbolisches ist von dem Analogen als Realem grundverschieden. Und dabei bleibt allemal erstaunlich, daß in der ganzen Diskussion der Begriff der Entropie niemals fällt.³⁴ *Drittens* eröffnet Neumann eine allzu verlockende Fortschrittsgeschichte am Beispiel der Aerodynamik. In deren drei Stufen steht am Anfang das Flugzeugmodell im Windkanal und herrscht eine Ordnung der ›Ähnlichkeit‹ (*similarity*) in allen Details. Mit den Analogrechnern folge eine Epoche der ›Repräsentation‹: Der Differential Analyzer sieht zwar anders aus als das Geschoß, das er berechnet, aber er ist ebenfalls analog, weil er physikalische Quantitäten durch kontinuierliche Variablen repräsentiert.³⁵ Mit den Digitalrechnern zuletzt eröffnet sich die Zeit der ›Simulation‹, in der »discrete actions are in reality simulated on the background of continuous processes.« »diskrete Handlungen vor dem Hintergrund kontinuierlicher Vorgänge simuliert werden.«³⁶ Nach der Ähnlichkeit und der funktionalen Repräsentation ermöglicht der Einzug einer symbolischen Zwischenschicht eine neue ›Welt der Maschine‹³⁷ und fordert zugleich einen Vertrag: »I think it is essential to point out that this involves a forbidden ground in between and an agreement never to assign any value whatsoever to that forbidden ground.« »Ich glaube es ist entscheidend hervorzuheben, daß das eine verbotene Zone des Dazwischen einschließt und eine Abmachung, niemals irgendeinen Wert dieser verbotenen Zone zuzuschreiben« (Julian Bigelow).³⁸ Man muß »ignore the actual continuity« »die aktuelle Kontinuität ignorieren« (Walter Pitts)³⁹. »treat them as if these transition states did not exist. It is quite a good way of treating them.« »[B]ehandle sie als würden diese Übergänge einfach nicht existieren. Das ist ein guter Weg mit

²⁹ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 177.

³⁰ Mircea Eliade: *Initiation, rites, sociétés secrètes*, Paris 1976.

³¹ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 176.

³² *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 181.

³³ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 182.

³⁴ Um ein Beispiel zu nehmen: Der Barcode, der auf Verpackungen gedruckt ist, besteht aus Papier und Tinte. Diese Materialität ist sein entropischer oder ›analoger‹ Teil, der vergilben und zerfallen mag. Zugleich kann aber Information (nicht-entropisch, digital) an ihm beobachtet werden, die dann jedoch wiederum materiell (d.h. analog und entropiebehaftet) gehalten werden muß – bspw. in Speicherchips oder Röhren, deren Materialität ebenso hinfällig ist – und die dann wieder digital beobachtet werden können.

³⁵ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 181.

³⁶ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 177.

³⁷ Friedrich Kittler, »Die Welt der Maschine – Eine Welt des Symbolischen«, in: ders.: *Draculas Vermächtnis. Technische Schriften*, Leipzig 1993, S. 58-80.

³⁸ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 187.

³⁹ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 186.

ihnen umzugehen« (John Stroud).⁴⁰ Und so kam es wohl zum einzigen Redeverbot der zehn Tagungen: Gerard: »May I speak now?« McCulloch: »No, not now.«⁴¹

IV

Der Grund des Digitalen und zugleich die Begründung seiner Produktivität liegt also in einem Diskursverbot. Die Unterdrückung eines notwendigen Dritten (des Kontinuums, der Passage, der Materialität oder wie immer man es nennen mag) wird zum Motor eines Funktionierens, das Beobachten heißt.⁴² Diesen Umstand könnte man die »kybernetische Illusion« nennen.⁴³ Der Begriff der »Illusion« bezeichnet bei Kant den Umstand, daß Urteile immer die Funktion eines unüberwindlichen Scheins sind, weil sie sich aus sinnlichen und verstandesmäßigen Anteilen zusammensetzen.⁴⁴ Ersterer ist weder wahr noch falsch, weil die reinen Sinne gar keine Urteile haben, letzterer ist nie falsch, weil der reine Verstand keine Fehler macht, sondern stets nach seinen Gesetzen handelt und notwendig mit sich übereinstimmt. Und man mag darin die kybernetische Unterscheidung von analog und digital wiedererkennen, die das Analoge, die Form oder auch die materielle Synapse auf die Seite der Sinne und das Digitale, das Medium oder die logische Synapse auf die Seite des Verstandes stellt. Die Ansprüche einer Herrschaft des Digitalen markieren damit eine Anstrengung, sich von der unvermeidlichen Illusion zu befreien und zu stets »wahren« Urteilen zu gelangen, wohingegen die Anerkennung beider Seiten die illusorische Funktion (im Kant'schen Sinne) respektiert. Heinz von Foerster jedenfalls, der staunende Beobachter und Protokollant dieser Diskussionen, sollte später als Kritik an diesem Umstand nicht nur eine Beobachtung der Beobachtung fordern, sondern (in gewissem Sinne) auch eine Ethik wider jenes Digitale gründen, in dem nur berechenbare Zahlen berechnet und lösbar Probleme gelöst werden.⁴⁵

Zugleich zeichnet sich mit den Diskussionen um analog und digital schon zu Beginn der Kybernetik ihre spätere Spaltung und Krise ab. Denn ihre Versöhnungsträume einer neuen Universalwissenschaft teilen sich zusehends in instrumentelle und experimentelle Bereiche, in Apparate und Epistemologien. Während beispielsweise im Computerbau die von Neumann-Architektur ihren unvergleichlichen Siegeszug antritt, versammelten sich die Forschungen zu alternativen (d.h. analogen, hybriden usw.) Formen des Computing seit 1958 an Heinz von Foersterns *Biological Computer Laboratory* in Illinois. Doch gerade weil dort eine Kultur des epistemologischen Experiments ernst genommen wurde, kamen eben keine produktförmigen Geräte für Industrie und Militär heraus, schwanden die Gelder und wurde das Institut nach Foersterns Emeritierung 1976 spurlos geschlossen. Erstaunlicherweise ist dies auch etwa die Zeit, zu der die enorme Flut kybernetischer Publikationen langsam verebbt. Stattdessen gründeten Koalitionen von Praktikern aus Nachrichtentechnik, Betriebswirtschaft, angewandter und numerischer Mathematik eine akademische Disziplin namens »Informatik«. Diese wollte mit den »luftigen Grundfragen der Kybernetik«⁴⁶ nichts zu tun haben, sondern die in Industrie, Wirtschaft und Verwaltung erhobenen Forderungen nach

⁴⁰ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 187.

⁴¹ *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 1, S. 193.

⁴² Vgl. das Beispiel in Anm. 34.

⁴³ Vgl. Claus Pias: »Die kybernetische Illusion«, in: C. Liebrand/I. Schneider (Hrsg.): *Medien in Medien*, Köln 2002, S. 51-66.

⁴⁴ Immanuel Kant: *Kritik der reinen Vernunft*, R. Schmidt (Hrsg.), Hamburg 3/1990, S. 334-338.

⁴⁵ Albert Mueller: »Eine kurze Geschichte des BCL. Heinz von Foerster und das Biological Computer Laboratory«, in: *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften*, 11 (2000), 9-30; vgl. zum Verhältnis von Kybernetik und BCL auch *Wissen – Organisation – Gesellschaft. Internationaler Heinz von Foerster-Kongreß*, 13.-15. November 2003 (erscheint 2004).

⁴⁶ Wolfgang Coy: »Zum Streit der Fakultäten. Kybernetik und Informatik als wissenschaftliche Disziplinen«, in: *Cybernetics – Kybernetik* (wie Anm. 1), Bd. 2, S. 199-208, hier S. 204.

Datenverarbeitungsfachleuten, Systems Engineers und Systems Analysts befriedigen, die mit den neuen Digitalmaschinen umgehen können. Zeitgleich mit dem Ausklang einer dreißigjährigen Phase kybernetischer Begeisterung entstand in den 70ern jedoch auch eine Home- und Personal-Computing-Bewegung, die die Hoffnungen einer befreiten, aufgeklärten und partizipierenden Gesellschaft mit den Vorstellungen von Computer Literacy, Netzwerken und Digitalrechnern für Alle verband.⁴⁷ Zumindest letztgenannte sollten sich in den 80ern verbreiten – und in ihrem Gefolge nicht nur das, was heute allorts »Digitalisierung« heißt, sondern auch eine weitere Episode der Kybernetik, die (zumindest in Deutschland) fortan nicht mehr mit »K« wie »Kyber-«, sondern mit »C« wie »Cyber-« geschrieben wurde. So mag man konstatieren, daß mit dem Branden der ersten Welle der Kybernetik in den späten 70ern (und der geradezu symbolischen Schließung des *BCL*) zwar die experimentelle Phase von Analog/Digital zu Ende ging, daß zugleich aber nur dieses Ende es ermöglichte, daß eine »Digitalisierung« auf breiter Basis stattfinden konnte, innerhalb derer Home- und Personal-Computer zur standardisierten Handelsware wurden und millionenfach digitale Texte, Bilder und Klänge entstanden, die noch einmal ganz andere theoretische Fragen anlocken als die wenigen proprietären Großgeräte der kybernetischen Grundlagenphase.

⁴⁷ Claus Pias: »Video-Spiel-Computer. Episoden der Informationsgesellschaft«, in: I. Schneider/C. Barz/I. Otto (Hrsg.): *Medienkultur der 70er Jahre: Information/Kommunikation*, Opladen 2004 (im Druck).