

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<sup>1</sup>*

## Erstens

„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

---

1 Von Neumann, John: „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: Verf. (Hrsg.): *Cybernetics – Kybernetik. The Macy Conferences 1946-1953*, 2 Bde., Zürich/Berlin 2003, Bd. 1, S. 158, 182.

beantworten, die in Rechenmaschinen Aussagen in Bewegung darstellen.“<sup>2</sup> 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 Boole'scher 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 40er 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 Apparat, Subjekt und Objekt, *psyche* und *techne* 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 Claude Shannon und dem Feedback bei Norbert Wiener.

## Zweitens

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

---

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

eine Theorie zu schreiben, die ‚so umfassend ist, daß die Geschöpfe Gottes und der Menschen sie gleichermaßen belegen.‘ 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 Boole’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 und 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. Erkenntnistheorie geht in Physiologie auf, oder 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.<sup>3</sup> In dieser dekonstruktiven Wendung soll der Mensch zum besonderen Fall der Informationsmaschine und die Informationsmaschine zum besonderen 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 an dieses Maschinenmodell der Psyche anschließen können.

---

3 McCulloch, Warren/Pitts, Walter: „A Logical Calculus Immanent in the Ideas of Nervous Activity“, in: *Bulletin of Mathematical Biophysics*, Nr. 5 (1943) S. 115-133, hier S. 132.

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

Zuletzt wiederum lassen sich logischer Kalkül und Informationstheorie mit jenen Feedback-Konzepten 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 Blackboxes 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 so genannten *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‘ jedes Mal 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.

## Drittens

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:

Wir begannen damit, Computer als ‚analog‘ anzunehmen, wenn die Größen gewisser kontinuierlicher Variablen wie Spannung, Druck oder Länge einer Zahl proportional gemacht werden, die in die Berechnung eingehen; 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.<sup>4</sup>

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

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 kontinu-

---

4 *Cybernetics – Kybernetik* (Anm. 1), Bd. 1, S. 723 (diese und alle folgenden Übersetzungen Claus Pias).

ierlich 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.<sup>5</sup>

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,<sup>6</sup> 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 ingenieurstechnischen Implikationen, die ‚Wirklichkeit‘ des Digitalen und das systematische Verhältnis der Begriffe ‚analog‘ und ‚digital‘.

Schon auf der ersten Konferenz stieß John von Neumanns Annahme, man könne alle lebenden Organismen als digitale Automaten behandeln, auf Widerspruch.<sup>7</sup>

Die Gegenrede kam von Wiener, nämlich dass ein solches Gerät, wenn es 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.<sup>8</sup>

---

5 McCulloch, Warren: „An Account on the First Three Conferences on Teleological Mechanisms“, Typoskript aus dem Privatbesitz Heinz von Foersters, October 1947, S. 2.

6 Hagen, Wolfgang: „Die Camouflage der Kybernetik“, in: *Cybernetics – Kybernetik* (Anm. 1), Bd. 2, S. 253-270.

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

8 McCulloch: „An Account on the first Three Conferences on Teleological Mechanisms“ (Anm. 5), S. 1.

Digitale Geräte zeigen, anders gesagt, einen Hang zu neurotischem Verhalten,<sup>9</sup> 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.<sup>10</sup> Ein seltsamer Zirkelschluss also, der selbst schon vom Shannon'schen, 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.<sup>11</sup> So waren es zunächst Gregory Bateson und Norbert Wiener, die auf die analogen und ‚humoralen‘ Abläufe des Körpers verwiesen. 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.“<sup>12</sup> So seien weite Teile des Körpers gar nicht mit dem Speichern und Verarbeiten von Information beschäftigt, sondern „experimentieren“<sup>13</sup> mit diesen Informationen. 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, der wir alle zustimmen, schließt meiner Ansicht nach nicht die, wie Sie es genannt haben, Existenz entscheidender Teile einer analogen Maschine aus.<sup>14</sup>

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‘ zwi-

---

9 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* (Anm. 1), Bd. 1, S. 474f.).

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

11 Kay, Lily: „Von logischen Neuronen zu poetischen Verkörperungen des Geistes“, in: Verf.: *Cybernetics – Kybernetik* (Anm. 1), Bd. 2, S. 231-252.

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

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

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

schen synaptischen und humoralen, d.h. digitalen und analogen Vorgängen.<sup>15</sup>

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 Schaltalgebra, 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: „Die Konsequenz ist, dass diese Synapsen nicht digital arbeiten.“<sup>16</sup> Wiener sollte ihm beipflichten und darin eine Chance zu anderen Computerkonzepten als dem sich 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.<sup>17</sup>

Dies lief nicht nur den Versuchen der Kybernetik entgegen, der Emergenz unscharfer Ontologien an der Schwelle von Organischem und Nicht-Organischem informationstheoretisch Herr zu werden, sondern auch jenen Konzepten, 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“<sup>18</sup>, das aller Geheimhaltung zum Trotz in Fachkreisen zirkulierte, die McCulloch/Pitts'sche Abstraktion auf den Rechnerbau zugespitzt. Recheneinheit und Speicher, so

---

15 Schüttpelz, Erhard: „To whom it may concern messages“, in: Verf.: *Cybernetics – Kybernetik* (Anm. 1), Bd. 2, S. 183-198.

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

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

18 Von Neumann, John: „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: [qss.stanford.edu/~godfrey/vonNeumann/vnedvac.pdf](http://qss.stanford.edu/~godfrey/vonNeumann/vnedvac.pdf), 8.12.2003. Wiederabgedruckt in: *Annals of the History of Computing*, Vol. 15, No. 4 (1993) S. 27-75.



argumentiert von Neumann dort, „entsprechen den verknüpften Neuronen menschlichen Zentralnervensystem“<sup>19</sup>, oder genauer:

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 von 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: ruhig 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.<sup>20</sup>

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 entspringen also nicht einfach dem Vergleich mit neuronalen Prozessen, sondern vielmehr einer gezielten Ignoranz gegenüber dem zeitgenössischen Wissen von ihnen im ‚electronic brain‘. Der Mathematiker von 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 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

---

19 Von Neumann: „First Draft of a Report on the EDVAC“ (Anm. 18), Abschnitt 2.6.

20 Von Neumann: „First Draft of a Report on the EDVAC“ (Anm. 18), Abschnitt 4.2-5.1.

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:

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.<sup>21</sup>

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 Herzschlägen, 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:

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 anhand 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 Trennung zwischen Anziehungsfeldern zu verstärken, und das kann in höherem oder geringerem Maße gemacht werden. Ich betrachte

---

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

das jetzt aus der physikalischen Perspektive des Menschen[:] statt Positionen einzunehmen, rollt es hinein. [...] Meine Unbestimmtheit wäre 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.<sup>22</sup>

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.<sup>23</sup> 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. „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.“<sup>24</sup> Und diese Frage beantwortet sich – gemäß John Stroud – auf jeder Beobachtungsebene anders:

Man beginnt mit dem eher sehr digitalen 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 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.<sup>25</sup>

Dies ermöglicht es noch einmal, Chancengleichheit zwischen digitalen und analogen Mechanismen herzustellen, d.h. für Wiener:

Zu sagen, dass ein Ding digital ist, heißt zu sagen, dass wir diese [d.h. die digitale] Technik der Genauigkeit in der Maschine benutzen statt der Technik der Genauigkeit, die in einer extremen Präzision der Messung besteht.<sup>26</sup>

---

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

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

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

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

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

Und vielleicht könne man sich sogar auf eine Sprachregelung wie „diskret codiert“ versus „kontinuierlich codiert“<sup>27</sup> 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 von Neumann, nach dessen sequenziellem Konzept sich Computergeschichte fortan als Geschichte schnelleren Schaltens schreiben wird, Wieners topografisches 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

in dem einen oder dem anderen seiner beiden extremen Zustände vorgefunden wird und nur sehr wenig vorübergehende Zeit in den dazwischen liegenden Zuständen verbringt, die das verbindende Kontinuum formen. So gibt es eine Kombination von relativ sicherem Verhalten zuerst, dann einen schnellen Übergang und dann wieder ein relativ sicheres, wenn auch anderes Verhalten.<sup>28</sup>

Die Wahrscheinlichkeitstheorie des Digitalen rutscht damit auf eine Zeitachse zusammen und wird zu einer Theorie der Passage, die den ‚paranormalen Zustand‘<sup>29</sup> des Kontinuums aus Effektivitätsgründen tunlichst kurz hält, um schnellstmöglich wieder bei gesicherten symbolischen Verhältnissen zu landen. *Zweitens* erkennt von Neumann an, dass die Elektrizität, auf der Digitalrechner aufbauen, ein „analoges Konzept“<sup>30</sup> sein mag und dass Röhren oder Relais kontinuierlich stimuliert werden mögen: „Man muss wohl sagen, dass in nahezu allen Bereichen der Physik die zugrunde liegende Realität analogisch ist, das heißt, die wahren physischen Variablen sind in nahezu allen Fällen kontinuierlich.“<sup>31</sup>

Zugleich ist damit aber auch klargestellt, dass das Digitale nichts mit dem Realen zu tun hat: „Die digitale Vorgehensweise ist normalerweise ein menschliches Artefakt zum Wohl der Beschreibung.“<sup>32</sup> 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

---

27 „discretely coded“ und „continuously coded“, *Cybernetics – Kybernetik* (Anm. 1), Bd. 1, S. 188.

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

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

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

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

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

ganzen Diskussion der Begriff der Entropie niemals fällt.<sup>33</sup> *Drittens* eröffnet von 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 relevanten Details. Mit den Analogrechnern folgte 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.<sup>34</sup> Mit den Digitalrechnern zuletzt eröffnet sich die Zeit der ‚Simulation‘, in der „diskrete Handlungen“ vor dem Hintergrund kontinuierlicher Vorgänge simuliert werden<sup>35</sup>. Nach der Ähnlichkeit und der funktionalen Repräsentation ermöglicht der Einzug einer symbolischen Zwischenschicht eine neue ‚Welt der Maschine‘<sup>36</sup> und fordert zugleich einen Vertrag: „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).<sup>37</sup> Man muss „die aktuelle Kontinuität ignorieren“ (Walter Pitts)<sup>38</sup>. „[B]ehandle sie als würden diese Übergänge einfach nicht existieren. Das ist ein guter Weg mit ihnen umzugehen“ (John Stroud).<sup>39</sup> Und so kam es wohl zum einzigen Redeverbot der zehn Tagungen: Gerard: „May I speak now?“ McCulloch: „No, not now.“<sup>40</sup>

## Viertens

Der Grund des Digitalen und zugleich die Begründung seiner Produktivität liegt also in einem Diskursverbot. Die Unterdrückung eines not-

---

33 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.

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

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

36 Kittler, Friedrich: „Die Welt der Maschine – Eine Welt des Symbolischen“, in: ders.: *Draculas Vermächtnis. Technische Schriften*, Leipzig 1993, S. 58–80.

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

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

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

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

wendigen Dritten (des Kontinuums, der Passage, der Materialität oder wie immer man es nennen mag) wird zum Motor eines Funktionierens, das Beobachten heißt.<sup>41</sup> Diesen Umstand könnte man die „kybernetische Illusion“<sup>42</sup> nennen. 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.<sup>43</sup> 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.<sup>44</sup>

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

41 Vgl. das Beispiel in Anm. 33.

42 Vgl. Verf.: „Die kybernetische Illusion“, in: Claudia Liebrand/Irmela Schneider (Hrsg.): *Medien in Medien*, Köln 2002, S. 51-66.

43 Kant, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft*, hrsg. v. R. Schmidt, Hamburg<sup>3</sup> 1990, S. 334-338.

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

*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 von Foersters Emeritierung 1976 spurlos geschlossen. Erstaunlicherweise ist dies auch etwa die Zeit, zu der die enorme Flut kybernetischer Publikationen langsam verebbte. 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“<sup>45</sup> nichts zu tun haben, sondern die in Industrie, Wirtschaft und Verwaltung erhobenen Forderungen nach 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.<sup>46</sup> 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.

---

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

46 Verf.: „Spiele für alle. Episoden der Informationsgesellschaft“, in: Verf. (Hrsg.): *Zukünfte des Computers*, Zürich 2004 (im Druck).