

[Wolfgang Ernst: SCHRIFTEN ZUR MEDIENARCHÄOLOGIE]

KONVOLUT "ELEKTRONIK, OPERATIVE DIAGRAMMATIK"

[bislang unpublizierte, indes weitgehend redigierte Themenblöcke, teilweise resultierend aus vormaliger Vortrags- und Vorlesungsskripten]

Themengruppe:

- *Das Paradigma der elektromagnetischen Induktion*
- *Operative Diagrammatik*

Detailliertes Inhaltsverzeichnis (kapitelweise):

Das Paradigma der elektromagnetischen Induktion:

EINE MEDIENARCHÄOLOGISCHE URSZENE: ELEKTROMAGNETISMUS

- Das Subjekt der Elektrotechnik: ein Versuch
- Die *arché* des Elektromagnetismus
- (Un-)Fälle technischer Medienanalyse: Stromquellen
- Konkrete Verdinglichung der Kybernetik: die Elektronenröhre

Operative Diagrammatik:

OPERATIVE DIAGRAMMATIK

- Operative Diagrammatik
- Für eine diagrammatische Medientheorie
- Der diagrammatische Kalkül
- Definitionen von "Diagramm"
- Was heißt "operativ"?
- Zeit und Diagramm
- Oszilloskopien
- Das extrem zugespitzte Diagramm: der "springende Punkt"
- Phasenverschiebungen
- Diagramm *versus* "Bild"
- Visuelle Kommunikation mit der Zukunft: Bild und / oder Diagramm
- Graphen aus Punkten und Linien: diagrammgebende Medien
- Diagrammatische Maschinen
- Das Flußdiagramm (*flow chart*)
- Diagrammatik und Schaltplan
- Transitiv Diagrammatik - das Prinzip des Electron-Systems
- Operative Diagrammatik im Speziellen: der Schaltkreis
- Die Verdinglichung des Schaltplans
- Von der Elektronenröhre zum hochintegrierten Transistor

- "Diagrammatische" Programmierung und Zustandsübergangsdiagramme
- Neuronale Diagrammatik (Netze)
- Diagramm und Isomorphie
- Jenseits des "Diagramms"?

=====

Das Paradigma der elektromagnetischen Induktion:

EINE MEDIENARCHÄOLOGISCHE URSZENE: ELEKTROMAGNETISMUS

Das Subjekt der Elektrotechnik: ein Versuch

Medientheorie als Medienarchäologie hat es mit Massenmedien in einem konkreteren Sinne zu schaffen, als es der an Telekommunikation orientierte Begriff suggeriert. Es geht ganz wesentlich um Technologien, die an Masse hängen, um zu funktionieren: elektronische Medien.

Ein Beispiel dafür geben virtuelle Experimentallabore zu Elektrotechnik, wo man ein simuliertes Oszilloskop mit einem simulierten Signalgeber koppeln kann, um etwa Sinuskurven zu erzeugen. Bedingung dafür ist die Schaltung eines Masse-Kabels selbst in der digitalen Simulation, welche die Bedingung des Mediengeschehens in der tatsächlichen Physis gerade aufhebt.¹

Ein Handbuch zu Elektronik-Experimenten ist notwendig auf die symbolische Notation beschränkt. Schaltbilder zu lesen erfordert eine andere Lektürekompentenz, denn die logische Verknüpfung deckt sich nicht 1:1 mit der realen Verdrahtung. Die Begründung für eine spezifische Gewichtung im Spiel von Kondensatoren und Widerständen entbirgt sich "erst im praktischen Aufbau"². Medientechnische Entwürfe zeitigen Effekte erst im Kontakt mit der physikalischen Welt. Was als Simulation im Rechner logisch funktioniert, unterliegt im Realen zahlreichen Friktionen.

Die *arché* des Elektromagnetismus

Es war die Entdeckung der elektromagnetischen der Felder und ihrer Induktion durch Faraday (experimentell) und Maxwell (analytisch), mit der die Epoche von Medienwissen nach eigenem Recht - im Unterschied zu körpergebundenen Kulturtechniken - nahezu abrupt ansetzt. Medien stehen im öffentlichen Diskurs für Massenmedien, im akademisch-medienarchäologischen Gebrauch eher für Meßmedien. Das Verhältnis

¹ Siehe Handbuch Elektronik-Experimente mit dem PC (Franzis), xxx

² Burkhard Kainka, Lernpaket Elektronik-Experimente, Poing (Franzis) 2004, Kapitel 5.4 "Gleichstromkopplung", 45

von Massen- zu Meßmedien ist ein relativisch verschränktes. Mit Faraday ist die Botschaft des Elektromagnetismus seine Vorhandenheit als dynamischer Prozeß - im Unterschied zu starren Substanzen, denen vormals jene Kräfte zugesprochen wurden: „Die Kraftlinien, wie er die selbständig gedachten Kräfte nannte, standen vor seinem geistigen Auge im Raume [...] als Spannungen, als Wirbel, als Strömungen“, so formuliert es niemand anders als Heinrich Hertz in seinem Vortrag 1889 *Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität*, „aber da standen sie, beeinflussten einander, schoben und drängten die Körper hin und her und breiteten sich aus, von Punkt zu Punkt einander die Erregung mitteilend“ - also ein genuin medienarchäologischer Kommunikationsakt, Nachrichtenübertragung im Masse(n)medium auf medienarchäologischer Ebene.

(Un-)Fälle technischer Medienanalyse: Stromquellen

Eine der konkretesten Formen technischer Medienanalyse ist die Ermittlung einer Wechselstromquelle. Thematisch werden hier die Werkzeuge angewandter Medienarchäologie, und begriffliche wie operative Unterscheidungen zwischen "elektrisch" und "elektronisch", "technisch" und "technologisch".

Abb.: Phasenprüfer (MAF)

Wenn man einen Phasenprüfer an einen Außenleiter hält und den Finger auf die hintere Kontaktfläche legt, kommt in der Regel darin eine Glimmlampe zum Leuchten und zeigt somit eine Spannung an.

Dabei leitet der menschliche Körper den geringen Strom zur Erde. Neben der praktischen Notwendigkeit für Arbeiten der Elektrotechniker ist daran - darüber hinaus - für ein allgemeines Medienwissen interessant, dass somit der menschliche Körper selbst in den Stromkreis eingebaut wird und diesen somit überhaupt erst schließt. Dies stellt die vielleicht unmittelbarste Form einer "technischen Medienanalyse", und der kybernetischen Mensch-Medien-Kopplung dar, im Unterschied zu allen über Interfaces bloß symbolisch übermittelten Formen von Human-Machine-Interaktion.

Ein solcher Einbau des menschlichen Körpers in den elektrotechnischen Schaltkreis funktioniert unter anderem nicht bei gut isoliertem Schuhwerk. Andererseits droht Unfallgefahr bei unzulässig hohen Spannungen, wenn der menschliche Körper in den Stromkreis eingebaut wird - was im 19. Jahrhundert zur Entwicklung eines eigenen Zweigs in der Medizin führte, die Elektropathologie.

Der Froschschenkel ist, wie es Stefan Rieger in seiner Kybernetischen Anthropologie eindrucksvoll beschrieben und medienwissenschaftlich

kontextualisiert hat³, nicht nur ein hochempfindliches Messmedium für elektrische Ströme, sondern verbunden mit Galvanis Urszene der Entdeckung elektromagnetischer Ereignisse als solcher - "Radio vor dem Radio" in der heimischen Küche.

1756 stellte der Italiener Caldini fest, daß Froschsschenkel in der Nähe einer Influenzmaschine bei Entladungen zusammensucken. 1786 verband Luigi Galvani dann Froschschenkel mit einer Antenne einerseits und der Erde andererseits. Bei entfernten Gewittern resultieren aus den Blitzentladungen im organischen Präparat Bewegungen; Froschschenkel eignen sich damit als Indikatoren von elektromagnetischen Wellen.

Galvanischer Strom wird auch heute noch in Direktkopplungen von Menschen und Elektrizität, nämlich in Elektrotherapien verwendet. Der elektrische Strom ist dabei "auf ein sicheres, niedriges Spannungsniveau gleichgerichtet. Über Elektroden, die auf der Haut platziert werden, wird der Strom an den Körper abgegeben."⁴ Diese Szene ist zugleich eine drastische (buchstäbliche) Verkörperung der Kernidee von Kybernetik, nämlich "communication and control in the animal and the machine" (Untertitel Wiener 1948). Nicht länger sind technische Apparaturen hier "Ausweitungen" des Menschen im Sinne Ernst Kapps und Marshall McLuhans, sondern - gleich Analogcomputern - in einen technischen Schaltkreis eingefügt: posthumanistisch *avant la lettre*.

Die kybernetische Mensch-Maschine-Kopplung ist hier keine "lose", sondern "feste" (Heider 1926, "Ding und Medium"). Zur Entkopplung bedarf es hier eines Automatismus beziehungsweise messtechnischen Reflexes - der *circuit breaker*, wie er hier Starkstrom meint. Tatsächlich aber ist die Unterbrechung der Stromspannung - die *hindrance* (Shannon 1937⁵) kein Unfall, sondern der notwendige Normalfall in der binären Informationsverarbeitung: der (Bit-)Schalter, makrotechnisch etwa das elektromagnetische Relais.

3 Stefan Rieger, Kybernetische Anthropologie. Eine Geschichte der Virtualität, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 2003

4 https://www.google.de/search?q=galvanischer+strom&source=hp&ei=Z8TJYKLF8TUsAel4qMo&iflsig=AlNFCbYAAAAAYMnSd0PQoGJLCKNGy4BFeU4jIUHHTaAF&oq=galvanischer+strom&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyAggAMgIIADICCAyAggAMgIIADICCAyAggAMgIIADICCAyAggAOggIABCxAXCDAToICC4QsQMqgwE6DggAELED EIMBEMcBEKMCogIIlJoLCAAQsQMqQxwEQowl6BQguELEDogUIABCxAzoICA AQxwEQrwFQ0yVYzzVgg0JoAXAAeAGAAZ8BiAGbC5IBBDE1LjOYAQCgAQQ qAQdnd3Mtd2l6sAEA&scient=gws-wiz&ved=0ahUKEwjirorJ65vxAhVEKuwKHQjxCAUQ4dUDCAg&uact=5

5 Dazu eine Fussnote der Übers. von Shannons Masterarbeit zur Schaltalgebra in: Kittler et al. (Hg.), An / Aus, Berlin (Brinkmann & Bose) 2000, xxx-xxx

Messung von Strom aus der Steckdose aber kann tödlich sein.

[Gerade "[d]eshalb ist ein einpoliger Spannungsprüfer nicht zur Feststellung der Spannungsfreiheit zulässig"⁶ - und schon gar nicht als schlichter Schraubendreher für anderes elektrisches Zeug, wie es Elektrotechniker im Allgemeinen dennoch praktizieren (denn die Form des Phasenprüfers legt es nahe).]

Vor potentiell mortalen Stromschlägen schützt der Fehlerstromschutzschalter (FI) als Baustein im heimischen Sicherungskasten.

Abb.: Fehlerschutzschalter-Circuit-Breaker.jpg

Hier gilt die Unterscheidung von Geräten zum Personen- vs. Geräteschutz (technischer Schaltkreis). Für den Menschen können Wechselströme bereits im zweistelligen mA-Bereich schon lebensgefährlich sein. "Deswegen unterbricht ein Fehlerstromschutzschalter bereits bei einem Bemessungsfehlerstrom von 30 mA allpolig die Stromversorgung."⁷

Zwischen Automat und quasi-organischem Reflex wird ein Fehlerstromschutzschalter "immer dann aktiv, wenn in einem Stromkreis gefährlich hohe Fehlerströme gegen Erde abfließen"⁸. Das Maß für Gefährlichkeit ist hier selbstredend am Menschen, nicht an der technischen Materialität orientiert. Während ein Wechselstrom im Normalfall über den sogenannten Außenleiter zum Verbraucher und über den Neutraleiter zurück zur Stromquelle fließt, kommt es beispielsweise in der Isolierung der Leiter zu einem brisanten Defekt: "dann fließen entsprechende Ströme über unerwünschte Pfade. Ein solcher Pfad könnte ein metallenes Gehäuse sein, das mit einem Außenleiter fehlerhafterweise in Kontakt geraten ist" (ebd.), so daß dann die Ströme über den Schutzleiter abfließen. Einen gefährlicheren Fall stellt folgendes Diagramm dar:

Abb.: Stromunfall-FI-Schutzkreis.gif; dafür angegebene Bildquelle: <https://www.leifiphysik.de>

⁶ Webseite Der-Elektriker.org, Eintrag "Phasenprüfer - Funktion / Aufbau", <https://der-elektriker.org/phasenpruefer-funktionaufbau/>, Abruf 3. Mai 2021; Text mit Videodemonstration: ebd.

⁷ Webseite DPS, Eintrag "Der Fehlerstromschutzschalter – leicht erklärt von DPS – Das Prüfunternehmen", <https://deutsche-pruefservice.de/fi-schalter-funktion-leicht-erklaert>, Abruf 4. Juni 2021

⁸ Webseite DPS, Eintrag "Der Fehlerstromschutzschalter – leicht erklärt von DPS – Das Prüfunternehmen", <https://deutsche-pruefservice.de/fi-schalter-funktion-leicht-erklaert>, Abruf 4. Juni 2021

Kommt eine Person in Kontakt mit einem aktiven Leiter und fließt dann aufgrund der Körperdurchströmung ein Fehlerstrom gegen Erde, hat der Fehlerstromschutzschalter "die Aufgabe eine solche Situation zu 'erkennen' und den Stromfluss allpolig zu unterbrechen. Die Abschaltung erfolgt hierbei in Bruchteilen von Sekunden" (ebd.). Dieser kurze Zeitraum von 0.2 bis 0.4 Sekunden ist buchstäblich zeitkritisch, da es im Fall von Körperdurchströmungen zu Herzkammerflimmern kommen kann (ebd.).

Hier nun kommt der Unterschied zum Kurzschluss ins Spiel: "Bei einem Kurzschluss fließt der Strom nicht im obigen Sinne über unerwünschte Pfade, sondern es fließen viel zu hohe Ströme über die eigentlich erwünschten Pfade. Deshalb kann ein FI-Schalter eine Überstromschutzeinrichtung niemals ersetzen sondern wird diesen Einrichtungen vorgeschaltet" - wobei die "Vorschaltung" eine medienarchäologischer Tieferlegung darstellt.⁹

Wann aber ist solch ein Gerät es wert, zum medienepistemischen Ding erklärt zu werden? "Für die Funktionsweise von Fehlerstromschutzschaltern wird sich die Tatsache zunutze gemacht, dass um jeden stromdurchflossenen Leiter ein Magnetfeld entsteht und Stromdifferenzen dadurch messbar werden." (ebd.) - eine medienarchäologische Erinnerung an das Grundgesetz (*arché*) der elektromagnetischen Induktion (Oersted / Faraday). Diese Erinnerung ist von Seiten des entsprechenden Mediums nicht historisch, sondern gleichursprünglich. Die Epoche der Elektrizität ist eine an sich unhistorische.

Konkrete Verdinglichung der Kybernetik: die Elektronenröhre

Der Ursprung der technischen Kybernetik aus der Feuerleitung in der Flugabwehr des Zweiten Weltkriegs, also die *anti-aircraft prediction*, hat mächtige mathematische Werkzeuge bemüht, scheiterte aber an der damaligen Rechenkapazität von Computern. Genau deshalb plädierte Norbert Wiener für den beschleunigten Einsatz von Elektronenröhren statt elektromechanischer Relais in digitalen Rechnern, die Rechnung im reinen Feld der Elektrizität.¹⁰

Die medientechnisch entscheidende Bedingung dieser Operation ist die von Ferdinand Braun als Oszilloskop, dann von Lee De Forest und zeitgleich durch Robert von Lieben in verschiedenen Ausformulierungen erfundene Elektronenröhre als Triode mit Steuergitter (1906), der

⁹ Webseite DPS, Eintrag "Der Fehlerstromschutzschalter – leicht erklärt von DPS – Das Prüfunternehmen", <https://deutsche-pruefservice.de/fi-schalter-funktion-leicht-erklaert>, Abruf 4. Juni 2021

¹⁰ Dazu P. R. Masani, Norbert Wiener 1894-1964, Basel / Boston / Berlin (Birkhäuser) 1990, bes. 78 ff. über das Lebesgue-Integral für irreguläre Bewegungen

medienarchäologische Ursprung der Elektronik. Waren der konkreter Schauplatz, das "Medientheater" der abrupten Entladung von Elektronen bislang Naturvorgänge im Blitz und im kosmischen Raum (Ionosphäre), sondern spiegelbildlich verkehrt, die Triode als das medienepistemische Ding, in dem Chardins Metapher der Noosphäre als technische Intelligenz real wirksam wird.

Ingenieure wie Heinrich Barkhausen registrieren zunächst ungeplante Schwingungsphänomene der Elektronenröhre, um sie dann durch mathematische Formulierung unter Kontrolle zu bringen; diese werden wiederum in realtechnischen Versuchen verifiziert - die Mathematisierung des Mikrokosmos nach dem Vorbild von James Clerk Maxwells Feldgleichungen und ihrer experimentellen Verifikation durch Heinrich Hertz. "Wir müssen zunächst den Mechanismus kennen, nach dem sich die Elektronen `zu gemeinsamen Tänze ordnen´"¹¹ - hier ist Musik (die altgriechisch gemeinte *epistémé mousiké*) in den Röhren.

Gegenüber dem harmonikalen Sphärenbegriff der klassischen Physik widmet sich die statistische Mechanik seit dem 19. Jahrhundert den unwahrscheinlichen, (neg-)entropischen Vorgängen - etwa hydrodynamische Wolkenbildungen und die Dynamik von Gasen, um aus der Untersuchung der unmittelbaren "Vergangenheitsstatistik" kleinster Partikelbewegungen die unmittelbare Zukunft des Systems zu extrapolieren. In Norbert Wiener's *Kybernetik von 1948*¹² ist sein konkretes Beispiel ausgerechnet das sogenannte Schrot-Rauschen in Elektronenröhren: Elektronische Ströme werden hier nicht kontinuierlich geleitet, wie es der Idealfall vorsieht, sondern zeitigen gleich Schneefall im Winter Abweichungen von der Gleichförmigkeit, statistisch faßbar nach dem Modell der Brownschen Molekularbewegung und hörbar als Rauschen.

Somit erschließt sich *in* und *mit* Medien als hochtechnische, widernatürlichen Fügungen physikalischer Stoffe ein Wissen, das prinzipiell immer schon am Werk war, doch erst in einem wahrhaft medienarchäologischen Akt der Latenz, der Unverborgenheit entzogen wird. Allerschwächste Ströme, "deren Existenz bisher auf keine Weise hätte nachgewiesen werden können, lassen sich" mittels der Elektronenröhre "in beliebiger Stärke wiedergeben, und es sind mit Hilfe dieses `elektrischen Mikroskops' schon Erscheinungen entdeckt worden, die sich bisher jeder Beobachtung entzogen hatten"¹³ - analog dazu, wie erst Galileis Teleskop die Krater auf der Mondoberfläche sichtbar und

11 Etwa H. G. Möller, Über die Frequenz der Barkhausenschwingungen, in: E.N.T. 1930, Heft 11, 411-419 (411)

12 Dt. Ausgabe 1968: 215

13 Heinrich Barkhausen, Elektronen-Röhren, 1. Bd. (Elektronentheoretische Grundlagen, Verstärker), 3. Aufl. Leipzig (Hirzel) 1926, 1, unter Bezug auf: ders., Zwei mit Hilfe der neuen Verstärker entdeckte Erscheinungen, in: Phys. Zeitschr. 20 (1919), 401

damit einsehbar machte. Hier entwickelt sich nicht evolutionär ein Wissen, sondern kommt plötzlich zur Erscheinung, tut sich epistemologisch sprunghaft *durch* Medien kund – ganz so, wie Fritz Heider in seinem Aufsatz von 1927 über „Ding und Medium“ beschrieb, daß Medien „Kunde“ von Verhältnissen geben. Gewiß akkumuliert ein kulturelles Wissen, das überhaupt erst zur Fabrikation von Dingen wie der Elektronenröhre führt, historisch, entlädt sich dann aber (für den Fall von Elektronenströmen buchstäblich) blitzhaft, unsynchronisiert gegenüber anderen Rhythmen der bisherigen Kulturhistorie. Was hier aufblitzt, ist der medienarchäologische Moment.

Ist der materielle Rest ein informationstheoretisch zu vernachlässigender? Lange Zeit ließ die marxistisch-leninistische Philosophie in ihrer strikten Dichotomie von Materie und Idee keine Zwischenzustände zu – und schon gar nicht den Satz von Norbert Wiener, daß Information weder Materie noch Energie sei. Nach Stalins Tod konnte die Kybernetik (etwa Georg Klaus) die Herausforderung von Information als Produktionsmittel durch den Verweis darauf lösen, daß jede Information eines materiellen Trägers bedarf, um empfangen, prozessiert, übertragen und gespeichert werden zu können – eine salomonische, um nicht zu sagen dialektische Lösung. In der Tat kommt eine Welle (ob Wärme, ob Schall, ob Licht, ob Elektromagnetismus) immer erst anhand von Materie in Erscheinung – als "physikalischer Vorgang, bei dem Energie übertragen, jedoch kein Stoff transportiert wird"¹⁴.

Genau hier aber interveniert die Einsicht der Elektrizitätslehre, faßbar am Dispositiv der Elektronenröhre (die harte Variante dessen, was die Apparatus-Theorie anhand der Kino-Anordnung beschrieben hat). An die Stelle einer physikalischen Übertragungsmediums (feste Materie, Luft, Licht) rückt hier ein Nicht-Medium: das Vakuum. Durch Stromzufuhr wird die Kathode aufgeheizt und es kommt zur Emissionen von Elektronen; diese werden unumkehrbar in einem elektrischen Feld beschleunigt und vom "Sprüh-" zum "Fangpol", der Anode, gezogen. Jede Telefunken-Röhre in einem antiquarischen *Volksempfänger* läßt sich so heute noch zum Glühen bringen (und schreibt damit eine medienarchäologische, nicht historische Zeitlichkeit).

An die Stelle einer anthropologisch sinneskanalgerechten Ordnung der Physik (Mechanik, Akustik, Wärmelehre, Optik, Elektrizitätslehre) tritt eine Physik der Teilchen, der Felder, der Wellen (zeitlich und räumlich periodische Änderungen physikalischer Größen), der Quanten – was sich nicht mehr aisthetisch unmittelbar wahrnehmen läßt, sondern aus mathematischen Analysen und Modellen resultiert.

Erhöht man die Anodenspannung (U) kontinuierlich, wächst die Anodenstromstärke (I), bis ein maximaler, ein Sättigungswert erreichen ist; im Röhrenradio ist dies als Emergenz des Tons (oder Knacken und Rauschen) hörbar.¹⁵ An dieser Kennlinie, ablesbar als Graph der Funktion $I = f(U)$, entscheiden sich Medienkulturen, denn hörbar und einsichtig vollzieht sich hier ein medienepistemologischer Sprung, den Bernhard Siegert anhand von Charles Fouriers Analysen der Wärme summiert hat: "Was da aus dem rein Kontinuierlichen, dem rein Analogem, herauswächst, ist das rein Diskontinuierliche, das Diskrete: eine Rechteckwelle. Das Diskrete ist der Grenzwert des Analogem"¹⁶ - eine Quantelung, der qualitative Umschlag des Stetigen ins Digitale, also Rechenbare. Faßbar wird hier an einem medienepistemischen Ding der "Übergang zwischen dem analogen physikalischen Signifikat und dem diskreten willkürlichen Signifikanten"¹⁷. In ihrer einen Eigenschaft empfängt und sendet die Röhre (als Audion im klassischen Radio - hier schon Gleichrichter und Verstärker in einem -, als Braunsche Leuchtröhre im Fernsehen). In ihrem anderen medienontologischen Status aber wird mit ihr gerechnet - so daß die Röhre als Agentur des Prozesses nicht mehr selbst sichtbar ist wie beim Fernsehen (der ganze Witz des Bildschirms), sondern auf einen unscheinbaren, ja inifiniten Rest schwindet - die Umschaltung zwischen Null und Eins. Was die altgriechische Philosophie, Ästhetik und Mathematik noch makrophysikalisch durchdachten (also "kosmisch"), verschiebt sich in der Neuzeit zunehmend auf die mikrophysikalische Ebene - wie die harmonische Unterteilung des Monochords (Pythagoras) auf die Schwingungszahlen der Saite (Mersenne). Form und Bewegung der schwingenden Saite sind als Summe einfacher Sinusschwingungen (Fourier-Reihe) auflösbar. Die Mathematik der Wellengleichung (d'Alembert, Euler) macht später die Ausbreitung elektromagnetischer und mechanischer Wellen überhaupt beschreibbar.¹⁸

Zwischen Wechselstrom und binärem Rechnen ergibt sich eine unerwartete Allianz. Röhren kommen (bombenzündtechnisch zweckgebunden) im ENIAC-Rechner zum Einsatz, weil 10000mal schneller als elektromechanische Relais. Eher beiläufig stellt sich dann als medienepistemologischer Sprung eine Option ein, die gar nicht angedacht war: sie auch als Schaltelement einzusetzen für binäre Logik. Damit wird sie von einer analogen Elektrotechnik zum techno-logischen Artefakt, Beginn der Gegenwart.

15 Abbildung "I-U-Kennlinien einer Röhrendiode, aus: Rudolf Göbel u. a. (Autorenkollektiv), Physik in Übersichten, Berlin (Volk und Wissen) 1972, 144, Bild 144/5

16 Siegert 2003: 245

17 Siegert 2003: 246

18 Johannes Barkowsky, Das Fourier-Theorem in musikalischer Akustik und Tonpsychologie, Frankfurt / M. (Peter Lang) 1996, 69

Mit dem elektronischen Schaltelement (dem Transistor als effektivem Nachfolger der Vakuumelektronenröhre) steht die Immaterialität der Booleschen Logik und des dyadischen Rechnens auf einer hauchdünnen Spur von Welt - so hauchdünn, daß sie nur noch wahrscheinlichkeits-theoretisch faßbar wird, wenn es um deren Elementarteilchen (oder eben -wellen) selbst geht. Mit dem Quantencomputer wird nicht mehr auf einem materiellen Träger gerechnet, sondern mit der Materie selbst, indem die Beobachtung, der Meßakt, als Heisenbergscher Operator eingesetzt wird - und erneut macht es Sinn, auf die medienarchäologisch andere Seite der sogenannten Medien, nämlich ihre Genese aus Meßmedien, hinzuweisen. "Folgerichtig hat der spätere Heidegger selber schon bemängelt, daß die Hochtechnologie von heute als bloß analytische 'Vergegenständlichung der Natur' noch seinsgeschichtlich unterbestimmt oder zurückdatiert blieb, weil sie eben - weit über Descartes hinaus - `Bestand´ und das heißt systematische Synthese ist"¹⁹, ganz wie aus der elektrotechnischen Analyse von Klang als Frequenzgemisch ein klangerzeugender Synthesizer wurde, nicht wegzudenken aus der Popmusik. Meßmedien schlagen in Massenmedien um.

Der medienarchäologische Blick zielt nicht auf die unerschöpfliche Komplexität elektrotechnischer Bausätze, sondern auf jene Teile oder jenes Artefakt mittendrin, das über die Funktionalität des Dings hinaus von medienepistemologischer Bedeutung ist, etwa die bistabile Kippschaltung.

Die Rückbesinnung auf das Thema Elektronenröhren ist nicht schlicht nostalgischer Retro-Effekt angesichts des Digitalen, sondern auch darin begründet, "dass vieles überschaubarer ist als mit modernen Halbleitern"²⁰. Der Umbruch von der Röhren- zur Transistortechnik war zugleich ein Wandel von der haptisch manipulierbaren zur mikrotechnisch geschlossenen Welt von Siliziumchips. Das Studium der Elektronenröhre vermag alte analoge und neue digitale Technik kognitiv zu integrieren. Historistische (im Unterschied zur radikalen) Medienarchäologie entspringt einer "Suche nach Orientierung, wenn man etwas verstehen will, muss man die Ursprünge suchen" (Kainka ebd.). Die Radikalität der Wende zum Digitalen liegt darin, daß das Elektrotechnische durch das Algorithmische ganz und gar nicht ersetzt, aber überlagert wird.

Operative Diagrammatik:

OPERATIVE DIAGRAMMATIK. Operative Materialität des Wissens, harte Wissenschaft des Technomathematischen

¹⁹ Friedrich Kittler, Zwölfte Vorlesung (über Heideggers Kehre), in: ders., Eine Kulturgeschichte der Kulturwissenschaft, München (Fink) 2000, 229-246 (243)

²⁰ Schriftliche Kommunikation Burkhard Kainka vom 21. März 2005

Operative Diagrammatik

Das Operativwerden diagrammatischer Notationen, also die Dynamisierung des Topologischen, gehört zu den wesentlichen Zügen technomathematischer Medien. Das Präfix "dia-" verrät es: Diagrammatik hat eine vektorielle Dimension. Diagrammatische Maschinen sind Zeitereignisse.

Zu den quellenkritischen Kompetenzen im Fach Medienwissenschaft gehört auch die Lesung von Schaltplänen, ihrer dreidimensionalen Verdinglichungen in apparativen Techniken und die vierte Dimension: ihr Medienwerden im operativen Vollzug.

Ist das operative Diagramm eine Subkategorie des Bilds (als "Bildakt" im Sinne Horst Bredekamps), oder vielmehr ein Schema? "Die antike Kernbedeutung von 'Diagramm' verweist auf einen pragmatischen Kontext. Die griechische Vokabel 'diáγραμμα' stand für die 'geometrische Figur' oder den 'Umriss', 'graphein' für 'aufzeichnen', 'schreiben' oder 'einritzen'²¹ - und "einätzen" für gedruckte Schaltungen, ergänzt die Gegenwart. "Der Begriff des Diagramms steht so für die typische Verschränkung von Schreiben und Zeichnen. Platon verdeutlicht im *Menon* die diagrammatische Methode, welche darin besteht, ein Quadrat mit geometrische Mitteln - d. h. zeichnerisch - in seiner Fläche zu verdoppeln" (ebd.).

Es geht also um eine mathematische Operation mit Hilfe von Schrift im erweiterten Sinn - wie sie zunächst nur durch Menschenhand in Sand oder auf Papyrus prozessiert werden konnte, seit Neuestem aber in logischen Maschinen selbst stattfinden. Charles Sanders Peirce zufolge ist alles Schließen, also die Syllogistik, diagrammatisch; umgekehrt ist damit jedes Diagramm ein Werkzeug des Denkens: keine ikonische Abbildung von Denkgegenständen, sondern eine abstrakte Ähnlichkeit - das, was Wittgenstein als "logische Bilder" bezeichnete. Diese Denkopration ist nicht rein kognitiv ist, sondern schließt die Materialität der Welt buchstäblich *denknotwendig* mit ein.

Nun gehört es - Marshall McLuhan zufolge - zum Grundzug abendländischer Kulturtechniken, Eigenschaften des Menschen zu externalisieren, und kulturelles Wissen zu verdinglichen - nach den mechanischen Tätigkeiten zunächst die sinnesphysiologischen, und schließlich auch die kognitiven. "In dieser Weise fungieren [...] syllogistische Kreisdiagramme, aber auch Schaltpläne oder die Programmierung von Diagrammen im Computern. Mit derartigen Bildformen lassen sich quasi-mechanische 'richtige' bzw. 'falsche'

21 Bredekamp et al. (Hg.) 2008: 192

Ergebnisse herstellen"²², bis hin zu den tatsächlichen logischen Maschinen seit Karsakov und Jevons im 19. Jahrhundert. Die subversive Kraft des Begriff hat die "Bildform" als Medienpraxis längst unterlaufen, indem sie unbildlich operiert. Sinnbildlich dafür steht der deutsche Titel einer kanonischen Schrift: Nelson Goodmans *Sprachen der Kunst*. Entwurf einer Symboltheorie, Frankfurt/M. 1997, deren englischer Originaltitel viel anikonischer klingt: *Structures of Appearance*, 1951.

"Papiermaschinen" (Alan Turing) oszillieren zwischen symbolischer Notation und physikalischer Implementierung, zwischen Ein-, Zwei-, Drei- und Mehrdimensionalität, zwischen Punkt, Fläche und (Riemann-)Verräumlichung. Operativ aber werden sie erst in der Zeitdimension. Nicht erst Alan Turing, sondern bereits Charles Babbage hat mit seiner "Symbolical Notation" eine Analytische Maschine auf Papier in Bewegung versetzt; Modellierung im Computer ist überhaupt eine Form implementierter Diagrammatik.

Für eine diagrammatische Medientheorie

Für Peirce ist das Diagramm das eigentliche "Medium des Denkens" - die Option einer genuinen Medientheorie des Diagrammatischen, die in eine diagrammatische Medientheorie umschlägt. Damit korrespondiert Shannons notorisches Diagramm der Nachrichtenübertragung, eine Definition hochtechnischer Datenübertragung überhaupt. Vergleichbar der mathematischen Informationstheorie für Buchdruck und Telegraphie als Apriori der digitalen Medienkultur, vermag das Theorem des operativen Diagramms die medientheoretische Begründung für die Episteme der elektromagnetischen Induktion (also der Epoche hochtechnischer Medien) zu liefern. Induktion selbst ist von paradigmatischer Form für das diagrammatische Denken, die Faradayschen elektro-magentischen Feldlinien: "Au fur et à mesure que je progressais dans l'étude des *Experimental Researches* de Faraday, je prenais conscience que sa méthode pour concevoir les phénomènes était elle aussi une méthode mathématique, bien qu'elle ne fut pas présentée sous forme conventionnelle, à l'aide de symboles mathématiques."²³

Der diagrammatische Kalkül

"All mathematical reasoning is diagrammatic and [...] all necessary reasoning is mathematical reasoning."²⁴ Mit der exakten, mechanisch setzbaren Typographie des Buchdrucks (in Kombination mit der zum

22 Bredekamp et al. (Hg.) 2008: 193

23 James Clerk Maxwell, hier zitiert nach: Françoise Balibar, Einstein 1905. De l'éther aux quanta, Paris (PUF) 1992, 32

24 Charles S. Peirce, *The New Elements of Mathematics*, hg. v. Carolyn Eise, Bd. IV: *Mathematical Philosophy*, Den Haag (Mouton) 1976, 47

spatium gewordenen Null) wurde jene "sinnentleerte" Form der Operation mit Zeichen hin zum mathematischen Kalkül eingeführt, die Edmund Husserl mit Blick auf die vormalige Anschaulichkeit vormaliger Geometrie dann als Krise abendländischen Wissens schon wieder kritisiert. Eine Kapitelüberschrift in seiner *Krisis*-Schrift lautet dementsprechend "Die Sinnentleerung der mathematischen Naturwissenschaft in der Technisierung".²⁵

Wittgenstein *denkt* (wie Turing) "mit dem Bleistift"; einen Text mit der Schere zu lesen, als Akt operativer Diagrammatik im Sinne des "existential graph" (Peirce). "Negatives" Schreiben heißt, Redundanzen aus Papier physikalisch respektive virtuell mit der *delete*-Markierung aus der Druckseite ausschneiden. Das Entscheidungskriterium folgt dem inneren Computer: eine symbolische Textverarbeitungsmaschine, die - im Abgleich mit dem Gedächtnis vormaliger Lektüren - vielmehr formal entscheidet.

Definitionen von "Diagramm"

"In ein *diágramma* zeichneten die Griechen ihre geometrischen Figuren und deren Ableitungen."²⁶ Geometrie unterscheidet sich als mathematische Argumentation in einer ursprünglichen Spaltung von Arithmetik und Algebra, als "piktoriale" Argumentationsform der Diagramme. Während Zahlen symbolisch für einen mathematischen Sachverhalt stehen, verkörpern ihn die diagrammatischen Figuren (etwa der "Satz des Pythagoras", und seine Figur der Tetraktys).

"Ein Diagramm ist eine besonders brauchbare Art von Ikon, weil es gewöhnlich eine Menge von Details ausläßt [...]. Die Figuren der Geometrie sind, wenn die Zeichnung genau sind, derart getreue Ähnlichkeiten ihrer Objekte, daß sie fast zu Fällen von ihnen werden"²⁷ - aber eben nur approximativ. Die tatsächliche Instanziierung eines Diagramms geschieht erst als Medienphysik. Hier wird nicht mehr durch einen Graph ein physikalischer Vorgang schlicht veranschaulicht, sondern vollzogen.

25 Friedrich Kittler, Phänomenologie versus Medienwissenschaft, <http://hydra.humanities.uci.edu/kittler/istambul.html>; Zugriff 26. Oktober 2009, über Edmund Husserl, Die Krisis der europäischen Wissenschaft und die transzendente Phänomenologie. Eine Einleitung in die phänomenologische Philosophie, hg. v. Walter Biemel, 2. Aufl. Den Haag 1976

26 Wolfgang Hagen, Der Stil der Sourcen. Anmerkungen zur Theorie und Geschichte der Programmiersprachen, in: Wolfgang Coy / Christoph Tholen / Martin Warnke (Hg.), Hyperkult, Basel et al. (Stroemfeld) 1997, 33-68 (48)

27 Peirce 1986: 205

Damit rückt das Diagramm in die Nähe des Simulationsbegriffs: "Simulations [...] permit *theoretical model experiments*. These can be expressed by graphics that are *dynamically* 'anschaulich'."²⁸

Diagramme stehen *zwischen* mathematischer Abstraktion und tatsächlicher Maschine. Analogien von Systemen bilden Äquivalente formalisierbarer Funktionen: "Solche Analogien lassen sich in verbaler Form, in mathematischer Form, als Blockdiagramm (paper and pencil-Modell) oder als technischer Aufbau (Realmodell) für unsere Denkgewohnheiten anschaulich machen."²⁹ Im letztgenannten Feld kommt der Analogcomputer zum Einsatz.

Was heißt "operativ"?

Der Begriff des "operational research" in der US-amerikanischen WKII-Wissenschaft meint zunächst Anti-Aircraft-Prediction, als direkte Funktion der Radartechnologie. Mit Radar werden gegnerische Flugdaten erfaßt, die ein nachgeschalteter Rechner (der Anti-Aircraft-Predictor) als künftige Flugbahn extrapoliert; hierbei muß das Ausweichmanöver der gegnerischen Mensch-Flugzeug-Kopplung mitberechnet werden. *Operational research*, Spieltheorie und Kybernetik dienten der "Berechnung des feindlichen Gegenübers"³⁰.

Das operative Verständnis unterscheidet das neuzeitliche Diagramm von seinem altgriechischen Begriff, etwa in Galileo Galileis Ableitungen physikalischer Beschleunigung. Mahoney akzentuiert das Operative, nicht das bloß visuell Einsichtige anhand einer diagrammatischen Demonstration der Hebelwirkung in Galileos *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze* (Leiden 1638): "The diagram of the system plays in this analysis of its workings a role quite different from that of the diagram in Archimedean statics. The rearrangement recorded by the former takes place not in space but in time. The arcs connect the endpoints of the beam in two positions separated by an interval of time and themselves represent the trajectories of those endpoints. The weights remains unchanged throughout and their magnitudes play no operative role in the diagram; hence, they are reduced to dimensionless points. In fact, little in the diagram plays any operative role, once we have ascertained that the arcs are proportional to the distances from the fulcrum. From then on, the reasoning takes place off the diagram. [...] Speed, force, and weight can be located in the

28 Fritz Rohrlich, Computer Simulation in the Physical Sciences, in: Arthur Fine / Micky Forbes / Linda Wessels (Hg.), Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Bd. 2, East Lansing 1990, 507-518 (515)

29 Hartmut Birett, Funktionsmodelle. Versuche zur biologischen Nachrichtenverarbeitung, Frankfurt a. M. / Berlin / München (Diesterweg) 1974, 1

30 Peter Galison, Die Ontologie des Feindes. Norbert Wiener und die Vision der Kybernetik, in: Michael Hagner (Hg.), Ansichten der Wissenschaftsgeschichte, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2001, 433-485 (436)

diagram only by transformation of their various relations into relations among its elements. The rules of transformation, this is, the laws of dynamics and kinematics, used to link weight and distance, correspond to no geometrical operations executable directly on the diagram. Only when the rules turn out to be successively, and hence compositely, lienare can one then take as surrogates for the weights the corresponding arms of the balance [...] of any putatively incipient motion of the system."³¹

Heinz von Foerster plädiert für eine ausdrücklich "operative Erkenntnistheorie": Epistemologie soll nicht als statische Erkenntnis- oder Wissenstheorie verstanden werden, sondern "als Theorie des Erkenntnis- und *Wissenserwerbs*". Für deren begrifflichen Rahmen erklärt er die Kybernetik für zuständig: "Kybernetik ist die einzige wissenschaftliche Disziplin, durch die Erkenntnis bzw. Wissen erworben wird, d. h. die kognitiven Prozesse werden als algorithmische Rechenprozesse aufgefaßt, die ihrerseits errechnet werden. Dies erfordert [...] die Erörterung von rekursiven Rechenprozessen mit einer Regression beliebiger Größenordnung."³²

An der Schnittstelle der Wissensmodi "ikonisch" *versus* "operativ" stehen Diagramme, von Leibniz' *characteristica universalis* und seinem logischen Kalkül über Gottfried Freges Begriffsschrift zu Booles Logik (*Laws of Thought*) und Shannons schaltalgebraischer Implementierung und Turngs Symbolen auf quadriertem Band nach Vorschrift einer Tabelle: Eine operative, logische Folge, ist - unabhängig von der jeweiligen Form von Schrift - ebensogut an Technik deligierbar.

"Operativ" steht nicht mehr in Oppositon zu "struktural". 1929 definiert Roman Jakobson den Begriff des *Strukturalismus*: "Die heute von den Wissenschaften untersuchten Phänomene werden nicht mehr als mechanische Agglomerate angesehen, sondern als struktureles Ganzes, und die wesentliche Aufgabe besteht darin, die inneren Gesetze dieses Systems, seien sie statisch *oder dynamisch*, zu entdecken."³³

Zeit und Diagramm

Ilya Prigogine führt ergänzend zum Parameter Zeit t für irreversible Prozesse eine "operative" Zeit ein, die Zeit als Operator T .³⁴

31 Michael S. Mahoney, Diagrams and Dynamics. Mathematical Perspectives on Edgerton's Thesis, in: John W. Shirley / F. David Hoeniger (Hg.), Science and the Arts of the Renaissance, Washington et al. 1985, 188-220 (xxx)

32 Heinz von Foerster, Sicht und Einsicht. Versuche zu einer operativen Erkenntnistheorie, autorisierte dt. Fassung v. Wolfram K. Köck, Braunschweig / Wiesbaden (Vieweg) 1985, 65

33 Roman Jakobson, Retrospect, in: ders., Selected Writings, Bd. II (Word and Language), Mouton 1971, 711 (Kursivierung W. E.)

34 Ilya Prigogine, Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften, München / Zürich 1979

"Was [...] für jedes Werkzeug gilt, das zwar ein Ding ist, aber einem außerhalb seiner selbst liegenden Zweck dient"³⁵, gilt für operative Diagramme (Schaltungen) und Medien zugespitzt: daß sie erst im Vollzug im tatsächlichen Mediendasein sind.

Schaltungen bilden den "Schematismus von Wahrnehmbarkeit überhaupt"³⁶.

Operative Diagramme weisen über die Mächtigkeit von passiven Diagrammen, die "Erzeugungsprozesse ins Bild" setzen, hinaus, etwa die sogenannte Kochsche Kurve, die - *avant la lettre* - selbstähnliche Figuren, sogenannte Fraktale, darstellt.³⁷ Vielmehr werden sie selbst wirkungsmächtig sind.

"Die Dynamisierung von Symbolstrukturen durch Implementierung von Zeit" bringt Sybille Krämer zum Begriff eines "Operationsraum Schrift" bzw. zu dem der "autooperativen Schrift".³⁸ Aber nicht Zeit wird in Symbolketten implementiert, sondern Symbolketten werden in elektrophysikalische Medien implementiert und damit verzeitlicht.

Es bedarf der realtechnischen oder der sprachlichen Dynamisierung, um ein Diagramm als Abbildung von Prozessen in Vollzug zu setzen: "Da die zeitliche Folge verschiedener Vorgänge aus dem Blockschaltbild nicht zu ersehen ist, sei dies nachstehend kurz dargestellt", heißt es etwa zum Diagramm der Module eines 3-D-Speichers.³⁹

Oszilloskopien

Klassische Kurvendiagramme sind symbolische Schaubilder. Auf dem Bildschirm des Oszilloskops aber ist das Schaubild zugleich unsymbolisch real, eine direkte Funktion elektrophysikalischer Signalprozesse in der Zeit - ein genuin medienarchäologisches Schau"bild", sprich: *Medientheoría*.

"In Diagrammen kommt dem *Verlauf des Graphen* eine physikalische Bedeutung zu: Er zeigt, welcher Zusammenhang zwischen den beiden

35 v. Foerster, Bibliothekare und Technik: eine Mesalliance?, in: ders. 1985: xxx-xxx (46)

36 Kittler 1986: 5

37 Rüdiger Inhetveen, Bilder und Zeichen in der Mathematik, in: Peter Bernhard / Volker Peckhaus (Hg.), Methodisches Denken im Kontext. Festschrift für Christian Thiel, Paderborn (mentis) xxx, 404-424 (417)

38 Sybille Krämer, "Operationsraum Schrift". Über einen Perspektivwechsel in der Betrachtung der Schrift, in: Gernot Grube / Werner Kogge / Sybille Krämer (Hgg.), Schrift. Kulturtechnik zwischen Auge, Hand und Maschine, München (Fink) 2005, 23-57 (47)

39 Peter Sokolowsky, Aufbau und Arbeitsweise von Arbeitsspeichern, Heidelberg (Hüthig) 1977, 66

Größen besteht, die auf den Achsen abgetragen sind."⁴⁰ Während reelle Zahlen durch die Zahlenlinie dargestellt werden, entwickeln 1806 unabhängig voneinander Caspar Wessel und Jean Robert Argand eine graphische Darstellung komplexer Zahlen. "The complex number [...] is represented on the complex plane by a *vector*. The concept of the vector <..> combines the idea of magnitude (a core element of mathematics) with that of direction (a core element of physics); a vector is a quantity that has both properties."⁴¹

Ein Oszilloskop steht - anders als Formen diagrammatischer Notation - nicht in einem schlicht symbolischen Verhältnis zum gemessenen Sachverhalt, sondern in einem indexikalischen. Es setzt nicht schlicht "*Theoreme* ins Bild"⁴², sondern ist die transitive Funktion eines Dynamismus. Der Bildschirm bildet keine intern errechneten Daten ab wie der Computerbildschirm, sondern bildet selbst die Fläche, auf der Meßwerte graphisch gebildet und abgelesen werden.

Das Oszilloskop stellt dabei eine dynamische Form des Achsendiagramms dar: "Achsendiagramme dienen zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen zwei abhängigen Werten oder Messgrößen"⁴³, hier konkret zwischen Zeigen und Zeitigung: Das Oszilloskop zeitigt Signale *qua t*-Achse, zeigt aber kein Bild wie das Fernsehen, sondern ein genuines dynamisches Diagramm. Zeitkritische Prozesse, etwa die kinetischen Reaktionen in der Chemie, lassen sich durch Überlagerung mit einem nach bekanntem Zeitgesetz ablaufenden physikalischen Vorgang, so messen. "Ähnlich verfährt der Elektronenstahloszillograph. Der mit bekannter Geschwindigkeit aufgelenkte Elektronenstrahl bildet das zeitlichen Geschehen als räumliches Diagramm ab."⁴⁴

Das extrem zugespitzte Diagramm: der "springende Punkt"

Die Frage nach dem In-der-Welt-Sein von operativen Diagrammen (also auch dem In-der-Zeit-Sein) ruft den epistemischen Operator namens "Punkt" auf - einerseits ein diagrammatisches Symbol, andererseits ein zeitkritisches Ding, der infinitesimale kleinste, buchstäbliche "Zeitpunkt". Der "springende Punkt" liegt einerseits in der elektronischen Bildschreibung durch den Kathodenstrahl (Oszilloskop, Fernsehen, Video) und andererseits in der heuristischen Fiktion des Bild"punkts", im Kontrast zum matrizierten Bild in der Epoche digitaler Flachbildschirme.

40 Physik. Lehrbuch für die Klasse 11 Berlin Gymnasium, hg. v. Lothar Meyer / Gerd-Dietrich Schmidt, Berlin (PAETEC) 1998, 22

41 Denis Guedj, Numbers. The Universal Language, xxx (Thames & Hudson) xxx, 97 f.

42 Rüdiger Inhetveen, Bilder und Zeichen in der Mathematik, in: Peter Bernhard / Volker Peckhaus (Hg.), Methodisches Denken im Kontext. Festschrift für Christian Thiel, Paderborn (mentis) xxx, 404-424 (421)

43 <http://de.wikipedia.org/wiki/Diagramm>; Zugriff 16. Februar 2009

44 Manfred Eigen, Evolution und Zeitlichkeit, in: Jürgen Aschoff u. a., Die Zeit. Dauer und Augenblick, München / Zürich (Piper) 3. Aufl. 1992, 35-58 (37)

So konvergieren im (zeit-)kritischen Punkt Fragen der Geometrie wie der diskreten Prozessierung von Zeit als Impuls.

Phasenverschiebungen

Trajektorien bezeichnen in der physikalischen Kinematik "eine Ortsraumkurve, entlang der sich ein punktförmiger Körper [...] mit einer bestimmten Geschwindigkeit v bewegt"⁴⁵. "Entlang der Trajektorie verläuft die Zeit" <ebd.>. Ein Beispiel sind Jäger-Beute-Verlaufskurven, gegeneinander immer zeitverschoben. Eine solche Simulation nicht im Analogcomputer, sondern in der Programmierumgebung Pure Data stellt ein operatives Diagramm dar; der jeweils errechnete Punkt beschreibt sukzessive einen Kreis. Der elektrische Schwingkreis zeitigt solche Phasenverschiebungen, und das Goniometer in der Audio-Meßtechnik zeigt sie in zwei Kanälen an, resultierend in Lissajous-Figuren als Überlagerung von Kurven zu elliptischen Kreisen.

Diagramm *versus* "Bild"

Der operative Daimon (Charles Alunni) am Diagramm weist operativ über das Bild hinaus. Schaltpläne und technischen Zeichnungen lassen sich nicht auf kulturelle Diskurse oder gar (Bild-)Rhetoriken reduzieren, denn so beliebig diskursiv verfügbar sind sie nicht. Der Test darauf ist ihre Funktion.

Die Tatsachen der Wahrnehmung bewahren in der Deutung durch Hermann von Helmholtz (anders als in der radikal-konstruktivistischen Deutung) einen indexikalischen Bezug zur externen Welt. Hat Sinneswahrnehmung selbst diagrammatische Qualität? "Wenn also unsere Sinnesempfindungen in ihrer Qualität auch nur Zeichen sind, [...] so sind sie doch nicht als leerer Schein zu verwerfen, sondern sie sind eben Zeichen von Etwas, sei es etwas Bestehendem oder Geschehendem, und [...] das G e s e t z dieses Geschehens können sie uns abbilden."⁴⁶

Heinrich Hertz formuliert die gleichursprüngliche Notwendigkeit, sich "innere Scheinbilder und Symbole der äußeren Gegenstände [zu machen], und zwar [...] von solcher Art, dass die denotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände"⁴⁷. So kommen technische Apparaturen zustande, als operative Diagramme.

45 [http://de.wikipedia.org/wiki/Trajektorie_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Trajektorie_(Physik)), Abruf 13. Dezember 2009

46 Hermann von Helmholtz, Die Tatsachen in der Wahrnehmung, hg. v. Hans Schneider, Teubner (Leipzig / Berlin) 1927, 11

47 Heinrich Hertz, Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt, Leipzig 1894, 1

Akustische Diagramme

""Diàgramma' hieß [...], weil Tonfolgen als eine Ableitung kosmischer Geometrie verstanden wurden, die Tonart. Im ENIAC ist es der Umriß einer Programmablaufs, der in Diagrammen festgehalten wird"⁴⁸ - also quasi-musikalisch, algorithymisch⁴⁹. "Die Notate der parasemantischen Technik werden in musiktheoretischen Quellen ausdrücklich als Diagramme bezeichnet, was nichts weniger besagt, als dass DURCH (dia-) die GRAMMATIK (Schrift) HINDURCH die reale Para-Ebene des Akustischen verzeichnet und bis zu einem gewissen Grad operabel wird. Dieser Grad freilich ist der zeitkritische Grat oder die technische Grenze aller bisherigen 'Schriftbildlichkeit', an die das radikale Denken des Melos als akustisch-logischen Prozess stoßen musste und gestoßen ist"⁵⁰ - eine dezidierte, nicht-humane *artefactuality*. Graphische Sprachanalyse schließlich, registriert auf der Walze eines Sonographen, resultiert im Diagramm eines gesprochenen Wortes, konkret: *visible speech*.

Elektrotechnische Schaltpläne (David Tudors Blockdiagramme) fungierten als Musikpartituren während der Medienkunstaktion *9 Evenings* in New York 1966. Im Unterschied zur schriftlich kodierten Anweisung zur Realisierung einer musikalischen Komposition auf symbolischer Ebene (die klassische, auf die Einzelnote in Dauer und Höhe, also in Zeit und Grundfrequenz fixierte Notation) wandert die Notenschrift für elektronische Musik in die Apparate selbst: "Die Konfiguration der Geräte und die Einstellung der Geräteparameter ist zugleich wesentlicher Bestandteil der Musik."⁵¹ Für Computermusik werden Programme selbst zur Partitur: Flußdiagramme und Struktogramme sind zumindest Bestandteile des neuen Typus von Partitur, der - nach Vollzug des "RUN"-Befehls - die musikalische Artikulation nach Medienrecht generiert.

Es gibt keine akustischen Diagramme im unmittelbaren Sinne, aber ihr optisches Äquivalent (implizite Sonik): "Die wesentlichen Grundzüge der Formantfiltertechnik werden anhand von Schaltungen und Oszillogrammen dargelegt [...] - letztere müssen, in allerdings recht anschaulicher Form, den leider in einer Zeitschrift nicht zu vermittelnden akustischen Klangeindruck ersetzen."⁵²

48 Wolfgang Hagen, Der Stil der Sourcen. Anmerkungen zur Theorie und Geschichte der Programmiersprachen, in: Wolfgang Coy / Christoph Tholen / Martin Warnke (Hg.), *Hyperkult*, Basel et al. (Stroemfeld) 1997, 33-68 (48)

49 Im Sinne von Shintaro Miyazaki, *Algorithymisiert. Eine Medienarchäologie digitaler Signale und (un)erhörter Zeiteffekte*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2013

50 Kommunikation Martin Carlé vom 12. Oktober 2009, unter Bezug auf Aristoxenos' Begriff der musikalischen Notation

51 Paul Modler, Computermusik notiert, in: *Positionen* Heft 36 (August 1998), 42-44 (43)

52 J. Lesche, Einführung in die Technik der elektronischen Musikinstrumente (Teil 1), in: *Funkamateure* Nr. 1/1966, 27f (27)

Die Strukturanalyse von Musik ist eine "zeitabstrakte Betrachtungsweise" (Hans-Ulrich Fuss). "Das [...] Problem liegt in der Verknüpfung eines Mediums, das der Hörer in erster Linie als Bewegung, als in Fluß befindliches 'Geschehen' erlebt, mit räumlich-graphischen Vorstellungen."⁵³ Jedes ikonische Diagramm verwandelt einen Zeitverlauf in ein Bild; die Alternative dazu ist operative Schrift, die selbst nur flüchtig sich ereignet (Oszilloskopien), das Diagramm *in motion*. Denn dynamisch-prozessuale Vorgänge (statt schlicht Zustände) erfordern auch auf der Ebene ihrer Repräsentation eine Mimesis an den Gegenstand, ein "Sich-Hinein-Begeben des Analysierenden in den Zeitablauf"⁵⁴.

Visuelle Kommunikation mit der Zukunft: Bild und / oder Diagramm

Werden Bilder nicht kultur-, also weitgehend kontextfrei archiviert, lassen sie sich eines Tages vielleicht nicht mehr wiederfinden. Solange es für ihr menschliches Verständnis einer (kultur)geschichtlichen Basis des Archivs bedarf, ist es verwundbar, und die ikonologische Voraussetzung geradezu eine Bandbegrenzung ihrer Überlieferung.

Analog dazu verhält sich die Frage, wie mit außerirdischer Intelligenz überhaupt zu kommunizieren ist. An die Option kulturfreier Verständigung knüpfen entsprechende Projekte an, im Vorgriff auf Adressaten, die vielleicht nicht einmal eine Kultur bilden, sondern etwas viel Fremdartigeres, fremdartiger noch als die Ausgrabungsobjekte prähistorischer Archäologie. Die Bildplakette an den *Pioneer*-Raumsonden von 1972, die nach ihrem Vorbeiflug am Planeten Jupiter das Sonnensystem mit unbestimmtem Ziel verlassen sollen, sind neben der ikonisch eher trivialen Umrißzeichnung von einem grüßenden Mann und einer dastehenden Frau mit einer Zeichnung der Pulsfrequenz der Pulsare der Milchstraße versehen, im Zeichen einer buchstäblich universalen Maßeinheit.⁵⁵ Schon hier ersetzt die mathematische Relation die bildliche Ästhetik. Vorgeschlagen wurde auch das System der Primzahlen, die nur durch sich selbst und durch eins dividiert werden können und nicht - wie die Dezimalzahlen - auf den menschlichen Fingern und der komplizierten Zahl Null angewiesen sind. Die Kommunikation mit außerirdischen Zivilisationen aufgrund von Primzahlen stellt den Versuch einer kulturell voraussetzungslosen Signalisierung dar.⁵⁶

53 Hans-Ulrich Fuss, Musik als Zeitverlauf. Prozeßorientierte Analyseverfahren in der amerikanischen Musiktheorie, in: Zeitschrift der Gesellschaft für Musiktheorie 2/3 (2005); <http://www.gmth.de/zeitschrift/artikel/205.aspx>, Zugriff Juli 2009

54 Bernd Redmann, Entwurf einer Theorie und Methodologie der Musikanalyse, Laaber (Laaber) 2002, 31, hier zitiert nach: Fuss 2005

55 Ernst Gombrich, Das Bild und seine Rolle in der Kommunikation, in: ders. 1984: 146ff u. Abb. 128

56 Siehe F. M. C., Signale aus dem Kosmos. Forschungsarbeiten über Leben im Weltraum, in: Wehrtechnische Monatshefte, 62. Jg., Heft 7 (1965)

Den 1977 gestarteten interstellaren Raumsonden Voyager 1 und Voyager 2 wurden die Voyager Golden Records mit Bild- und Audio-Signalen angefügt, intendiert als Nachrichten an außerirdische Intelligenz. Deren Blick erwartet kulturferne Bilder.

Im besten Sinne einer Bildmedienwissenschaft ist den aufgezeichneten Bild- und Tonkonserven zunächst das im strikten Sinne *technische Bild* vorgeschaltet: "Jede der zwei Platten befindet sich zusammen mit einer Kassette und einer Nadel in einer Schutzhülle aus Aluminium. Auf dieser Hülle (*Golden Record Cover*) befindet sich eine Anleitung in symbolischer Sprache, wie die Datenplatte dekodiert werden kann. Die zum Abspielen nötigen Zeitangaben – 16 $\frac{2}{3}$ Umdrehungen pro Minute – sind binär angegeben und beziehen sich auf die charakteristische Schwingfrequenz des Wasserstoffatoms", das als Molekül dargestellt ist⁵⁷ - in Allianz von Technik und Natur.⁵⁸

Die Herkunft der Platten wird auf ihrer Hülle in diagrammatischer Kulturinvarianz durch die Position der Sonne in Relation zu 14 Pulsaren erklärt. Der erste Teil der Plattenspur selbst enthält analog gespeicherte Bilder, zumeist naturwissenschaftliche Diagramme "plus ein Testbild zum Kalibrieren. Dies ist das einzige Bild, das sich auch auf der 'interstellaren Gebrauchsanweisung' befindet" - ein Rechteck mit Kreis.⁵⁹ Im Sinne Galileo Galileis wird das "Buch der Natur" universal als aus geometrischen respektive diagrammatischen Figuren bestehend begriffen. Dementsprechende Nachrichtenbilder technischer Kommunikation setzen zunächst nicht auf kulturell kontextintensive Ikonologie, nicht auf ikonisch Qualitatives, sondern auf das Quantitative: die mathematische Formel, oder die graphische Darstellung.⁶⁰

Das Diagramm läßt eine mathematische Struktur als Bild sehen, und als operatives Diagramm, im Schaltplan, kommt dieses Bild zum Vollzug; sein eigentliches Abbild ist der Signalprozeß, seinerseits modellierbar durch die Datenflußsimulationssoftware SimuLink von *Matlab* des Unternehmens MathWorks, ein MATrix LABoratory "zur Lösung mathematischer Probleme und zur grafischen Darstellung der Ergebnisse."⁶¹

57 Siehe Paul Sagan et al., Signale der Erde. Unser Planet stellt sich vor. Droemersch Verlagsgesellschaft, München / Zürich (Knaur) 1980

58 Golden Record Cover mit Gebrauchsanleitung, in: https://de.wikipedia.org/wiki/Voyager_Golden_Record, Abruf 17. Dezember 2018

59 https://de.wikipedia.org/wiki/Bilder_auf_der_Voyager_Golden_Record, Abruf 17. Dezember 2018

60 Felix Auerbach, Physik in graphischen Darstellungen, Leipzig / Berlin (Teubner) 1912, Vorrede

61 <https://de.wikipedia.org/wiki/Matlab>, Abruf 5. Dezember 2018

Ähnliches gilt für "die Kommunikation mit der eigenen Zukunft" (Claus Pias), nämlich jene Salzbergwerksstollen bei Freiburg im Breisgau, in die das, was als Summe bundesrepublikanischer Kultur für die Nachwelt dokumentiert werden soll, für den Ernstfall auf Mikrofilm verbracht wird. Weniger Spielraum bleibt bei der Kennzeichnung nuklearer Endlagerstätten. Damit diese verstrahlten Orte auch nach 10000 Jahren nicht geöffnet werden sollen, sind kulturfreie Anweisungen nötig. Werden die Überlebenden alle Diskursarchäologen sein müssen? Ein Vorschlag lesekulturfreier Kennzeichnung ist eine stachelige Oberfläche.⁶² Diese mit spitzen Nadeln gespickte Stätte erinnert an die Visualisierung statistischer Mengen. Auch hier wird die Botschaft asemantisch. Rat, wie die Endlagerstätten nuklearen Abfalls für künftige Generationen zu markieren sind, holen sich die Experten unter anderem vom Vatikanischen Archiv als dem dauerhaftesten Gedächtnis der Alten Welt und von der Erfahrung mit Archiven in Deutschland angesichts seiner Katastrophen im 20. Jahrhundert.⁶³

Graphen aus Punkten und Linien: diagrammgebende Medien

Eine phonographische Aufzeichnung auf Edison-Zylinder ist im Prinzip das Diagramm eines akustischen Ereignisses; das medienarchäologisch dahinterstehende medienepistemische Ding, der Kymograph, ist ein diagraphisches Medium in der Tradition der *methode graphique* Mareys.⁶⁴

Ist *diagrammatische Ikonizität* ein Oxymoron? "Viele Diagramme ähneln im Aussehen ihren Objekten überhaupt nicht. Ihre Ähnlichkeit besteht nur in den Beziehungen ihrer Teile"⁶⁵; Medienarchäologie widmet sich der Analyse solch nondiskursiver Realbeziehungen.

"*Icons* [...] represent their Objects by virtue of resembling them as a geometrical figure in a geometry-book, or as any Diagram, or Array of letters in algebra, where the resemblance is not sensual but intellectual."⁶⁶

Zwischen mathematischem Kalkül und Schaltplan kann ein mathematischer Ausdruck (Peirce zufolge) nicht nur symbolisch, sondern auch ikonisch gelesen werden, "wenn wir in der Algebra Gleichungen in regelmäßiger Anordnung untereinander schreiben, vor allem dann wenn

62 Abb.: "Spike Field", in: Fryksén 1996: 327

63 Dazu Arne Fryksén, "Archives for Millennia" - A Strategy to Inform Future Societies about Nuclear Waste Repositories", in: Archivum 42, München et al. (Saur) 1996, 323-334

64 Friedrich Kittler, Grammophon - Film - Typewriter, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 181

65 Charles Sanders Peirce, Kleine Logik, in: ders., Semiotische Schriften, hg. v. Helmut Pape, Bd. 1, Frankfurt/M. 1986, 202-286 (205)

66 Charles S. Peirce, Brief an P. E. B. Jourdain [*1908], in: Carolyn Eisele (Hg.), The New Elements of Mathematics, 3/2, Berlin (Mouton) / Atlantic Highlands, NJ (Humanities Press) 1976, 879-888 (887)

wir ähnliche Buchstaben für entsprechende Koeffizienten gebrauchen, so ist diese Anordnung ein Ikon". Eine algebraische Gleichung ist ein Ikon, insofern sie "mittels der algebraischen Zeichen (die selbst keine Ikons sind) die Beziehungen der betreffenden Quantitäten offenlegt" (ebd.).

Im Unterschied zur abstrakten Vorstellung des Diagramms, demzufolge logische Operationen in einer graphischen Form dargestellt werden, betont Peirce die "existential graphs", worin die Materialität der Zeichen und ihrer Träger selbst eine Rolle spielt (etwa Kreide und Tafel). So "ist folglich das Blatt, auf das die Graphen geschrieben werden, eine besondere Art von / Punkt, und die Niederschrift eines Graphen auf diese Blatt entspricht im Grunde dem Ziehen einer kräftigen Linien zwischen dem Punkt, der das Universum darstellt, zu jenem Punkt"⁶⁷ - also ein dynamisches, operatives Verhältnis, keine starre Semiotik. "Damit wird das Blatt ein Medium, das Übertragungen zwischen Graphist und Interpret, zwischen Sender und Empfänger möglich macht."⁶⁸ Somit ist die Linie auf dem Blatt keine rein symbolische Form, sondern trägt selbst einen indexikalischen Charakter, eine Spur des Realen. Schöffner weiter: "*Existential Graphs* [...] sind nicht auf dem Papier, sondern das Papier selber, sie indizieren sich als eine diagrammatische Maschine, die sich auf Punkten und Linien, aus Orten und Verbindungen aufbaut [...]. Sie sind damit ganz buchstäblich Papiermaschinen" (ebd.). Peirce selbst schlägt den Bogen zum Schaltplan elektronischer Apparate; er schreibt in einem Brief vom 30. Dezember 1886 an Allan Marquand (der eine logische Maschine entworfen hat): "It is by no means hopeless to expect to make a machine for really very difficult mathematical problems. [...] I think electricity would be the best thing to rely on."⁶⁹ Daraus resultiert die Skizze, in der Tat: das Diagramm einer ersten logischen Schaltung. Die Nachgeschichte ist Shannons Magisterarbeit zur Übersetzung Boolescher Logik und ingenieurstechnische Schaltungen mit Relais, d. h. die Algebraisierung der elektrotechnischen Schaltung. So verzweigt sich der Begriff der Schaltung in zwei alternativen Operationen: a) ein Unter-Strom-Setzen (die Rechenschaltungsoperation des Analogcomputers), b) ein Algorithmisieren (die Operationsbasis des Digitalcomputers).

Die erste technische Zeichnung einer elektrischen Schaltung entsprang dem Zweck, eine logische Operationen zu mechanisieren (Peirce). Später ist eine spezielle Form der Oszilloskopie, der Logikanalysator, eine Visualisierungsoption des Zeitverhaltens getakteter logischer Maschinen (Digitalcomputer). Der Logikanalysator zeitigt sogenannte Zeitdiagramme.

67 Peirce, zitiert hier nach: Wolfgang Schöffner, *Topologie der Medien*. Descartes, Peirce, Shannon, in: Stefan Andriopoulos / Gabriele Schabacher / Eckhard Schumacher (Hg.), *Die Adresse des Mediums*, Köln (DuMont) 2001, 86 f.

68 Schöffner 2001: 87

69 Charles Sanders Peirce, *Logical Machines*, in: *The New Elements of Mathematics*, hg. v. Carolin Eisele, Bd. III/1: *Mathematical Miscellanea*, The Hague / Atlantic Highlands, N. J. (Mouton / Humanities Press) 1976, 625-632 (632)

Diagrammatische Maschinen

"A logic machine is a device, electrical or mechanical, designed specifically for solving problems in formal logic. A logic diagram is a geometrical method for doing the something. The two fields are closely intertwined."⁷⁰

Gardner selbst nennt einen alternativen Begriff: "a diagrammatic technique" <ebd., 139, Anm. 5> als Bezeichnung für "algebraic ways of doing this <sc. minimizing a complex disjunctive statement> as well as chart methods" <137>, also papierrechnend.

"Whereas a computer program is the concretization or implementation of an assemblage of algorithms, the algorithm itself can be termed an abstract machine, a diagrammatic method that is programming language independent. Abstract machines [...] 'become mechanism-independent [...] as soon as they can be thought of independently of their specific physical embodiments'."⁷¹

Verdrahtung ist materiell implementierte Diagrammatik: "The electrical [relay] computer was topological, not metric", schreibt Stibitz.⁷²

"Stibitz defined his digital machines by connections, and Shannon's relay algebra allowed him to manipulate and combine digital circuits as network diagrams, with mathematical notation" <Mindell 2004: 304>.

Shannon (be-)schreibt diese Methode höchstselbst, und damit einen epistemologischen Sprung von der Dimension der Descartesschen Analytischen Geometrie: "Jede Schaltung wird durch eine Menge von Gleichungen dargestellt, wobei die Terme der Gleichungen den verschiedenen Relais und Schaltern der Schaltung entsprechen."⁷³
- also zwischen Diagramm (Logik / Schaltung) und Algebra (symbolische Analyse).

Das Flußdiagramm (*flow chart*)

70 Martin Gardner, *Logic Machines and Diagrams*, New York / Toronto / London (McGraw-Hill) 1958, vii

71 Steve Goodman, *Sonic Algorithm*, in: Matthew Fuller (Hg.), *Software Studies*, xxx 2008, 229-235 (229)

72 George Stibitz, *The Zeroth Generation. A Scientist's Recollections (1937-1955) from the Early Binary Relay Digital Computers at Bell Telephone Laboratory and OSRD to a Fledgling Minicomputer at the Barber Coleman Company, MS*, National Museum of American History, Smithsonian Institution, Washington, D.C., 1993, 106, hier zitiert nach Mindell 2004: 304

73 Claude Shannon, *Eine symbolische Analyse von Relaischaltkreisen*, dt. in: ders., *Ein Aus*, Berlin (Brinkmann & Bose) 2000, 177-216 (179); Orig.: *Transactions American Institute of Electrical Engineers* 57 (1938), 713-723

"A Flowchart is a schematic representation of an algorithm or a process, or the step-by-step solution of a problem, using suitably annotated geometric figures connected by flowlines for the purpose of designing or documenting a process or program."⁷⁴ Es handelt sich damit um eine Prozessvisualisierung, eine graphische Darstellung von Prozessen. "Prozessvisualisierung wird angewendet für [...] Automatisierungstechnik, Verfahrenstechnik, [...] betriebswirtschaftliche Prozesse, etc., aber auch in Forschung und Entwicklung zur Simulation von Abläufen."⁷⁵

In einer wirklich *dynamischen* Diagrammatik kommt das Präfix "dia-" erst zu seinem Recht. Vannevar Bush macht es zur Basis seines Differential Analyzers: "Any system that flowed could be represented by electrical diagrams. For modeling such circuits, Bush and Hazen saw continuous electrical computation as an improvement over the numerical methods."⁷⁶

Diagrammatik und Schaltplan

Das Handbuch zum Lernpaket *Elektronik mit ICs* (Poing: Franzis, 2008) wählt für die Vertrautmachung und Entbergung des IC Typ LM 324 (mit vier Operationsverstärkern) einen Weg von der Hardware zum Diagramm. Am Beginn steht die reale Aufbauplatte, die auch professionell zur Entwicklung von Schaltungen eingesetzt wird. Folgt ein erster Versuchsaufbau ("Die blinkende LED") auf Basis des ICs, auf der Grundlage der Photographie einer entsprechend bestückten Aufbauplatte aus Aufsicht (das sogenannte Aufbaubild). Folgt die diagrammatische Abstraktion (das zugehörige Schaltbild) und ihre Vermittlung: "Zusätzlich ist hier noch eine Abbildung gezeigt, in der alle Komponenten so platziert sind, dass das Schaltbild dem Aufbaubild möglichst ähnlich wird ('Aufbauähnliches Schaltbild')" <ebd., 23> - das ikonische Diagramm. Es hat hier eine Funktion wie der mittlere Term im Syllogismus: "Das aufbauähnliche Schaltbild wird bei späteren Versuche nicht mehr verwendet,, es soll hier nur den ersten Einstieg erleichtern. In der Elektronikentwicklung werden [...] nur die die sogenannten funktionellen Schaltbilder verwendet, und es ist daher wichtig, sich bereits am Anfang an die Umsetzung von Schaltbild zu Aufbaubild zu gewöhnen" <ebd., 24>. Diese Umsetzung zwischen Diagramm (Schaltbild) und realem Aufbau geschieht rein kognitiv - dem eigentlichen Feld des operativen Diagramms. (Im Feldbegriff hebt sich die Differenz von Raum und Zeit im Vollzug auf). An der Fehlfunktion wird es manifest: "Auch wenn der Aufbau genauso aussieht wie auf dem Aufbaubild, kann es natürlich vorkommen, dass die Schaltung nicht richtig funktioniert" <ebd., 102>. Ein Ausweg (u. a.) ist das Reverse Engineering: "Wenn eine Schaltung

74 http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow_charts?uselang=de; Zugriff 16. Februar 2009

75 <http://de.wikipedia.org/wiki/Prozessvisualisierung>; Zugriff 16. Februar 2009

76 Mindell 2004: 318

einmal überhaupt nicht funktioniert, kann es sehr sinnvoll sein, zu versuchen, nach dem Aufbaubild eine eigenen Schaltplan zu zeichnen. Dabei wird oft die Zuordnung der einzelnen Bauelemente leichter" <ebd., 102>, also das *mapping*, die logische Abbildung - gleich Versuchen mit der rein kognitiven Umstellung des optisch "verkehrten" Weltbilds durch den tastenden Betrachter.

Der Demonstrations-Analogcomputer der Firma Leyboldt ist derart gestaltet, daß die Schaltung zugleich schon das Interface, die Benutzer-Schnittstelle bildet - ein funktionales GUI. Die Bedienung, d. h. die Verkabelung der jeweiligen Operationsverstärker stellt damit schon eine Form operativer Diagrammatik dar, wie das Patchen eines antiken Kork-Synthesizers für elektronische Klänge.

Schaltpläne führen vom ikonischen zum logischen (diagrammatischen) "Bild" der Elektrotechnik, zum ihrem Schematismus.

In Otto Müllers *Einführung in die symbolische Methode der Wechselstromtechnik* (Leipzig 1951) findet sich einmal die graphische Darstellung der Wechselstromgrößen (Zeigerschaubild), 1ff; "Zeitvektoren" <5>; die symbolische Methode (unter Bezug u. a. auf O. Heaviside, in: *Electrician* 1886/1887); erstmals von Helmholtz 1878 für Probleme der Fernsprechtechnik formuliert: "Der Zweck der symbolischen Methode liegt darin, die Diagramme von Zeitvektoren rechnerisch zu behandeln. Es handelt sich also darum, gewissermaßen das Vektordiagramm in die Sprache der Analysis zu übersetzen" <8>.

Transitive Diagrammatik - das Prinzip des Lectron-Systems

Läuft eine Anordnung bereits im Kopf ab, gelingt ihr virtueller Vollzug. Zwischen Logik und Implementierung steht das operative Diagramm, als Visualisierung gedachter Logik einerseits und tatsächlich realisiertem Schaltplan andererseits, bestückt mit elektronischen Bauteilen. Eine Schaltung unter Strom setzt das Diagramm in Vollzug. Im Braun-Elektronik-Experimentierkasten *Lectron* haften die einzelnen Bausteine magnetisch aneinander und stellen dadurch über Neusilberplättchen den elektrischen Kontakt her - *transitive Diagrammatik*. Die Bauelemente liegen geschützt in glasklaren Kunststoffgehäusen. Die Oberfläche jedes Bausteins zeigt das genormte Schaltsymbol des darin enthaltenen Schaltelements. Jeder Versuch wird in diesem Experimentierbuch durch einen Schaltplan dargestellt, nach dem die Bausteine zusammengesetzt sind. Die Oberflächen der Bausteine geben dann das Schaltbild wieder.⁷⁷ "Jeder Lectron-Baustein enthält ein elektronisches Bauelement oder eine Verbindungsleitung. Durch sinnvolles

⁷⁷ Georg Greger / Joachim Schubert, Versuchsanleitungsbuch zu: Start- und Ausbau-System Elektronik, hg. v. Lectron, vollständig überarbeitet von Gerd Kopperschmidt, Frankfurt / M. o. J., 7

Aneinanderreihen der Bausteine entstehen funktionsfähige Schaltungen mit normgerechten Schaltbildern. [...] Was drin ist [...] steht auch drauf."⁷⁸

Operative Diagrammatik im Speziellen: der Schaltkreis

Im Unterschied zum flüchtigen Signalgeschehen umfaßt die symbolische Fügung technologische Schaltungen ebenso wie die formale Logik (Shannon 1937), von Gnaden des *lógos*. Medienphilologie, indem sie neben Alphabetschrift und Alphanumerik auch die Lektüre von Schaltplänen einbezieht, hat einen erweiterten Begriff von Literatur, die Ernst Robert Curtius als "Träger von Gedanken", mithin also: kognitiv-symbolisch definiert.⁷⁹

Die Elektrifizierung von logischer Algebra in Form von Schaltkreisen macht in Shannons Schaltalgebra aus intransitiven Symbolketten einen transitiven Syllogismus. Schon die Fregesche Begriffsschrift⁸⁰ läßt sich unmittelbar als elektrischer Schaltkreis interpretieren.

"Dabei wird der Wahrheitswert der Variablen A und B durch entsprechende Spannungen am rechten Ende der Schaltung dargestellt und als Resultat durch eine geerdete Anzeigelampe links. Die zentralen Grapheme der Begriffsschrift werden gewissermaßen direkt für ihre Extension leitend gemacht, indem nämlich der waagrechte Inhaltsstrich als Draht interpretiert wird, der senkrechte Strich der Implikation und Negation als primitive Schaltelemente. Dabei ist das, was die Zeichnung kurzschließt genau das, was man aus ihr schließen kann - diese Interpretation versucht, die Form der Schrift als Beschreibung eines logischen Zusammenhangs als Mechanismus zu aktualisieren"⁸¹ - ein elektrischer Syllogismus.

Die Verdinglichung des Schaltplans

Frei nach Friedrich Knillis Definition ist ein Medium das, was sich als Übermittlungs- und (Zwischen-)Speicherkanal in drei Koordinaten (x,y,z,) in Raum und Tiefe diagrammatisch lokalisieren und anschreiben läßt, aber erst in der 4. Dimension (t) stattfindet. In der Tat, Medien sind im Medienzustand erst im zeitlich Vollzug.

78 http://www.lectron.de/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=69&Itemid=116, Zugriff 16. Oktober 2009

79 Ernst Robert Curtius, Europäische Literatur und Lateinisches Mittelalter, Bern 1948, 24

80 Gottlob Frege, Begriffsschrift, Halle 1879

81 Julian Rohrhuber, Das Rechtzeitige. Doppelte Extension und formales Experiment, in: Volmar (Hg.) 2009, xxx, unter Bezug auf: W. Hoering, Frege und die Schaltalgebra, in: Archiv für mathematische Logik und Grundlagenforschung, Nr. 3 (1957)

In ihrer realen Verdinglichung werden Schaltpläne zu dreidimensionalen Gebilden, etwa das klassische Radio; mit zunehmender Miniaturisierung aber verflacht diese Medienpräsenz zu 2 1/2 Dimensionen (von der Elektronenröhre zum Transistor) und in lithographischer Chip-Technologie zu *fast* 2 Dimensionen (es bleibt immer ein mehrdimensionales Supplement). Die vierte Dimension ist der Medienvollzug.

Die "gedruckte Schaltung" (in der Tradition der Lithographie) ermöglicht den integrierten Schaltkreis in Chip-Form. Ein Trägermaterial wird derart geätzt, daß Leiterbahnen und Anschlußpunkte entstehen - ein logisches Netz. Das aber ist nicht reines relationales Diagramm, sondern durchsetzt mit fast unmerklich kleinen materiellen Monumenten: Transistoren, Widerständen, Kondensatoren.

Operative Diagrammatik meint den Schaltplan zwischen gedruckter Anweisung, als latentes Medium (die unbestückte, aber schon gedruckte Platine) und als finale Verwirklichung (etwa als Radio). Ein Radiobaukasten zielt auf die Transformation einer im Sinne Fritz Heiders "losen Kopplung" (der diskreten Bauteile) zum "Ding" (fest gekoppelte, nämlich verlötete Schaltung). So wird aus einem Medium (lose Kopplung) durch lötende Information das operative Medium.

Dazwischen steht die modulare Schaltung: das *patchen* auf einem Steckfeld, mithin: das variable Diagramm. Für einen elektronischen Analogrechner wie für einen elektro-akustischen Synthesizer gilt: Erst die Unterstromsetzung transformiert eine diagrammatische Struktur in ein operatives Diagramm, sprich: operatives Medium.

Von der Elektronenröhre zum hochintegrierten Transistor

Jeder Chip ist ein mikroarchäologisches Diagramm, als "mehrschichtiges Puzzle von vielen hundert Schaltungen, die so winzig sind, daß man sie mit bloßem Auge gar nicht unterscheiden kann."⁸² Die Schaltungen bestehen teilweise aus passiven Bauteilen wie Widerständen, die den Stromfluß hemmen, und Kondensatoren, die eine Ladung speichern können. Die wichtigsten Elemente sind jedoch Transistoren, Vorrichtung, die - wie einst die Elektronenröhre - eine elektronische Spannung verstärken oder an- und abschalten können, "wie es die Binärsprache der elektronischen Datenverarbeitung erfordert" <ebd.>. Doch nun der tatsächlich medienarchäologische, transitive Moment, der Physik diesseits von reiner Schaltungslogik ins Spiel kommen läßt: "Die zahlreichen Bestandteile eines Chips werden alle aus dem gleichen Stück Silizium gefertigt [...]. Silizium leitet normalerweise elektronischen Strom nicht. Behandelt man es jedoch mit Dotierungsstoffen - winzigen Mengen von Elementen wie Bor oder Phosphor -, so ändert sich seine

82 Grundlagen der Computertechnik, Amsterdam (Time-Life Bücher) 1986, 79

Kristallstrukture geringfügig, so daß es für elektrische Impulse leitend wird, die sich mit halber Lichtgeschwindigkeit fortbewegen" (ebd.).

Was bei Edison noch konkretes Ding ist (die Glühbirne), wird bei de Forest als Elektronenröhre nicht mehr als Objekt gezeichnet, sondern als technische Zeichnung, als Schaltung - zum Symbolischen übergehend, vergleichbar der "integrierten" Schaltung der Dreifachröhre für den Radioempfänger OE333 von Loewe / Ardenne. Erst als nicht mehr verdächtete, sondern flache, weil lithographisch geätzte Schaltung aber wird sie computerwirksam. So kann die Elektronenröhren funktional ihr eigenes Ende überleben. Der Transistor ist ein Halbleiter mit elektronenröhrenähnlicher Wirkung; auch in ihm ereignet sich die gesteuerte Bewegung von Ladungsträgern. An die Stelle des Hochvakuum tritt hier eine feste Substanz. Das raumgreifende Intervall zwischen Glühkathode und Anode entfällt und gestattet somit die Miniaturisierung - *medium cool*.

"Diagrammatische" Programmierung und Zustandsübergangdiagramme

Mit der Programmierung rutscht die operative Diagrammatik der lötenden oder patchenden Verschaltung vom Materiellen ins Funktionale. Logik kommt - als sei es eine List der Hegelschen Vernunft - in scheinbarer Erhebung über die Materie zu sich.

Blockdiagramme stellen bereits Computerprogramme in symbolischer Form dar - nur daß sie noch nicht selbst operativ sind. "Die Schaltung der Rechelemente eines Analogcomputers (das Analogcomputerprogramm) ist dem Blockdiagramm des Systems äquivalent. Beide, das reale System und das Analogcomputermodell, genügen denselben Differentialgleichungen."⁸³ Die einzelnen Blöcke repräsentieren dabei mathematische Operationen, die von den jeweiligen Bauelementen (elektro-)physikalisch vollzogen werden, um damit Verhalten von realen Systemen zu modellieren. Die graphische Darstellung des Signalflusses entspringt der Regelungstechnik; verallgemeinert wird ihr Einsatz mit der Erweiterung kybernetischer Betrachtungsweisen.

An den Grenzen des Diagramms und des Schaltplans (respektive der logischen Schaltung) steht ein digitaler Kontrollmechanismus als "a sequence of choices from a finite set of primitive functions, which can be arranged in arbitrary order. Such digital machines cannot be fully represented using diagrams. They must be specified in a symbolic way, for example using a sequence of arbitrary symbols for the basic

83 Wolfgang A. Knorre, Analogcomputer in Biologie und Medizin, Jena (VEB Gustav Fischer) 1971, 14

functions, in the order in which they are to be executed"⁸⁴ - die Programmierung eines Rechners.

Ein Zustandsübergangsdigramm dient der Darstellung eines Endlichen Automaten (siehe Turingmaschine). Die Kombination aus einem aktuellen Zustand und einer Eingabe (als Ereignis) führt zum nächsten Zustand auf der Grundlage von Zustandstabellen, "die für jeden Zustand einzeln definiert werden"⁸⁵. Die diagrammatische Darstellung des Zustandsübergangs (also der operative Moment) erfolgt über Kreise für Zustände und Pfeile zwischen denselben für die *Transitions*. "Auf jedem Pfeil steht, welche Bedingungen den Übergang ermöglichen" (ebd.).

Neuronale Diagrammatik (Netze)

Netzwerke sind nicht länger auf statische Räume beschränkt, sondern stellen vielmehr Modelle im *modus operandi* dar; ihre Diagramme formalisieren und kontrollieren diese Zeitigungen. Der Blick auf das Diagramm eines Netzwerks zeigt die Koexistenz von Symbolen im Raum, also ein "Bild" im Sinne der Definition Lessings von 1766, oder ein "Schema" im Sinne Kants. Als Operation aber ist ein Netz vielmehr eine Folge von Handlungen in der Zeit. Jede Schaltungsanalyse wird zeitkritisch, sobald eine Vielzahl von Schaltern mehrmals und zudem nicht gleichzeitig betätigt werden. Norbert Wiener beschreibt das Zusammenkommen von mathematischer Logik und neuronalen Netzen in Anlehnung an Walter Pitts und Warren McCulloch. Unabhängig von Shannon hatten diese die Technik der mathematischen Logik für die Erörterung der Vereinigung der Nervenfasern durch Synapsen zu Systemen mit gegebenen Gesamteigenschaften als Schaltproblem gedeutet. "Sie fügten Elemente hinzu, welche nicht in Shannons früherer Arbeit hervortraten, obgleich sie sicher durch die Gedanken von Turing eingegeben waren, z. B. der Gebrauch der Zeit als Parameter, die Betrachtung / von Netzen, die Zyklen enthalten, der synaptischen und anderer Verzögerungen."⁸⁶

Diagramm und Isomorphie

Das Verhältnis der Zeichnung eines Maschinenteils zu ihrem materiellen Korrelat (also der Teil einer Maschine und seine Darstellung in einer technischen Zeichnung) ist ein gleichursprüngliches: "Beide befinden sich in Isomorphie zueinander."⁸⁷ Isomorphie meint "strukturelle

84 Andreas Brennecke, in: Raúl Rojas / Ulf Hashagen (Hg.), *The First Computers. History and Architecture*, Cambridge, Mass./ London (MIT Press) 2000, 60

85 http://de.wikipedia.org/wiki/Endlicher_Automat, Zugriff 8. Oktober 2009

86 Wiener 1948 / 1992: 41 f., unter Bezug auf Turing 1936 und W. S. McCulloch / W. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in Nervous activity*, in: *Bull. Math. Biophys.* 5, 115-133 (1943)

Gleichheit"⁸⁸. Ikonisch wird dieses Verhältnis in der Photographie: "Die Lichtverteilung eines Zimmers wird durch Photographieren isomorph auf die lichtempfindliche chemische Schichte der photographischen Platte abgebildet" <Klaus ebd., 53 <a>>. Davon verschieden ist ein anderer Typus der Isomorphierelation, etwa die Analogie zwischen mechanischer Pendelbewegung und dem elektromagnetischen Schwingkreis.

Jenseits des "Diagramms"?

Medien verkörpern in ihrer operativen Logik ein bestimmtes, verborgenes Wissen, das auch diesseits des kulturellen Bewußtseins zum Zug kommt. Gedruckte Schaltungen sind nicht primär für das Auge, sondern für die inhärente Medienlogik bestimmt sind. Zur Anwendung kommt dabei eine durchaus in der Semiologie entwickelte Kategorie: Jedes technomathematische Diagramm verfügt über eine ihm innewohnende "pragmatische Potenz"⁸⁹, die immer schon über das konkrete Schema in seiner Zeitlichkeit hinausweist - das, was Charles Alunni das "Daimonische" an der diagrammatischen Demonstration nennt.

Mahoney thematisiert anhand von Christiaan Huygens' Zeichnungen zum Pendelmechanismus (und der *spring-driven clock*) nichtsdestotrotz einen Mangel: "The mathematics does not appear in the diagram, which records not the transformations themselves, but the resulting curves only. [...] Even setting aside the inadequacy of the diagram for representing the infinitesimal elements of Huygens' solution, one still cannot 'see' what is going on among its finite elements, which give no sign of their structure in terms of the original spatial, kinematical, and dynamical parameters."⁹⁰ Zur operativen Diagrammatik wird Mathematik erst mit ihrer Zeitwerdung als Implementierung in technomathematischen, vollzugsfähigen Medien. Das Demonstrationsmodell eines klassischen Analogcomputers (Firma Leyboldt) gibt auf der quasi-papierenen Oberfläche zweidimensional den Schaltplan aufgedruckt zu sehen; zugleich aber ist im 2 1/2-dimensionalen Raum dieser Schaltplan mit tatsächlichen Bauelementen bestückt und damit variabel ausführbar. Die symbolische Ordnung des Diagramms konvergiert mit dem tatsächlich dahinterliegenden operativen System.

87 I. A. Poletajew, Kybernetik. Kurze Einführung in eine neue Wissenschaft, hrsg. v. Georg Klaus, Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften) 1962, 22, Legende zu Abb. 4

88 Georg Klaus, Isomorphierelation, Diss. Jena 1948, 76, hier zitiert nach dem Typoskript im Nachlaß Klaus, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Archiv, Fasz. 18

89 Horst Bredekamp / Birgit Schneider / xxx Dünkel (Hg.), Das Technische Bild, xxx 2008, Einführung "Diagrammatik", 192-195 (195)

90 Michael S. Mahoney, Diagrams and Dynamics. Mathematical Perspectives on Edgerton's Thesis, in: John W. Shirley / F. David Hoeniger (Hg.), Science and the Arts of the Renaissance, Washington et al. 1985, 188-220 (xxx)