

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

[= teilweise redigierte Vortragsversion zum Workshop *Operative Diagrammatik*, Humboldt-Universität zu Berlin, Seminar für Medienwissenschaft]

Thematisches Exposé: Operative Diagrammatik  
Für eine diagrammatische Medientheorie  
Der diagrammatische Kalkül  
Das extrem zugespitzte Diagramm: der "springende Punkt"  
Eine "diagrammatische" Mediendefinition  
Definitionen von "Diagramm"  
"Operational research"  
Was heißt "operativ"?  
Das "Dämonische" (Alunni) an der diagrammatischen Demonstration  
Zeit und Diagramm  
Diagrammatische Theorie  
Oszilloskopien  
Trajektorien  
Diagramm versus "Bild"  
Diagrammgebende Medien  
Das Diagrammatische (Graphen aus Punkten und Linien) als Darstellungsform bei Peirce  
Getaktete Logik (Logikanalysatoren)  
Diagrammatische Maschinen  
Das Flußdiagramm (*flow chart*)  
Das Blockdiagramm  
Diagrammatik und Schaltplan  
Transitive Diagrammatik - das Prinzip des Lectron-Systems  
Operative Diagrammatik im Speziellen: der Schaltkreis  
Die Verdinglichung des Schaltplans  
Von der Elektronenröhre zum hochintegrierten Transistor  
Zeitweisen operativer Diagramme  
"Diagrammatische" Programmierung und Zustandsübergangsdigramme  
Neuronale Diagrammatik (Netze)  
Diagramm und Isomorphie  
Jenseits des "Diagramms"?

### **Thematisches Exposé: 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.

["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'" <Bredekamp et al. (Hgg.) 2008: 192> - und "einätzen" für gedruckte Schaltungen, ergänzen wir heute. "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 im Menschen prozessiert und in Sand oder auf Papyrus realisiert werden konnte, und seit Neuestem in Maschinen selbst stattfinden. Und zwar in logischen Maschinen, im Sinne der Neudefinition in der Semiotik von Charles Sanders Peirce: für ihn war alles Schließen, also die Syllogistik, diagrammatisch<sup>1</sup>. "Ihn interessierten Diagramme hinsichtlich ihrer Potenz, als Medien des Denkens zu fungieren" <ebd.>. Hierbei geht es nicht um die ikonische Abbildung von Denkgegenständen, sondern vielmehr - ganz im Sinne der "Sigmatik" von Georg Klaus - um eine abstrakte Ähnlichkeit - das, was Wittgenstein als "logische Bilder" bezeichnete (und damit die semantische Befangenheit im Bildbegriff noch einmal dokumentiert). Daß diese Relation aber nicht rein kognitiv ist, sondern die Materialität der Welt immer denotwendig miteinschließt, ist jene Ergänzung von Seiten Georg Klaus', die eine Kopplung mit genuin medienwissenschaftlichen Deutungen dieser Diagrammatik ermöglichen.<sup>2</sup>]

[Sogenannten Grafen - und hier sind wir unversehens auf dem Begriffsfeld der Mathematik, nicht mehr der klassischen Geisteswissenschaften - stellen geometrisch-topologische Repräsentationen von Relationen zwischen Gegenständen dar <Bredekamp et al. (Hgg.) 2008: 193>.]

Nun gehört es - der Medientheorie Marshall McLuhans zufolge - zum Grundzug abendländischer Kulturtechniken, Eigenschaften des Menschen zu externalisieren, mithin zu verdinglichen - nach den mechanischen Tätigkeiten zunächst die sinnesphysiologischen, und schließlich auch die kognitiven. Und siehe da: "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' Ergebnisse herstellen" <ebd., 193>, bis hin zu den tatsächlichen logischen Maschinen seit Karsakov und Jevons im 19. Jahrhundert. Die kunstgeschichtliche Vereinnahmung des Diagramms weiß um die subversive Kraft des Begriff, die nämlich die "Bildform" als Medienpraxis längst unterlaufen hat, indem sie unbildlich operiert.

[An dieser Stelle wäre die Deutungshoheit an die Medienwissenschaft zu übergeben.]

---

<sup>1</sup> Charles Sanders Peirce, *Lectures on Pragmatism* - Vorlesungen über Pragmatismus, hg. v. Elisabeth Walther, Hamburg 1973

<sup>2</sup> Siehe Martin Carlé, xxx, in: xxx Georg Klaus zum 90., xxx, xxx-xxx

Sinnbildlich für diese Differenz 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.

Der methodischer Einsatz liegt im Nachweis, wie Medientheorie das Diagrammatische in einer Weise thematisiert, die von den vertrauten statischen Gedankenmodellen der Logiker, Semiotiker und Philosophen dezidiert abweicht.

### **Für eine diagrammatische Medientheorie**

Für Peirce ist das Diagramm das eigentliche "Medium des Denkens"; es eröffnet sich die Option einer genuinen Medientheorie des Diagrammatischen, die in eine diagrammatische Medientheorie umschlägt.

Mit einer diagrammatischen Mediendefinition korrespondiert Shannons notorisches Diagramm der Nachrichtenübertragung, eine Definition hochtechnischer Datenübertragung überhaupt.

Der Gegenstand der Induktion selbst ist von paradigmatischer Form für das diagrammatische Denken:

"Les lignes de force de Faraday ont permis l'introduction du concept de champ. Il est classique d'utiliser de la limaille de fer pour mettre en évidence les champs magnétiques et électriques. Loin d' uniquement fonctionner comme de simples illustrations, ces dernières constituent véritablement une authentique mathématique: "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."<sup>3</sup>

Folgt die diagrammatische Abbildung "Lignes de force produites par une charge ponctuelle négative isolée" <ebd.>.

---

3 Alexis de Saint-Ours, Les sourires de l'être, in: *Théorie - Littérature - Enseignement (TLE)* no. 22 (2004), 29-53 (49); Maxwell hier zitiert nach: Françoise Balibar, *Einstein 1905. De l'éther aux quanta*, Paris (PUF) 1992, 32

## Der diagrammatische Kalkül

"All mathematical reasoning is diagrammatic and <...> all necessary reasoning is mathematical reasoning <...>."<sup>4</sup>

<cBUCHMED>

Mit der exakten, mechanisch setzbaren Typographie des Buchdrucks (in Kombination mit der zum *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".<sup>5</sup>

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 herausschneiden. Das Entscheidungskriterium folgt dem inneren Computer: eine symbolische Textverarbeitungsmaschine, die - im Abgleich mit dem Gedächtnis vormaliger Lektüren - vielmehr formal ent-scheidet.

## Das extrem zugespitzte Diagramm: der "springende Punkt"

Die Frage nach dem In-der-Welt-Sein (also auch dem In-der-Zeit-Sein) von Diagrammen ruft einen Spezialaspekt des Thema wach: den epistemischen Operator namens "Punkt". Einerseits bildet er ein diagrammatisches Symbol, andererseits ein zeitkritisches Ding (der infinitesimale kleinste "Moment", der buchstäbliche "Zeitpunkt"). So konvergieren im kritischen Punkt Fragen der Geometrie wie der diskreten Prozessierung von Zeit als Impuls.

## Eine "diagrammatische" Mediendefinition

Mit einer diagrammatischen Mediendefinition korrespondiert Shannons notorisches Diagramm der Nachrichtenübertragung, eine Definition hochtechnischer Datenübertragung überhaupt.

---

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

5 Dazu Friedrich Kittler in seinem Istanbuler Vortrag "Phänomenologie versus Medienwissenschaft", *online* unter: <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

[Media archaeology is concerned with media not only on their structural but as well on their operative level, thus becoming "post-structural" or "diagrammatic" defined as a "'geste symbolique', une abstraction qui en même temps contient des aspects essentiels du geste et des directions vers la pensée symbolique. Ce lien conceptuel est exactement ce qui est au centre de la pensée dite 'diagrammatique' <...> une <...> formulation du rôle intermédiaire du diagramme entre le geste et le symbole".<sup>6</sup> A generative archive: "Le diagramme n'est pas inséré dans une machine, dans un système des règles, is est un générateur" <Mazzola ibid., 154>. This post-structural vector of media archaeology (or of a diagrammatic media theory) places it beyond semiotics ("loin du sémiotique", as expressed by Mazzola, ibid.) and closer to signal analysis, with a signal being the physical representation of a message respectively information. Any media event thus is "Zeitfunktionen der Signale"<sup>7</sup>.]

### **Definitionen von "Diagramm"**

"In ein *diágramma* zeichneten die Griechen ihre geometrischen Figuren und deren Ableitungen."<sup>8</sup>

Siehe die bemerkenswerte Absenz von Diagrammen in Edmund Husserl, *Der Ursprung der Geometrie*:

Geometrie unterscheidet sich als andere Weise von Mathematik 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").

"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"<sup>9</sup>

- 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.

Damit rückt das Diagramm in die Nähe des Simulationsbegriffs: "Simulations <...> permit *theoretical model experiments*. These can

---

6 Guerino Mazzola, *La Vérité du Beau dans la Musique*, Paris (Delatour France) 2007, 153, unter Bezug auf Jean Cavailles, Gilles Deleuze, Gilles Châtelet und Charles Alunni

7 Karl Küpfmüller, *Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung*, Stuttgart (Hirzel) 1974, 393

8 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)

9 Peirce 1986: 205

be expressed by graphics that are *dynamically* 'anschaulich'."<sup>10</sup>

Diagramme stehen quasi-medial *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."<sup>11</sup> Im letztgenannten Feld kommt der Analogcomputer zum Einsatz.

## "Operational research"

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.<sup>12</sup>

*Operational research*, Spieltheorie und Kybernetik dienen der "Berechnung des feindlichen Gegenübers"<sup>13</sup>.

Nach Weltkrieg II aber wird OR in Friedenswissenschaften überführt, in die Analyse massenmedialen Markt- und Konsumverhaltens.

## Was heißt "operativ"?

Das operative Verständnis unterscheidet das neuzeitliche Diagramm von seinem altgriechischen Begriff, etwa in Galileo Galileis Ableitungen physikalischer Beschleunigung. Mahoney akzentuiert das kognitiv Operative (im Sinne Alunnis das "Daimonische" vielmehr denn visuell Einsichtige) anhand einer diagrammatischen Demonstration der Hebelwirkung in Galileos *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze* (Leiden 1638):

---

10 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)

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

12 Siehe Axel Roch / Bernhard Siegert, Maschinen, die Maschinen verfolgen, in: Sigrid Schale / Georg Tholen (Hg.), Konfigurationen zwischen Kunst und Medien, xxx; ferner Wolfgang Pircher, Im Schatten der Kybernetik. Rückkopplung im operativen Einsatz: >operational research<, in: Michael Hagner / Erich Hörl (Hg.), Die Transformation des Humanen. Beiträge zur Kulturgeschichte der Kybernetik, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2008, 348-376

13 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)

"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 remain 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 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, linear can one then take as surrogates for the weights the corresponding arms of the balance <...> of any putatively incipient motion of the system."<sup>14</sup>

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.<sup>15</sup>

Lautet die Alternative: "ikonisch" versus "operativ"? An der Schnittstelle beider Wissensmodi 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.<sup>16</sup>

Der Gebrauch des Adjektivs "operativ" steht für eine Unterscheidung von Medientheorien gegenüber dem sogenannten "Performativen" - der ganze Unterschied zwischen Medien- und

14 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)

15 Heinz von Foerster, *Sicht und Einsicht. Versuche zu einer operativen Erkenntnistheorie*, autorisierte dt. Fassung v. Wolfram K. Köck, Braunschweig / Wiesbaden (Vieweg) 1985, 65 (Zusammenfassung des Kapitels "Kybernetik einer Erkenntnistheorie")

16 In diesem Sinne ein Argument von Gernot Grube auf der Tagung xxx, organisiert von Sybille Krämer am Hermann-von-Helmholtz-Zentrum der Humboldt-Universität zu Berlin, Dezember 2002

Theater- respektive Kulturwissenschaft.

Ilya Prigogine führt ergänzend zum Parameter Zeit  $t$  für irreversible Prozesse eine "operative" Zeit ein, die Zeit als Operator  $T$ .<sup>17</sup>

"Operativ" steht nicht mehr in Opposition zu "struktural". 1929 prägt Roman Jakobson den Begriff des *Strukturalismus*, den er folgendermaßen definiert:

"Die heute von den Wissenschaften untersuchten Phänomene werden nicht mehr als mechanische Agglomerate angesehen, sondern als strukturelles Ganzes, und die wesentliche Aufgabe besteht darin, die inneren Gesetze dieses Systems, seien sie statisch oder dynamisch, zu entdecken."<sup>18</sup>

### **Das "Dämonische" (Alunni) an der diagrammatischen Demonstration**

"Was <...> für jedes Werkzeug gilt, das zwar ein Ding ist, aber einem außerhalb seiner selbst liegenden Zweck dient"<sup>19</sup>, gilt für operative Diagramme (Schaltungen) und Medien zugespitzt: daß sie erst im Vollzug im tatsächlichen Mediendasein sind.

Schaltungen bilden "Schematismus von Wahrnehmbarkeit überhaupt" <Kittler 1986: 5>.

### **Zeit und Diagramm**

Operative Diagramme weisen über die Mächtigkeit von ikonischen Diagrammen, die "Erzeugungsprozesse ins Bild"<sup>20</sup> setzen, dadurch hinaus, daß sie selbst wirkungsmächtig sind: also die Operativität nicht schlicht intransitiv behaupten, sondern transitiv umsetzen.

"Die Dynamisierung von Symbolstrukturen durch Implementierung von Zeit" bringt Sybille Krämer zum Begriff eines "Operationsraum Schrift" bzw. zu dem der "autooperativen Schrift".<sup>21</sup> Aber nicht

---

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

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

19 Heinz v. Foerster, "Bibliothekare und Technik: eine Mesalliance?", in: ders., Sicht und Einsicht, xxx 1985, xxx-xxx (46)

20 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 (hier 417, über die sogenannte Kochsche Kurve, die - avant la lettre - selbstähnliche Figuren, sogenannte Fraktale, darstellt)

21 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)



Zeit wird in Symbolketten implementiert, sondern Symbolketten werden in elektrophysikalische Medien implementiert und damit verzeitlicht.

John A. Wheeler beschreibt die Weltsicht von Clifford und Einstein: "a world whose properties are described by geometry, and a geometry whose curvature changes with time - a dynamical geometry."<sup>22</sup>

Bislang bedurfte es 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.<sup>23</sup>

### **Diagrammatische Theorie**

"Im selben Masse, wie Zeit und Sein zunehmend strukturell gedacht werden, werden dynamische Netzwerke entworfen, die nicht länger als statische Räume vorhanden sind, sondern vielmehr chronotektonische Modelle einer Zeit *in operando* darstellen: "Diagramme, die eine endlos alternierende Zeit, deren Effekte, Zeitigungen und dynamischen Interaktionen formalisieren und kontrollieren sollen" (Typoskript Annette Bitsch).

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 Größen besteht, die auf den Achsen abgetragen sind."<sup>24</sup> Diagramme verkörpern also eine *operative Semantik*.

1806 entwickeln unabhängig voneinander Caspar Wessel und Jean Robert Argand eine graphische Darstellung komplexer Zahlen. Während reelle Zahlen durch die Zahlenlinie dargestellt werden, können komplexe Zahlen (eine Zusammensetzung aus zwei reellen Zahlen und einer imaginären Zahl) auf einer Ebene dargestellt werden: Eine komplexe Zahl

---

22 John A. Wheeler, Curved empty space-time as the building material of the physical world, in: E. Nagel / P. Suppes / A. Tarski (Hg.), Logic, Methodology and the Philosophy of Science, Stanford (Stanford University Press) 1962, 361-374

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

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

"<...> may sensibly be represented in a diagram that is a two-dimensional / equivalent of the real number line. The complex plane is defined by two axes, the *real axis* (whose points are the positive and negative integers) and, perpendicular to it, the *imaginary axis* (whose points are the positive and negative imaginary numbers). Each point on this plane is a complex number, the sum of a real number and an imaginary number. <...> The complex number  $z = a + ib$  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."<sup>25</sup>

## Oszilloskopien

Ein Oszilloskop steht - anders als Formen diagrammatischer Notation - nicht in einem schlicht symbolischen Verhältnis zum gemessenen Sachverhalt, sondern in einem indexikalischen. Es hat keine ikonische Bildfunktion und setzt auch nicht schlicht "Theoreme ins Bild"<sup>26</sup>, sondern ist eine operative, transitive Funktion eines Dynamismus.

"Der operative Wert graphischer Oberflächen  
Das Verhältnis von Instrument und Sichtbarkeit als Diagramm oder Bild ist <...> nicht nur so zu sehen, dass das Instrument einzelne Daten erzeugt, die dann auf einer graphischen Fläche, wie etwa einer Karte oder später dem Leuchtschirm des Oszilloskops oder dem Radar- oder Computerbildschirm angeordnet werden. Vielmehr besteht der operative Wert von Instrumenten gerade in den graphischen Oberflächen, auf denen Meßwerte gebildet und abgelesen werden können."<sup>27</sup>

Das Oszilloskop stellt dabei eine dynamische Form des Achsendiagramms dar: "Achsendiagramme dienen zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen zwei abhängigen Werten oder Messgrößen"<sup>28</sup>, 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

---

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

26 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)

27 Marietta Kesting, Der (Computer-)Bildschirm als Epistemisches Ding, Hausarbeit Seminar für Medienwissenschaft, HU Berlin, WS 2005/2006

<http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/theorien/hausarbeiten/Bildschirm-Kesting.pdf>

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

Geschehen als räumliches Diagramm ab."<sup>29</sup>

## Trajektorien

bezeichnen in der Physik "eine Ortsraumkurve, entlang der sich ein punktförmiger Körper <...> mit einer bestimmten Geschwindigkeit  $v$  bewegt"<sup>30</sup> - hier Gegenstand der Kinematik. Flugbahnen (ballistisch); Himmelskörper (Keplerbahn, Umlaufbahn); Bohrsches Atommodell (Kreisbahnen der Elektronen). "In der Objektverfolgung wird eine *Trajektorie* dargestellt als eine Zeitsequenz von Koordinaten, welche den Bewegungspfad eines Objektes während der Laufzeit darstellt" <ebd.> - siehe etwa ein Teilchen, angestoßen in Braunscher Molekularbewegung, oder der von Norbert Wiener bezeichnete *random walk* (eines betrunkenen Mannes oder gegnerische Piloten). In der technischen Chemie "zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens einer chemischen Reaktion" <ebd.>: "Dazu werden in der <...> Zustands- oder Phasenebene, bei der die augenblickliche Konzentration  $c(t)$  über der Temperatur  $T(t)$  aufgetragen werden, genutzt. Die Trajektorien zeigen dann die gleichzeitige Veränderung von Konzentration und Temperatur während eines Übergangsvorganges. Entlang der Trajektorie verläuft die Zeit" <ebd.>.

Im elektrischen Schwingkreis ereignen sich solche Phasenverschiebungen, und das Goniometer in der Audio-Meßtechnik zeigt damit zwei Stereokanäle an, resultierend in Lissajous-Figuren: Überlagerung von Kurven zu elliptischen Kreisen. Ein anderes 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.

## Diagramm versus "Bild"

Der Kunsthistoriker und Bildwissenschaftler Horst Bredekamp betont Suprematie des "Visus" in der graphischen Operation; demgegenüber hebt Charles Alunni das Daimonische am Diagramm hervor, welches operativ über das Bild hinausweist.<sup>31</sup> Die Verzeitlichung der Geometrie findet im Diagramm seinen Ausdruck.

Schaltpläne und technischen Zeichnungen lassen sich nicht auf kulturelle Diskurse oder gar (Bild-)Rhetoriken reduzieren, denn so

---

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

30 [http://de.wikipedia.org/wiki/Trajektorie\\_\(Physik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Trajektorie_(Physik)); Stand: 13. Dezember 2009

31 Siehe auch Tobias Vogelgsang, *Datenvisualisierung und Ästhetik*. Johann Heinrich Lamberts *Graph* und William Hogarths "Analysis of Beauty", Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2013

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 Sinneempfindungen 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."<sup>32</sup>

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"<sup>33</sup>. So kommen technische Apparaturen zustande, als operative Diagramme.

### **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"<sup>34</sup> - also quasi-musikalisch, "algorhythmisch"<sup>35</sup>.

Martin Carlé, unter Bezug auf Aristoxenos' Begriff der musikalischen Notation:

"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"

- eine dezidierte, nicht-humane *artefactuality*, welche diese techno-epistemologische Grenze operativ inszeniert, gesetzt den

---

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

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

34 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)

35 Im Sinne Shintaro Miyazakis; dazu demnächst seine Dissertation xxx (HU Berlin, Medienwissenschaft)

Fall, daß man dem Akustischen eine operative Qualität für den Verlauf melodischer Strukturen einräumt.<sup>36</sup>

Abb.: Sonagraph zur Sprachanalyse, registriert auf Diagrammwalze (also dem klassischen Kymographen) als Sprachdiagramm eines gesprochenen Wortes, konkret: "Informationstechnik" als *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."<sup>37</sup> Für Computermusik werden Programme selbst zur Partitur: Flußdiagramm 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: "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."<sup>38</sup>

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."<sup>39</sup> Jedes ikonische Diagramm verwandelt einen Zeitverlauf in ein Bild; die Alternative dazu ist operative Schrift, die selbst nur flüchtig sich ereignet

---

36 E-mail Martin Carlé vom 12. Oktober 2009, über: ders. / Anastasia Georgaki (Laboratory of music acoustics and technology, Music department, University of Athens), RE-CONFIGURING ANCIENT GREEK MUSIC THEORY THROUGH TECHNOLOGY. AN ADAPTIVE ELECTRONIC TUNING SYSTEM ON A RECONSTRUCTED ANCIENT GREEK BARBITON, Vortrag zur CIM09 Ende Oktober in Paris (»Conference on I n t e r d i s c i p l i n a r y Musicology«)

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

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

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

(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"<sup>40</sup>.

"Yet radio astronomy is today a largely visual science, with data being represented in computerized graphs and digital diagrams."<sup>41</sup>

### **Diagrammgebende Medien**

Die phonographische Aufzeichnung (Edison-Zylinder) ist im Prinzip das Diagramm eines akustischen Ereignisses; Kymograph und Phonograph sind "diagrammgebende Medien"<sup>42</sup>. in der Tradition der *methode graphique* (Marey).

### **Das Diagrammatische (Graphen aus Punkten und Linien) als Darstellungsform bei Peirce**

*Diagrammatische Ikonizität: ein Oxymoron?* "Viele Diagramme ähneln im Aussehen ihren Objekten überhaupt nicht. Ihre Ähnlichkeit besteht nur in den Beziehungen ihrer Teile."<sup>43</sup>

"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."<sup>44</sup>

Zwischen mathematischem Kalkül und Schaltplan: Ein mathematischer Ausdruck kann (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 wir ähnliche Buchstaben für entsprechende Koeffizienten gebrauchen, so ist diese Anordnung ein Ikon.

"In der Tat ist jede algebraische Gleichung ein Ikon, insoweit sie

---

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

41 Honor Harger, Radio: An Agent of Audification?, in: Heidi Grundmann et al. (Hg.), Re-inventing radio, Frankfurt/M. (Revolver) 2008, 459-470 (4xx)

42 Ein Ausdruck von Anna Hasenkamp (Bachelor-Studiengang Musik & Medien) an der Humboldt-Universität zu Berlin, unter Bezug auf: Soraya de Chadarevian, Die "Methode der Kurven" in der Physiologie zwischen 1850 und 1900, in: Hans-Jörg Rheinberger / Michael Hagner (Hg.), Die Experimentalisierung des Lebens. Experimentalsysteme in den biologischen Wissenschaften 1850/1950, Berlin (Akad. Verl.) 1993, 28-49, und Friedrich Kittler, Gramophon - Film - Typewriter, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 181

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

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

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"<sup>45</sup> - also ein dynamisches, operatives Verhältnis, keine starre Semiotik. Kommentiert Wolfgang Schäffner: "Damit wird das Blatt ein Medium, das Übertragungen zwischen Graphist und Interpreter, zwischen Sender und Empfänger möglichst macht" <ebd., 87>. Somit ist die Linie auf dem Blatt keine rein symbolische Form, sondern trägt selbst einen indexikalischen Charakter, eine Spur des Realen. Schäffner 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" <zitiert ebd., 88>.<sup>46</sup>

Daraus resultiert die Skizze, in der Tat: das Diagramm einer ersten logischen Schaltung <1886, abgebildet in Schäffner ebd., 88>. Die Nachgeschichte ist Shannons Magisterarbeit zur Übersetzung Boolescher Logik und ingenieurstechnische Schaltungen mit Relais <siehe ebd., 91>, 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)

### **Getaktete Logik (Logikanalysatoren)**

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

46 Vollständig in: 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)

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.

### **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 samething. The two fields are closely intertwined."<sup>47</sup>

Gardner selbst nennt einen alternativen Begriff: "a diagrammatic technique" <ebd., 139, Anm. 5> als Bezeichnung für "algrebaric 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 implemenmtation of an assemnblage 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'."<sup>48</sup>

Verdrahtung ist materiell implementierte Diagrammatik: "The electrical [relay] computer was topological, not metric", schreibt Stibitz.<sup>49</sup>

"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

---

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

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

49 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]



verschiedene Relais und Schalter der Schaltung entsprechen."<sup>50</sup>  
- also zwischen Diagramm (Logik / Schaltung) und Algebra  
(symbolische Analyse).

### **Das Flußdiagramm (*flow chart*)**

"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."<sup>51</sup>

"Prozessvisualisierung ist die graphische Darstellung von Prozessen auf einer Benutzerschnittstelle. Prozessvisualisierung wird angewendet für <...> Automatisierungstechnik, Verfahrenstechnik, <...> betriebswirtschaftliche Prozesse, etc., aber auch in Forschung und Entwicklung zur Simulation von Abläufen."<sup>52</sup>

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" <Mindell 2004: 318>.

### **Das Blockdiagramm**

Blockdiagramme stellen bereits Computer in symbolischer Form dar - nur daß sie noch nicht selbst operativ sind. "Die Schaltung der Rechenelemente eines Analogcomputers (das Analogcomputerprogramm) ist dem Blockdiagramm des Systems äquivalent. Beide, das reale System und das Analogcomputermodell, genügen denselben Differentialgleichungen."<sup>53</sup> 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.

---

50 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

51 [http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow\\_charts?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow_charts?uselang=de); Zugriff 16. Februar 2009

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

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

## 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 späterne 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 esnatürlich vorkommen, dass die Schaltung nicht richtig funktioniert" <ebd., 102>. Ein Ausweg (u. a. ) ist das Reverse Engineering: "Wenn eine Schaltung 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;

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**

Die einzelnen Bausteine haften magnetisch aneinander und stellen dadurch über Neusilberplättchen den elektrischen Kontakt her. 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.<sup>54</sup>

Zwischen Logik und Implementierung steht das operativ gedachte Diagramm. Visualisierung gedachter Logik einerseits und tatsächlich realisierter Schaltplan andererseits, bestückt mit elektronischen Bauteilen als Braun-Elektronik-Experimentierkasten *Lectron*: So läuft die Anordnung bereits im Kopf ab, gelingt im virtuellen Vollzug.

Das Lectron-Prinzip: "Jeder Lectron-Baustein enthält ein elektronisches Bauelement oder eine Verbindungsleitung. Durch sinnvolles Aneinanderreihen der Bausteine entstehen funktionsfähige Schaltungen mit normgerechten Schaltbildern. <...> Was drin ist <...> steht auch drauf."<sup>55</sup>

### **Operative Diagrammatik im Speziellen: der Schaltkreis**

Die Elektrifizierung von logischer Algebra in Form von Schaltkreisen macht in Shannons Schaltalgebra aus intransitiven Symbolketten einen transitiven Syllogismus. Schon die Fregesche Begriffsschrift<sup>56</sup> 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

---

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

55 [http://www.lectron.de/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=69&Itemid=116](http://www.lectron.de/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=69&Itemid=116) (Zugriff 16. Oktober 2009)

56 Gottlob Frege, Begriffsschrift, Halle 1879

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"<sup>57</sup>

- 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 - denn in der Tat, Medien sind im Medienzustand erst im zeitlich Vollzug.

In ihrer realen Verdinglichung werden Schaltpläne zu dreidimensionalen Gebilde als klassisches 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.

---

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

Für einen elektronischen Analogrechner wie für einen elektroakustischen Synthesizer gilt: Erst die Unterstromsetzung transformiert eine diagrammatische Struktur in ein operatives Diagramm, sprich: operatives Medium.

### **Von der Elektronenröhre zum hochintegrierten Transistor**

Mikroarchäologische Diagramme: Jeder Chip "ist ein mehrschichtiges Puzzle von vielen hundert Schaltungen, die so winzig sind, daß man sie mit bloßem Auge gar nicht unterscheiden kann."<sup>58</sup> 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 Kristallstruktur geringfügig, so daß es für elektrische Impulse leitend wird, die sich mit halber Lichtgeschwindigkeit fortbewegen" <ebd.>.

<cRADIOWIEN>

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 "integrierte Schaltung" der Dreifachröhre Loewe/Ardenne; erst als nicht mehr verdaute, sondern "flache", weil lithographisch geätzte Schaltung aber wird sie computerwirksam. So kann die Elektronenröhren ihr eigenes Ende überleben, denn der Transistor ist ebenso ein Halbleiter mit "röhrenähnlicher Relaiswirkung"; "auch in ihm wird die Bewegung der Ladungsträger - zwar nicht wie bei der Röhre im Hochvakuum, sondern in einer festen Substanz - gemäß den Schwingungen gesteuert. Dabei konnte die aufwendige Glühkathode entfallen und somit die Miniaturisierung des Verstärkers vorangetrieben werden" <Römer 1996> - *medium cool*.

### **Zeitweisen operativer Diagramme**

Medienarchäologie meint Ur-Kunde im doppelten Sinne: Die buchstäblich gedruckte Schaltung (als Illustration im Buchdruck) hat einen urkundlichen Charakter als Schaltbild; zugleich ist das

danach tatsächlich gebaute Radio die Urkunde seines Schaltplans:

"Der Schaltplan *im* Radio" ist ein glücklicher Ausdruck, meint er doch sowohl das Diagramm als Subjekt und das gelötete Radio als Objekt, oder besser: als Verwirklichung, Verdinglichung desselben.

Gedruckte Schaltungen erweisen sich damit in ihrem historisch-ahistorischen Doppelwesen. Die heutige Nachvollziehbarkeit (nicht nur analytisch Wissens, sondern auch medienoperativ) eines Uralt-Radios beruht auf zwei Säulen: einmal der Dokumentation als Schaltplan (zwischen Monument und Dokument), und einmal der Währung (Medienökonomie im anderen Sinne) der elektrotechnischen Infrastruktur.

### **"Diagrammatische" Programmierung und Zustandsübergangsdigramme**

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.

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 functions, in the order in which they are to be executed"<sup>59</sup> - 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"<sup>60</sup>. Die diagrammatische Darstellung des Zustandsübergangs (also der operative Moment) erfolgt über Kreise für Zustände und Pfeile zwischen denselben für die *Transitionen*. "Auf jedem Pfeil steht, welche Bedingungen den Übergang ermöglichen" <ebd.>.

### **Neuronale Diagrammatik (Netze)**

Norbert Wiener beschreibt das Zusammenkommen von mathematischer Logik und Biophysik (in Person von Walter Pitts und Warren

---

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

60 [http://de.wikipedia.org/wiki/Endlicher\\_Automat](http://de.wikipedia.org/wiki/Endlicher_Automat); Stand: 4. August 2009, Zugriff 8. Oktober 2009

McCulloch), resultierend in einem Begriff operativer Diagrammatik in neuronalen Netzen, also

<...> die die Vereinigung der Nervenfasern durch Synapsen zu Systemen mit gegebenen Gesamteigenschaften <...>. Unabhängig von Shannon hatten sie die Technik der mathematischen Logik für die Erörterung dessen, was schließlich nach den Schaltproblemen <...> war, angewandt. 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.<sup>61</sup>

Der Blick auf das Diagramm eines Netzwerks zeigt die Koexistenz von Symbolen im Raum, also ein "Bild" im Sinne der Definition Lessings von 1766. Als Operation aber ist ein Netz vielmehr eine Folge von Handlungen in der Zeit (frei nach Lessing ebd.). Jede Schaltungsanalyse wird zeitkritisch, sobald eine Vielzahl von Schaltern mehrmals und zudem nicht gleichzeitig betätigt werden:

### **Diagramm und Isomorphie**

Isomorphie meint "strukturelle Gleichheit"<sup>62</sup> - im Sinne von Peirces Begriff der "ikonologischen Diagrammatizität"? Ikonisch wird dieses Verhältnis im Medium 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; Klaus verweist auf das Beispiel der Analogie zwischen mechanischer Pendelbewegung und dem elektromagnetischen Schwingkreis.

So das Verhältnis der Zeichnung eines Maschinenteils zu ihrem maschinalem Korrelat (also der Teil einer Maschine und seine Darstellung in einer technischen Zeichnung): "Beide befinden sich in Isomorphie zueinander."<sup>63</sup>

### **Jenseits des "Diagramms"?**

Die Kunstgeschichte - und ganz prominent darunter die Berliner Schule von Horst Bredekamp - hat sich des Diagramm-Begriffs angenommen. Sie erweitert damit ihren disziplinären Horizont und bleibt gleichzeitig in ihm ge- oder befangen. Felix Thürlemann und

61 Wiener 1948 / 1992: 41f, 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)

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

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

Steffen Bogen etwa bringen in ausdrücklicher Anlehnung an Peirce das Diagramm als ein Drittes zwischen Bild und Text ins Spiel kunsthistorischer Analyse und vermögen damit mittelalterliche Kosmosdarstellungen wie auch Infografiken für die kunstwissenschaftliche Analyse zu reklamieren<sup>64</sup>, wobei ein derart geöffneter Begriff der Diagramme "für eine kunstgeschichtliche und empirische Bildbetrachtung große Vorteile bietet, da er auch Bestandteile von Diagrammen umfasst, die außerhalb des semiotischen Schemas liegen, wie Allegorien, Verzierungen oder Bildmotive"<sup>65</sup>. Was für Kunstwissenschaft bereits als Grenzöffnung gilt, bleibt aus medienwissenschaftlicher Sicht doch sehr befangen im ästhetischen Horizont. Auch das Werk *Graphische Semiologie* des Kartographen Jacques Bertin (Berlin 1974) sprengt nicht die perspektivische Befangenheit in Bild-Welten. Elemente des Diagrammatischen, die außerhalb des semiotischen Systems liegen, sind etwa gedruckte Schaltungen, die nicht primär für das Auge, sondern für das inhärente Medienwissen bestimmt sind. Sehr wohl zur Anwendung kommt dabei eine durchaus in der Semiologie entwickelte Kategorie: die Pragmatik. Jedes techno-mathematische Diagramm verfügt über eine ihm innewohnende "pragmatische Potenz" <ebd.: 194>, die immer schon über das konkrete Diagramm selbst in seiner Zeitlichkeit hinausweist - das, was Charles Alunni das "Daimonische" an der diagrammatischen Demonstration nennt. "Medien generieren und strukturieren in ihrer operativen Logik ein bestimmtes, verborgenes Wissen, das im Sinne Foucaults eine Macht ausübt."<sup>66</sup>

Schauen wir auf das Demonstrationsmodell eines klassischen Analogcomputers (Firma Leyboldt). Auf der quasi-papierenen Fläche sehen wir zweidimensional den Schaltplan aufgedruckt; zugleich aber ist im 2 1/2-dimensionalen Raum dieser Schaltplan mit tatsächlichen Bauelementen bestückt und damit variabel ausführbar. Dem aufgedruckten Diagramm wohnt also die "pragmatische Potenz" (das "Daimonische" im Sinne Alunnis), die Vewandelbarkeit von Potentialen in Aktuelles, inne. Doch was Diagramme nicht erreichen, ist der Ausdruck des dahinterliegenden operativen Betriebssystems. Mahoney demonstriert es anhand von Christiaan Huygens' Zeichnungen zum Pendelmechanismus (und der *spring-driven clock*):

"The mathematics does not appear in the diagram, which records not the transformations themselves, but the resulting curves only. <...> nothing in the diagram suggests visuelle (or operationally) that <...>. 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,

64 Steffen Bogen / Felix Thürlemann, *Jenseits der Opposition von Text und Bild. Überlegungen zu einer Theorie des Diagramms und des Diagrammatischen*, in: Alexander Patschovsky, *Die Bildwelt der Diagramma Jochaims von Fiore. Zur Medialität religiös-politischer Programme im Mittelalter*, Ostfildern 2003, 1-22

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

66 Perrin Saylan, *Exposé zur geplanten Magisterarbeit Implementierung von technischen Schutzmechanismen*, Stand: September 2009



which give no sign of their structure in terms of the original spatial, kinematical, and dynamical parameters."<sup>67</sup>

Zur operativen Diagrammatik wird solche Mathematik erst mit ihrer Zeitwerdung als Implementierung in technomathematischen, vollzugsfähigen Medien.

---

67 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)