

[Wolfgang Ernst: NOTIZEN ZUR MEDIENARCHÄOLOGIE]

NOTIZBUCH "ELEKTRONIK, OPERATIVE DIAGRAMMATIK, MESSMEDIEN"

[staccatohaft formulierte Thesen, Exzerpte, Module (nicht redigiert, nach Themenblöcken geordnet)]

### **Thematische Blöcke:**

- *Nahe am Signal*
- *Elektronik / Elektronische "Medien"*
- *Operative Diagrammatik*
- *Messmedien, Quantenelektronik*

### **Kapitel im Einzelnen:**

*Nahe am Signal:*

SIGNAL UNGLEICH ZEICHEN

- Signal ungleich Zeichen
- Signal und (Nerven-)Impuls
- Signal, (elektro-)technisch
- Vom Signal zum Sinn (Eco)
- Zeit und Signal
- Signal und Kanal
- Neuromassage (Elektrophysiologie)
- Sigmatik
- Zeit, Medium, Maschine
- Die akustische Zeitdimension
- Materialismus des Signals *versus* Symbolismus des Zeichens
- Computersemiotik?
- Signal und Zeichen mit Bense und Klaus

STÖRUNG, RAUSCHEN

- Hermeneutik der Störung
- Technische Störungen, Rauschen
- Rauschen, nachrichtentechnisch und systemtheoretisch (Shannon / Weaver / Luhmann)
- Rauschen, nachrichtentheoretisch (Shannon)

*Elektronik / Elektronische "Medien":*

ELEKTROMAGNETISMUS, ELEKTR(ON)IK

- Photo- und Kinematographie des elektrifizierten Moments
- Verdinglichte Elektronik (Fokus Vakuumröhre)
- Die Elektrizität

- Elektrizität zwischen Energie und Information
- Energiespeicher (Akkus, Batterien)
- „Schlafende“ Energie(reserven): speichertechnisch
- Licht, Lichttürme, Leipziger *Lichtwochen*, *Palais d'Électricité* Paris 1900
- Von der gespeicherten Energie zur Information
- Informatisierung des Stromnetzes
- Elektronik bricht mit Elektrik
- Blitzschlag: *Mesallianzen* von Elektrizität und Elektronik
- Diagrammatik der elektrischen Funkenschrift
- Wandlerelemente
- Schaltvorgänge
- Laden, speichern (Kondensatoren)
- Verstärker
- Speziell: Operationsverstärker
- Miniaturisierung der elektrotechnischen Bauteile
- Elektrotechnik *versus* Kulturgeschichte
- Elektrotechnik als Mechanik
- Rohstoffe (als Vorbedingung) technischer Medien? Drahtton zum Beispiel
- Die elektromagnetische Induktion
- Das Geschehen im elektromagnetischen Feld
- Gesetzte Medien: elektromagnetische ("Radio"-)Wellen
- Induktion nanotechnisch (Elektronenmikroskopie)
- Elektromagnetismus mit Maxwell
- Die sogenannte Schwachstromtechnik
- Energieübertragung per Schwachstrom
- Dreh- und Wechselstrom
- Elektromechanik
- Der Elektronenstrahl
- Simulation
- Mikroelektronik
- Strom hören
- Elektrische Funken
- Ebenso physikalische wie (schaltungs-)symbolische Verortung des technologischen Mediums
- Elektrophysiologie
- "Geschichte" des Elektrons
- Radioaktivität
- Das Zeitmoment der Induktion
- Radikalierter Impuls: die Sprungfunktion
- Ein neuer Energiebegriff: Elektromagnetismus
- Mechanische Modellierung der Elektrodynamik und Analogien zwischen Physik und Mathematik
- Elektromagnetische Induktion als Modell eines ahistorischen Traditionsbegriffs

## ELEKTRONENRÖHRE

- Das Relais

- Relais, Elektronenröhre, Flip-Flop, Transistor
- Elektronik, buchstäblich: Die Glühkathodenröhre
- Der Transistor (Halbleiter)
- Einzelelektronentransistor
- Röhre *versus* Transistor? (Mythos der Elektronenröhre)
- Verdinglichte Elektronik (Elektronenröhre, Transistor, Kondensator)
- Eine Welt für sich. Die Elektronenröhre als Modellfall von Medientheorie
- Strom, Elektron und Ion. Die Differenz von Elektrik und Elektronik. - Grundlagen der Elektronenröhre (techno-epistemische Ekphrasis)
- Dingwerdung der Elektronenröhre (ihr historischer Index)
- Elektr(on)ische Meßtechnik
- Oszilloskopie
- Kosmos, Quanten und Vakuum (quintessentielle Fiktionen)
- Elektronen und Gedächtnis: Spezialfall BildspeicherRöhre (Williams Tube)
- In die Röhre gucken (Fernsehen, Radar, Computer)
- Oszillationen: Die Röhre als Zeitgeber / Taktgeber
- Der Einfluß der Röhre auf die Genese der elektronischen Musik
- Transformation oder Bruch? Elektronenröhre versus Transistor
- Nerven und Elektronenhirn
- Flip-Flop: Die Elektronenröhre als digitaler Schalter
- Verklärungen der Elektronenröhre?
- Rückkehr der Elektronenröhre als technomathematische Simulation
- Das Wunder der Elektronenröhre
- Elektronenröhren als epistemische Dinge
- Zur funktionalen Äquivalenz von Elektronenröhre und Transistor
- Barkhausen-Kurz-Schwingung
- Die Elektronenröhre
- Barkhausenschwingungen
- Die Röhre in der Rolle der Relais (digital)
- Röhren im TV
- Elektronenröhren, zeitkritisch (Laufzeitröhren)
- Oszilloskop
- *Bild*Röhre / KathodenstrahlRöhre
- Röhre *versus* Transistor
- Röhren messen
- 100 Jahre Röhrenrauschen
- Intervallschachtelungen: eine alternative Genealogie der Triode
- Die Röhre als Gegenstand der (musealen) Kultur
- Medienarchäologie entlang der Elektronenröhre
- Eine Welt für sich. Der Mikrokosmos der Elektronenröhre als Modellfall von Medientheorie
- Flip-Flop: Die Elektronenröhre als digitaler Schalter
- Implizite und explizite ZählRöhren
- Die Elektronenröhre
- Den Namen buchstabieren: Tesla (Schwachstromtechnik)
- Tesla-Installation Douglas Gordon, San Francisco

## *Operative Diagrammatik:*

### OPERATIVE DIAGRAMMATIK

- Das Diagramm
  - Eine neue Lesekunst: operative Diagrammatik
  - Diagramm und Trajekt
  - Experimentelle Diagrammatik
  - Für eine diagrammatische Medientheorie
  - Die Input / Output-Relationen in "Black Boxes" aus diagrammatischer Sicht
  - Sich diagrammatisch orientieren (symbolische Maschinen)
  - "Papiermaschinen" (Babbage, Turing)
  - Eine "diagrammatische" Mediendefinition
  - Medienoperative Diagramme
  - Das "Dämonische" (Alunni) an der diagrammatischen Demonstration
  - Graphen - eine Instanziierung oder eine Differenz zum Diagramm?
  - Zeit und Diagramm
  - Die diachronische Dimension des Diagramms
  - Zwischen Anamnese, Gleichursprünglichkeit und Tradition: Zeit der Diagrammatik
  - Das regenerative Wissen und die visuelle Evidenz der Geometrie
  - Diagramme von Dynamik / dynamische Diagramme
- #### Kurvendiagramme
- Das Diagrammatische (Graphen aus Punkten und Linien) als Darstellungsform bei Peirce
  - Diagrammatische (Rechen-)Maschinen
  - Das Flußdiagramm (*flow chart*)
  - Das Blockdiagramm
  - Diagrammatik und Schaltplan
  - Die Verdinglichung des Schaltplans
  - Zeitweisen operativer Diagramme
  - Symbolische Rechenmethode und Analogrechner
  - Der springende Punkt
  - Diagramm und Isomorphie
  - Operative Diagrammatik / diagrammatische Operatoren
  - Diagrammatik als "Medium des Denkens" (Charles Sanders Peirce)
  - Diagrammatische Urszenen (Antike)
  - Die neuzeitliche Erringung des Diagramms
  - Diagrammatische Epistemologie des elektromagnetischen "Feldes"
  - Zeitdiagramme und ihre Berechnung (Differential- und Integralrechnung)
  - "Musikalische" Diagrammatik
  - Diagrammatische Meßbilder: Oszilloskopie
  - Diagrammatik des Operativen statt Mediengeschichtsschreibung
  - Zeichenspiele und Zeichenmanipulation mit tödlichem Einsatz
  - Graphische Interfaces: diagrammatische Schnittstellen

- Diagrammgebende Medien: Kurvenschriften (Kymograph und Phonographie, Musik- und Filmnotation)
- Materialisierte Diagramme: der Schaltplan
- Operative Diagrammatik
- Das Diagramm

*Messmedien, Quantenelektronik:*

MESSMEDIEN

- Medien der Messung
- Das Wissen der Messmedien

QUANTENTHEORIE

- Kritik der quantenmechanische "Verschränkung"
- Instantane Teleportation / Quantenkryptographie
- Maxwell'scher Dämon und subkritische Energie- und Informationsschwellen
- Kein Kanal?
- Interferenzen / Holographie
- Quantenphysik - eine Wissenschaft der Information
- *Einsteins Schleier*
- Rechnet das Universum? (Quanteninformatik)
- Mit Licht rechnen (Photonik)
- Quanteninformatik *versus* Medientheorie?
- Die Unschärferelation: Messung und Experiment
- Mit Messung rechnen: Quantencomputer

=====

*Nahe am Signal:*

- geht Medienarchäologie radikal induktiv vor, um den Gegenstand wortwörtlich aus seinem mikrotechnischen Ereignis abzuleiten (zu denen ganz konkret die elektromagnetische Induktion selbst gehört)

SIGNAL UNGLEICH ZEICHEN

**Signal ungleich Zeichen**

- im technisch-physikalischen Kontext Signal als Wirkung, die von einem Objekt ausgeht und sich mathematisch als (zumeist: Zeit-)Funktion begreifen und darstellen läßt; Signal in der Elektrotechnik Bezeichnung für die physikalische Darstellung von Nachrichten oder Daten; in der Rundfunkübertragung etwa die amplituden- oder frequenzmodulierte Wechselspannung. Einem hochfrequenten Träger wird hier das

niederfrequente Signal aufgeprägt; dabei entsteht ein Frequenzgemisch, der u. a. das Signal inkorporiert, aber selbst nur im technischen Sinne dem Empfänger die Sendung (per Resonanz) "signalisiert"

- buchstäblich signifikanter Unterschied zwischen "analog" und "digital": Bei einem digitalen Signal stellt der Signalparameter eine Nachricht dar, die nur aus Zeichen besteht; Codebegriff, anders als für kontinuierlich veränderliche Nachrichten; analoges Signal unterscheidet sich also von der "Form" des in Zeichen kodierten digitalen Signals; mit dem linguistischen Zeichenbegriff vereinbar

- Signalverarbeitung im Menschen tendentiell mit Sinngebungsversuch (Symbolisierung) verbunden, im Unterschied zur passionslosen maschinellen Signalverarbeitung

- Zeichen als von Signal (physikalisch) getragene Information (Georg Klaus)

- "Ordnung der Zeichen": ein Regime des Symbolischen (also der Ordnung, Raum der Kultur, die - nach Ernst Cassirer - vor allem eine symbolische Verfassung ist); demgegenüber Un/ordnung der Signale, bzw. andere Form von probabilistischer, schwingender Ordnung. Elektromagnetische Medien wissen besser um die stochastischen Prozesse der Unordnung, die im Zeitkritischen operieren; das Zeitkritische unterläuft den (raumfixierten) ordnungs- und Klassifikationsbegriff. Kultur neigt zur Verwechslung von Signalen und Zeichen, ist den Signalen der elektrotechnischen Medien nicht gewachsen, versucht diese Phänomene diskursiv rückzuübersetzen in die Ökonomie der Kultur, d. h. der Semiotik.

- liegt in der Störung der (semiotischen) Verweisung durch das Rauschen (als Welt, welche die technologischen Medien eröffnen, nicht schon die Kulturtechnik Schrift) ein epistemologisches Potential (frei nach Bernhard Siegert in Anlehnung an Heidegger); "Verweis" kann zwar in semiotischer Begrifflichkeit gefaßt werden, nämlich als Index im Sinne von Charles S. Peirce, zielt aber dabei auf etwas, das selbst nicht zeichenhaft ist; Störung das Nicht-Semiotische

- Signal noch nicht Zeichen, sondern seine Möglichkeitsbedingung, seine Andeutung: lat. *signalis* meint das, was dazu bestimmt (ist), ein Zeichen (*signum*) zu geben

- "Signale lassen sich definieren als (physikalische) Schwingungen bzw. Wellen, die Träger von Information sind." <Ulrich Karrenberg, Signale, Prozesse, Systeme - Eine multimediale und interaktive Einführung in die Signalverarbeitung Berlin 2005, 24; werden Signale erst als Träger von Modulation (analog) oder Information (digital), etwa physikalische Schwingungen / Codes, zu indexikalischen Zeichen (Signale hier

verstanden im Sinne von Peirce); Signal mehr als das reine physikalische Ereignis und bleibt doch reines physikalisches Ereignis

- Präzisierung des Begriffs der "Signalverarbeitung" hilfreich; konvergieren das physikalische und das zeitliche Moment im kleinsten medialen Akt; wird das Signal somit zum elementaren Ereignis technologischer Medien

- setzt Michel Serres „an die Stelle der seit Tarski vollzogenen kategorialen *Unterscheidung* zwischen dem Symbolbegriff der Logiker und dem Signalbegriff der Nachrichtentechniker das *Problem der Unterscheidung*" = Bernhard Siegert, Kakophonie oder Kommunikation? Verhältnisse zwischen Kulturtechnik und Parasitismus, in: Lorenz Engell / Joseph Vogl. (Hg.), *Mediale Historiographien* (= Archiv für Mediengeschichte 1), Weimar (Universitätsverlag) 2001, 87-100 (89)

- "Absenz kein besonderer Modus der Präsenz" im digitalen Raum = Hans Ulrich Reck, Kunst und Bau. Erinnern und Wahrnehmen im öffentlichen Raum, in: *Veröffentlichte Kunst / Kunst im öffentlichen Raum*, Dokumentation von Katharina Blaas-Pratscher, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag Wien 1995, 8-22 (16)

- Analyse solcher Signalübertragung nicht, um technoid zu werden und Medientheorie ausschließlich auf Apparate und Signalübertragung zu reduzieren, noch weniger indes um sie um eine kulturwissenschaftliche Dimension einer kulturellen Metaphorologie erweitern; stellt sich heraus, daß der Signalbegriff keineswegs den Elektrotechnikern überlassen ist, sondern in großen französischen *Encyclopédie* einen noch prominenteren Platz einnimmt als der Begriff des Zeichens selbst, Artikel "Signal": es sei "toujour arbitraire" = Wolfgang Schäffner, Medialität der Zeichen, in: Baxmann / Franz / Schäffner (Hg.) 2000: 247-290 (247) - der damit zum "Interpretanten" (im Sinne von Peirce) wird; Georg Klaus, "Sigmatik"; fungiert der Algorithmus (TM) als "Interpretatant" der kodierten Eingangssignale = in Anlehnung an Peirce: Frieder Nake, Der semiotische Charakter der informatischen Gegenstände, in: U. Bayer / K. Gfesser, J. Hansen (Hg.), *signum um signum. Elisabeth Walther-Bense zu Ehren*, in: *Semiosis* Heft 85-90 (1997), 24-35; (er-)kennt Computer keine "Zeichen", sondern schlicht Signale; Nakes Semiotik letztendlich anthropozentrisch, wie im Buchtitel ausgedru(e)ckt: Jan Distelmeyer / Sophie Ehrmanntraut / Boris Müller (Hg.), *Algorithmen & Zeichen. Beiträge von Frieder Nake zur Gegenwart des Computers*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2021; entsemiotisiert demgegenüber radikale Medienarchäologie technische Kommunikation

- hat P. B. Anderson eine explizite Computersemiotik entwickelt: *A Theory of Computer Semiotics* (1990, doch auch er betrachtet den Computer "als Kanal, durch den Menschen miteinander kommunizieren" - eine Interface-orientierte Verknüpfung der Genealogie des Computers als

Maschine-zu-Maschine-Kommunikation"; stellt sich Andersen auf der buchstäblich medienarchäologischen Ebene den Signalprozessen. Hier werden die Symbolsysteme physikalisch: "Auf den niedrigeren Ebenen ist die Bedeutung der Zeichen auf die physikalischen Bestandteile des Computers wie z. B. die Register und Speicherzellen bezogen. Auf den oberen Ebenen müssen die Texte auf andere Weise interpretiert werden, nach neueren Softwarekonzepten z. B. als Stapel, Schleifen oder Variablen" = Andersen 1990: 24

- mag Medienarchäologe kein guter Programmierer sein, aber was Variablen und Schleifen sind, mag er schon wissen, und nimmt sich von daher das Recht, darüber zu schreiben

- Serien bilden statt Geschichten zu erzählen - ein Effekt von *computing*. François Furet - daran erinnert Michel de Certeau ausdrücklich - hat einige der Folgen aufgezeigt, die von "der Bildung neuer, auf Lochkarten gespeicherter Archive" bewirkt werden: Es gibt keinen Signifikanten außer als Funktion einer Serie, und nicht in Bezug auf eine referentielle "Wirklichkeit"; es gibt keinen Forschungsgegenstand außer dem, der formal vor der Programmierung modelliert wird

- "I start with the distinction between system and environment - and not with the distinction between signifier and signified. To this distinction, I shall add the distinction between medium and form - which, again, is not that between signifier and signified. This is simply a decision" = Luhmann, "The Form of Writing"

- Einführung des Buchdrucks als "Form der Schrift", welche mündliche und geschriebene Kommunikation entzweite; macht Luhmann deutlich, daß die kommunikative Differenz nicht im semiotischen Zeichenbegriff, sondern als Form/Medium-Differenz faßbar ist: "In this case, what is called 'sign' is neither the signifier nor the signified but the form of their distinction. Replacing sound with sight presupposes that the object of signification remains unchanged, that is does not change [...] whether we talk or write about it. [...] Sound may be a medium for extracting forms, sight may also be a medium for extracting forms, but both do so in a very different sense and with very different results" = ebd.

## **Signal und (Nerven-)Impuls**

- "Das von dem Stein übertragene Datum wird zu dem Berührungsempfinden in der Hand" = Alfred North Whitehead, Prozeß und Realität, Frankfurt / M. 1987, 230; stammt dieser Datumsbegriff von Kant als Bezeichnung für Wahrnehmungsdaten". Tatsächlich handelt es sich um Signale, die erst in den Wahrnehmungsorganen Auge und Ohr zu Daten werden, nämlich zu gepulsten elektrischen Nachrichten an das Gehirn - sozusagen diskret kanalkodiert.

- Nervenimpulse für Helmholtz „Zeichen“ ihrer Verursachung, geben Information über jenen externen Einfluß / Stimulation, aber eben nicht als „Bild“. „For one requires from an image some sort of similarity with the object imaged [...]. A sign, however, need not have any type of similarity with what it is a sign for" = Helmholtz, Science and Culture. Popular and Philosophical Essays, Chicago 1995, 347; Laura Otis, The Metaphorical Circuit. Organic and Technological Communication in the Ninetenth Century, in: Journal of the History of Ideas, January 2002

- Signal als Darstellung von Modulation / Informationen, gekennzeichnet durch den amplitudenmäßigen Wert oder Wertverlauf einer physikalischen Größe über eine (nicht: "die") Zeit oder eine andere physikalische Größe; Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) versteht unter Signal die physikalische Darstellung von Nachrichten oder Daten

- "Die Entwicklung vom Relais zum Signal, die Umkehrung des Schaltplans in die Planschaltung verändert auch das Bewußtsein. [...] Daß die Sehmaschinen, Kameraaugen und ihre Überführung in entäugte Signalanlagen, Superrealität hervorbringen, das ist der Schein, der nicht einmal mehr trägt" = Erwin Reiss / Siegfried Zielinski, An die Passagiere, in: dies. (Hg.), Grenzüberschreitungen. Eine Reise durch die globale Filmlandschaft, Berlin (Spiess) 1992, 7-24 (14 u. 20)

- steht das Signal elektrotechnisch auf Seiten der Hardware oder Physik, im Unterschied zur semiotischen Kodierung. Erst im digitalen, also symbolprogrammierten Raum wird der Signal- wieder mit dem semiotischen Zeichenbegriff koppelbar: "*Signal*: Bezeichnung für die physikalische Darstellung von Nachrichten oder Daten. Diejenige Kenngröße eines Signals, deren Wert oder Werteverlauf die Nachricht oder die Daten darstellt, nennt man *Signalparameter*. [...] Bei der Rundfunkübertragung ist das Signal eine amplituden- oder frequenzmodulierten Wechselspannung, der Signalparameter ist die Amplitude bzw. die Frequenz. Bei einem digitalen Signal stellt der Signalparameter eine Nachricht dar, die nur aus Zeichen besteht. Bestimmten Wertebereichen des Signalparameters entspricht dabei jeweils ein Zeichen. Stellt der Signalparameter eine kontinuierlich veränderliche Nachricht dar, so spricht man von einem analogen Signal" = Schülerduden Die Informatik, hg. u. bearb. v. Meyers Lexikonredaktion, wiss. Bearb. Volker Claus / Andreas Schweill, 2. neu bearb. Aufl. Mannheim / Leipzig / Wien / Zürich (Dudenverl.) 1991, 457

- Daten als Form im Medium der digitalen Signale; das digitale Signal wiederum eine Form gegenüber dem elektronisch kontinuierlichen (frei nach Martin Warnke, Kulturinformatik Lüneburg)

- "Der Einwand von der Stetigkeit her zielt in erster Linie auf die Idealisierung von energetischen Aspekten der Naturvorgänge zu Zeichen.

Wer ihn radikal vertritt, sieht Zeichen nirgends in der außermenschlichen Natur; die „Symbol-Verarbeitung“ scheint aus der Natur ausgenommen“ = Oswald Wiener / Manuel Bonik / Robert Hödicke, Eine elementare Einführung in die Theorie der Turing-Maschine, Wien / New York (Springer) 1998, 193, in den rein kognitiven Bereich, der (T)Raum Vicos

- unterscheidet sich Erzählung von der Nachricht dadurch, daß letztere sich im Moment der Übertragung auch schon erschöpft, während eine Geschichte über eine ihr eigene zeitliche Amplitude verfügt, eine Dauer, die sich erst über längere Zeiträume hinweg entfaltet = Doane 1990: 227, unter Bezug auf Walter Benjamins Essay *Der Erzähler*

- Signale, asignifikant im Sinne von Deleuze / Guattari; Definition “Strom”, im *Anti-OEdipus*, versus Zeichen, semiotisch:

- "Der Wiedergabevorgang hat die Speicherstrukturen in Signale umzuwandeln. [...] Signale in diesem Sinne entstehen, wenn wir einen Text lesen oder ein Bild betrachten, als Aktionsströme unseres Nervensystems. [...] In der Technik herrschen die elektrischen Signale, d. h. vor allem Spannungsverläufe vor. [...] Neben den [...] sequentiellen Signalen gibt es in Natur und Technik unter anderen auch parallel organisierte Signale <synchron im Sinne Lessings>, wie z. B. bei der Aufnahme, Speicherung und Wiedergabe von Bildern" = H. Völz, Aussagen zum minimalen Informationsspeicher, in: Journal für Signalaufzeichnungsmaterialien 4, Heft 4 (1976), 227-236 (229)

- Vortrag N. Katherine Hayles, "Coding the Signifier: Rethinking Processes of Signification in Digital Media", im Rahmen des Workshops *Die Codes der Anthropologie* des Graduiertenkollegs "Kodierung von Gewalt im Medialen Wandel", Humboldt-Universität Berlin, 11./12. Mai 2001, über Talan Memmott, *Lexia to Perplexia*, veröffentlicht im *Iowa Review Web* in September 2000 als "exploration of the relationship between human consciousness and network phenomenology [...], using a creole of human language and code = [https://collection.eliterature.org/1/works/memmott\\_lexia\\_to\\_perplexia.html](https://collection.eliterature.org/1/works/memmott_lexia_to_perplexia.html), Abruf 26. April 2021. "In essence, the text does what it says" = ibid. Textuelle Kopplung eher zwischen Schrift und Code (Programm) als zwischen Sprache und Schrift; vgl. Code-Bücher der Telegraphie 1850-1950 (über verstümmelt überlieferte Botschaften), zwischen Klar- und chiffriertem Text (Dialektik zwischen *pattern* und *randomness*); software selbst als *storyspace*: "Informational goods require access, not possession."

- Signal ist radikal zeitbasiert (wie etwa der Verlauf einer Temperatur): "Als Signal bezeichnen wir den Verlauf einer bestimmten, für uns wichtige Information tragende Kenngröße über die Zeit. Man sagt: ein Signal ist eine Funktion der Zeit. [...] Die Größe des Signals, man spricht auch von Amplitude, ist ein Maß für die Ausprägung des jeweiligen

Parameters" = Manfred Müller, Technologie analoger und digitaler Bild- und Tonträger, in: Kunstmuseum Wolfsburg (Hg.), Wie haltbar ist Videokunst? / How durable is Video Art?, Wolfsburg (Kunstmuseum) 1997, 11-20 (12)

- "Bei der digitalen Abtastung wird einem Signal zu einem bestimmten, man spricht von diskretem Zeitpunkt ein Zahlenwert zugeordnet. [...] Je kürzer die Zeitintervalle zwischen diesen diskreten Abtastzeitpunkten gewählt werden, desto präziser läßt sich das ursprüngliche Signal rekonstruieren. = ebd., 13 f.

- bezieht Semiotik Zeitdimension zu wenig ein

- Signal, technisch: der festgelegte zeitliche Verlauf einer Spannung mit einer gegebenen Dauer

### **Vom Signal zum Sinn (Eco)**

- beschäftigt sich im Unterschied zur Medienarchäologie Kulturgeschichte stärker sich mit Semantiken; privilegierte Nähe zwischen Semiotik, Kulturwissenschaft und Kulturgeschichte. Medienarchäologie aber steht auf der Seite der Signale, sie beschäftigt sich mit Signalverarbeitung, analog wie digital; damit verbunden eine andere Weise auf das, was klassisch Kommunikation meint, zu schauen. Medienarchäologie versteht sich im Sinne der Nachrichtentheorie, wie sie von Claude Shannon entwickelt wurde, und damit für einen Moment suspendiert von den Sinn- und Bedeutungsfragen. Genau diese Suspendierung die technomathematische Bedingung dafür geworden, dass wir unsere Nachrichtentechnologie heute so vorfinden, wie wir sie benutzen. *Daß* ein Mobiltelefon erfolgreich benutzt werden kann geht nur, weil die Nachrichteningenieure sich radikal von der Idee gelöst haben, dass es darum geht Bedeutung zu übertragen. Sie haben ganz andere Nachrichtenübertragungs- und Signalmodelle entwickelt, mit denen sich Bedeutendes und Unbedeutendes gleichermaßen übertragen lassen. Auch dazu könnten wir wieder viele Parallelen in der Medienkunst nennen. Gerade daß es dem Mobiltelefon egal ist, ob da gerade Sinn oder Unsinn geredet wird, ist seine technologische Möglichkeitsbedingung

- macht es erst aus der Beobachterperspektive des Menschen Sinn, den Signal- durch den signifikanten Zeichenbegriff zu ersetzen: "Auf der Ebene der Maschine waren wir noch im Bereich der Kybernetik, die sich für das Signal interessiert. Durch die Einführung des Menschen sind wir zur Welt des Sinnes übergegangen. Es hat sich ein *Signifikationsprozeß* eröffnet, weil das Signal nicht mehr eine Reihe von diskreten Einheiten ist, die in bit Informationen berechenbar sind, sondern eine signifikante Form, die der menschliche Empfänger mit Bedeutung füllen muß" =

Umberto Eco, Vom Signal zum Sinn (1968), in: Engell u. a. (Hg.) 1999: 192-195 (192); orig.: Abschnitt "Vom Signal zum Sinn", in: Umberto Eco, Einführung in die Semiotik, München (UTB / Fink) 1991, 65-69

## **Zeit und Signal**

- hängt das Zeitsignal daran, als Funktion auf der Zeitachse aufgetragen zu werden, oder verkörpert es eine eigene Zeitweise?
- wird das Signal auf seine Zeichenfunktion reduziert, erstarrt es statisch. Demgegenüber gilt seine dynamische Funktion: "Signale lassen sich definieren als (physikalische) Schwingungen bzw. Wellen, die Träger von Information sind" = Ulrich Karrenberg, Signale, Prozesse, Systeme. Eine multimediale und interaktive Einführung in die Signalverarbeitung, Berlin 2005, 24
- gegeben folgende Definition von *Signal*: "the variation *through time* <meine Kursivierung> of any significant physical quantity occurring in a useful device or system. [...] the most apparent feature of a signal is its wave form, that is, simply the graphical depiction of the signal as a time-varying quantity" = Edward B. Magrab / Donald S. Blomquist, The Measurement of Time-Varying Phenomena, New York et al. (Wiley) 1971, 1

## **Signal und Kanal**

- Signal-Rausch-Abstand, bevor das Signal im Rauschen verschwindet;
- Bild-Ton-Abstand für TV (Deutschland: 5,5 MHz)
- steht im Kern des technischen Medienbegriffs das Signal als Träger von Information - die Möglichkeitsbedingung von Übertragen und Speichern. Selbst in der eskaliertesten Form von Medien vollzug, der Datenprozessierung, kehrt es wieder ein (Digital Signal Processing), jenes kleinste medienphysikalische Ereignis namens Signal, geschickt über Kanäle, (de-)kodierte in Sendern und Empfängern, verrechnet in Programmen

## **Neuromassage (Elektrophysiologie)**

- resultiert Elektrophysiologie aus Kombination von graphischer Methode (Marey) *plus* Elektrizität; Henning Schmidgen, Die Helmholtz-Kurven. Auf der Spur der verlorenen Zeit, Berlin (Merve) 2009; Cornelius Borck, Hirnströme. Eine Kulturgeschichte der Elektroenzephalographie, Göttingen 2005; ferner ders., Electricity as a medium of psychic life.

Electrotechnical adventures into psychodiagnosis in Weimar Germany, in: Science in Context 14 (2001), 565-590

## **Sigmatik**

- Sigmatik analysiert Relation zwischen Zeichen und Objekt; von Objekten zu Abbildungen *und zurück*: Georg Klaus, in *Spezielle Erkenntnistheorie*; Sigmatik eng koppeln an Signalbegriff (Argument Martin Carlé)
- das Objekt Quelle der Bedeutung eines Zeichens (nicht etwa der Mensch); Äquivalenzklasse, Signalmengen; Klaus, *Philosophisches Wörterbuch*
- radikale Zeitgebundenheit (elektro-)physikalischer Signale
- behauptet Ergoden-Theorie eine Maßinvarianz in Bezug auf die Zeit, durch die operativ Aussagen über die Zukunft gemacht werden können (jenseits des Menschen)
- Zeichen / Signal: Iwan Pavlovs Reflexologie bringt unmittelbare Reize ein, als Information; jenseits der natürlichen Signale ein "zweites Signalsystem" (Pavlov), nämlich die Sprache

## **Zeit, Medium, Maschine**

- ordnet digitale Abtastung einem Signal zu einem bestimmten / "diskreten" Zeitpunkt einen numerischen Wert zu; damit in binären Impulsen kodierbar. Je kürzer das  $\Delta-t$  (Zeitintervalle) zwischen zeitdiskreten Abtastzeitpunkten technisch bestimmt (sample-and-hold-Schaltung, Kapazität der Kondensatoren), desto präziser / signalgefahrener (*fidelity*, wenngleich nie mehr wahrhaftig) läßt sich das ursprüngliche Signal im Sinne des Shannon-Nyquist-Abtasttheorems "rekonstruieren"
- "crasht" die Festplatte, weil die interne Synchronisation versagt, wird klar: unerbittlich der Computer in der vorliegenden von-Neumann-Architektur dem Takt der Zeit unterworfen; ermöglicht andererseits seinerseits Signal- und Zeitachsenmanipulation in Echtzeit
- Reflexion zeitkritischer Medienpraxis wird thematisch, wenn es etwa um die Programmierung des Einfädelns von Datenstreams geht - wo also zu jedem Zeitpunkt ein neuer Wert geliefert wird. Nobert Wiener: "Indeed, we can so define the direction of time" als "probability distribution for events of that time" = Aufsatz "Time ...", 200. An die Stelle sequentieller Ordinarität tritt damit die Zeit selbst als dynamisches Ordnungskriterium.

- "Zeit" im von Georg Klaus edierten *Wörterbuch der Kybernetik* als eigenständiger Eintrag zwischen den Einträgen "Zeichenvorrat" und "Zeitablaufplanung" nicht vor = Georg Klaus (Hg.), *Wörterbuch der Kybernetik*, Frankfurt / M. (Fischer) 1969, Bd. II, 725; erscheint vielmehr paketierte, eingeklammert in Einträgen wie "Takt" = ebd., Bd. 2, 639: "*Takt* (Taktzeit): Zeit, in der ein Taktimpuls einen Teil des Rechenwerks eines Digitalrechners [...] durchläuft"

- speichert *Taktspur* in magnetischen Speicherbändern Taktimpulse, um bei Entnahme von Informationen die Funktion eines Taktgebers einzuüben = Klaus 1969 II: 640; Taktgeber als Erzeuger von Taktimpulsen "die Grundlage für alle zeitabhängigen Vorgänge in Regel- und Steuersystemen" = 639 - mit dem Begriff der zeitbasierten Medien verschränkt

- Tugend des kybernetischen Begriffs von Prozessen, daß Zeit kein emphatischer, ontologischer Kollektivsingular mehr ist, sondern quasi anti-ikonologisch herunterformuliert wird zu einer Pluralität entsemantisierter Zeiten als Takt, als *stream*, usw.

- illustriert Abtasttheorem die für die Kybernetik bedeutsame Darstellung eines kontinuierlichen Signals in diskreten Zeitpunkten, denn "es können nicht unendlich viele Werte einer zeitlichen Funktion gemessen bzw. beobachtet werden" <Klaus 1969: 153, Eintrag "Diskontinuum">. Diskrete Signale, "bei denen nur in gewissen Zeitpunkten aus den Werten des Informationsparameters auf die signalisierte Information zurückgeschlossen werden kann (Quantisierung der Zeit)", sind diskontinuierlich = ebd., 154, Eintrag "Diskrete Signale"; Begriffe wie Seriensignale, Impulsfolgefrequenz, Taktintervall etc.

- Pointe von *Zeitkritik* Momente, in denen buchstäblich kultur/technische Zeitbegriffe sich scheiden. Dementsprechend gilt, daß mit dem Signalbegriff neben den Ortskoordinaten  $x$ ,  $y$ ,  $z$  als Funktion der Form  $f$  eben auch Zeit ( $t$ ) als Parameter ins Spiel kommt; in der objektiven Realität vorkommenden Signale "selbstverständlich raumzeitliche Objekte" = Klaus 1969: 569, Eintrag "Signal"; *Ergodik*, die *kein* Stichwort im Klaus-Wörterbuch der Kybernetik darstellt

- Fokussierung von Zeit als kritischem Parameter in Kybernetik Norbert Wiens (Wahrscheinlichkeitsverteilung als Funktion von Zeit - anders als in der klassischen Newtonschen Physik, wo Zeitpunkte etwa für die Wiederholung von Experimenten unerheblich bleiben); Wesen des Impulses selbst zeitkritisch; was hier buchstäblich zählt, ist die Frequenz (Fourier-Analyse von zeitbasierten Prozessen als Überführung in ihre Frequenzen). Signalverarbeitung (frei nach Martin Carlé) *instrumentalisiert* die Zeit

## Die akustische Zeitdimension

- Liaison von Computer, Akustik und Musik zu fokussieren, die selbst nur in der Zeit vonstatten geht (konkret anhand einer Programmiersprache für akustische Signalverarbeitung: *SuperCollider*); Momente, in denen die digitale Zeitempfindlichkeit des Computers ästhetisch praktisch wird
- Musik als *Ereignis* (und nicht schlicht als Konzept oder Entwurf) vor allem ein akustischer Datenfluß
- erklärt Heinz von Foerster mit Hilfe dieses Zeitverhaltens die historische Entwicklung von E-Musik: "[...] as a gradual reduction in the redundancy in works of music or, expressed differently, as a continuous increase in the complexity of sound and composition, hence an increase in the amount of auditory information transmitted during a given interval of time" = Heinz von Foerster: "Sounds and Music", 3-10 (9)
- mit kybernetischen Maschinen der Punkt erreicht, wo Kalkulation so komplex wird, daß sie in den Zeithaushalt selbst eingreift; bildet nicht mehr Zeitprozesse ab, sondern generiert Zeiten (analog zum Begriff des *imaging*); in akustischen Ereignissen dies auch für Menschenohren wahrnehmbar: "Computers come to our assistance, not merely as ancillary tools but as essential components in the complex process of generating auditory signals that fulfill a variety of new principles of a generalized aesthetics and are not confined to conventional methods of sound generation by a given set of musical instruments or scales" = Foerster a.a.O., 10; Verweltlichung von gestapelten Befehlen (musikalische Komposition) zu akustischen Signalen
- TV-Nachrichtenbilder digital in die extrem verlangsamten Bewegungen des Kathodenstrahls auflösen (Sampling), welcher die übertragenen Signale zeilenweise als Bild schreibt; enthüllt sich das, was auch im technischen Sinne Zeilensprung heißt; buchstäbliche Auflösung des elektronischen "Bildes"; wird im Interlacing das Halbbild erst durch ein folgendes zum Bildeindruck für optische Wahrnehmung des Menschen; zum Zweck der Wahrnehmbarkeit Kathodenstrahlenbewegungen verlangsamten (notwendig Simulation); wird ein Prozeß aus dem analogen Bildelektronikbereich erst im Nachfolgemedium, dem digitalen Raum, darstellbar, der seinerseits auf einer ganz anderen, nicht mehr linearen Zeit, sondern der logischen Un-Zeit basiert; wird das analoge Vorgängermedium zum "Inhalt" des digitalen "Fernsehens" im Sinne McLuhans); Installation von Juliane Zelwies, Hochschule der Künste in Berlin, Fakultät Gestaltung, Institut für Zeitbasierte Medien, Vorschlag für die Gestaltung der Straßenfassade des ARD-Hauptstadtstudios Berlin, Wilhelmstraße Ecke Reichstagsufer, aus Anlaß des HdK-Rundgangs am 21./22. Juli 2001, Berlin, Medienhaus; geht inhaltistische Analyse nahtlos (oder eben doch: ein Bruch, ein qualitativer oder besser: epistemologischer Sprung?) in Medienarchäologie über, Fernsehanalyse

zum Beispiel: Nachrichtensendungen einerseits, die in Hinblick auf das Verhältnis von Information und Redundanz, aber auch in ganz anderem Sinne diskursanalytisch untersuchbar

## **Materialismus des Signals versus Symbolismus des Zeichens**

- löst Signalwahrnehmung bewußte (Ap-)Perzeption (Wundt) aus; Symbole hingegen kognitiv wahrgenommen, d. h. dekodiert; reagiert das menschliche Auge nach kulturtechnischem Training auf Wörter (etwa im Straßenverkehr / Werbung, Verkehrshinweise) ebenso immediat wie auf Signale. Auf Bewußtseins-ebene verschmilzt die kategoriale Differenz?

- bleibt bei Georg Klaus zur Debatte gestellte Trennung von Zeichen und Signal unscharf, weil er Parameter Zeit nicht emphatisch einbringt; Klaus zufolge im Fall des Signals die Materialität des Zeichenträgers vom Zeichen nicht trennbar; ruft eine materialistische, Hardware-orientierte Medienarchäologie auf den Plan; mit Signal-Begriff auf der *medienarchäologischen* Ebene; berührt das Signal frei nach Jacques Lacan das Reale, das Zeichen das Symbolische; Perices Diktum von 1906: "All my notions are too narrow. Instead of `Sign`, ought I not say Medium?"; hätte Signal schreiben sollen; "Medium ist etwas Reales, das etwas Symbolisches implementiert" (Kommunikation Annette Bitsch, November 2002); Spaltung in Hard- und Software als Riß eingeschrieben; steht das Signal elektrotechnisch auf Seiten der Hardware oder Physik, im Unterschied zur semiotischen Kodierung. Erst im digitalen, also symbolprogrammierten Raum wird der Signal- wieder mit dem semiotischen Zeichenbegriff koppelbar: "*Signal*: Bezeichnung für die physikalische Darstellung von Nachrichten oder Daten. Diejenige Kenngröße eines Signals, deren Wert oder Werteverlauf die Nachricht oder die Daten darstellt, nennt man *Signalparameter*. [...] Bei der Rundfunkübertragung ist das Signal eine amplituden- oder frequenzmodulierten Wechselspannung, der Signalparameter ist die Amplitude bzw. die Frequenz. Bei einem digitalen Signal stellt der Signalparameter eine Nachricht dar, die nur aus Zeichen besteht. Bestimmten Wertebereichen des Signalparameters entspricht dabei jeweils ein Zeichen" = Schülerduden Die Informatik, hg. u. bearb. v. Meyers Lexikonredaktion, wiss. Bearb. Volker Claus / Andreas Schweill, 2. neu bearb. Aufl. Mannheim / Leipzig / Wien / Zürich (Dudenverl.) 1991, 457

- gilt für Ergodik jedoch gerade, daß der Begriff der Invarianz, den Klaus in mathematische Sprache für Zeichengestalten reklamiert = Wörterbuch II: 723, auf zeitliche Prozesse übertragen wird - etwa den Ton, der konstant bleibt, auch wenn die Klangfarbe wechselt. "A family of messages with such invariance is said to be a *time series in statistical equilibrium*" = Norbert Wiener, Time, Communication, and the Nervous System, in: Annals of the New York Academy of Sciences, Bd. 50,

1948/50, 197-219 (204); wird an den Grenzen der Semiotik Kybernetik stark, wenn sie die *Zeitkonstante* als "Kennwort von Übertragungsgliedern" definiert, "der die Dimension der Zeit hat und zur eindeutigen Bestimmung des dynamischen Verhaltens notwendig ist" = Wörterbuch 2: 725. "Es gibt keine Information, die nicht durch Signale realisiert sind. Eine Trennung von Signal und Information ist nur in der Abstraktion möglich" = ebd., 571; Zeit die Existenzform der Signale, die "durch (zeitlich veränderliche) physikalische Größen, wie elektrische Spannung, elektrische Stromstärke, Druck in Gasen oder Flüssigkeiten, gegeben sind" = ebd., 572; kann ein elektrisches Spannungssignal "grundsätzlich einen sinusförmigen zeitlichen Verlauf nehmen", oder eben einen rechteckimpulsförmigen zeitlichen Verlauf = ebd., 572 f.; Klassifikation von Signalen erfolgt nicht schlicht räumlich-topologisch, sondern zwifach: nach dem Gesichtspunkt des "Wertevorrats der Informationsparameter und nach der zeitlichen Erhältlichkeit der Information", d. h. etwa kontinuierliche Signale, "deren Informationsparameter in jedem Zeitpunkt eindeutige Rückschlüsse auf die signalisierten Zahlwerte bzw. Befehle zulassen", im Unterschied zu diskontinuierlichen Signalen (Zeitquantisierung); macht die Zeit selbst den Unterschied - eine systemtheoretisch faßbare Differenz; Signale zudem - medienarchäologisch fokussiert - "nach dem zeitlichen Verlauf des ihnen zugrunde liegenden (materiellen) Prozesses eingeteilt" = ebd.; im Zentralnervensystem Signale in Form von Impulsen übermittelt, die bei der Entladung von Neuronen entstehen. "Die Signalübermittlung im abstrakten Nervennetz" - also in künstlichen neuronalen Netzen - "erfolgt durch diskrete Impulse, die von einem abstrakten Neuron zu einem anderen in diskreten Zeitmomenten übertragen werden" = ebd.; physikalische Signale als Zeichenträger, als Träger einer informationellen Kopplung; bedarf Information der materiellen Verkörperung durch Signale; Signal in Bezug auf Materialitäten transitiv, ein Zeichen nicht; steht Signal auf Seiten dessen, was in der Neurologie der Reiz ist, und elektromagentisch der Impuls

- Modell, den physikalischer Zustand oder Prozeß zu denken, an den Zeichen geknüpft sind, beschreibt der Eintrag "Zeichenträger" im *Wörterbuch der Kybernetik*: "Der Buchstabe A z. B. ist ein Zeichen, das an die verschiedenartigsten Zeichenträger geknüpft sein kann, etwa an bestimmte Komplexe von Schallwellen, an bestimmte gedruckte oder mit Tinte geschriebene geometrische Figuren usw. Zeichen und Zeichenträger dürfen nicht miteinander verwechselt werden. Das Zeichen ist kein physikalischer, sondern ein semiotischer Sachverhalt. Dem *Zeichen* muß eine *Bedeutung* zugesprochen werden, nicht aber dem Zeichenträger. Das Zeichen verhält sich zum Zeichenträger etwa wie eine Information zum Signal, das sie trägt" = Klaus 1969 Bd. II: 724; werden aber die Buchstaben des Alphabets als Sortiermedium eines Lexikons benutzt, ist es gerade ihre Bedeutungsfreiheit als Zeichen, das sie operabel macht

- "A *signal* is when a sign triggers, mechanically or conventionally, some action on the part of the receiver" = Ian Hodder, *The Archeology of Contextual meanings*, hg. v. Ian Hodder, Cambridge (UP) 1986, 2

- operiert der Computer als symbolische Maschine auf Zeichenebene; sobald die Signale modelliert werden (DSP), werden sie computersemiotisch. Andererseits bedarf die abstrakte Maschine, der logische Raum des digitalen Computers immer einer Implementierung im Realen, samt epiphänomenalen Kontingenzen der Materialität; mahnt das Signal an das Analoge

- macht Frieder Nake anhand des taktilen Interface zwischen Mensch und Computer - der Eingabe an der Tastatur (oder Mausbewegung) - deutlich, daß in diesen Momenten eine Zeichen-Signal-Transformation vonstatten geht; legt dabei den beide Begriffe gleich einleitenden Buchstaben beispielhaft zugrunde: "Sobald [...] die Taste bestätigt ist, wird aus dem Buchstaben "S", den wir angeschlagen hatten, und der für uns als Teil eines längeren Wortes einen Sinn besaß, ein Signal. Alle Bedeutung, die wir dem Zeichen zumessen, fällt von ihm ab beim Durchgang durch das Interface. Nichts bleibt als der Code" = Frieder Nake, *Begegnung mit Zeichen. Informatik Medium Design*, in: *Entwerfer. Jahrbuch 4 der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig*, hg. v. Holger van den Boom, Köln (Salon) 2000, 174-186 (183); *medienarchäologische Kur, Entschlackung von aller hermeutischen Aufladung. Ein trivialer, weil determinierter Prozeß: "Das externe Zeichen wird beim Durchgang durch das Interface zum internen Signal, das zu einer vorbestimmten Manipulation führt" <ebd.>*; umgekehrt kommen Menschen bei der Ausgabe des Signals nicht umhin, es zeichenhaft zu interpretieren; findet also bei Mensch-Computer-Interaktion eine unsymmetrische Semiose (der menschliche Blick) oder eine Realisierung, die Verwandlung von Zeichen in physikalische Impulse (der Blick des Computers) statt. Beide Prozesse sind zwar unabhängig, da sie von autonomen Systemen durchgeführt werden, doch sind sie zugleich - die Sprache der Systemtheorie - *strukturell gekoppelt*. Je nachdem, ob der Akzent hier auf Kontinuität oder auf Diskontinuität gesetzt wird (je nach hermeneutischem Willen oder nach medienarchäologischer Insistenz also), erweist sich Informatik als "technische Semiotik" oder als mathematische Maschine

- binärer Zustand "0" oder "1" nicht ein Zeichen, das auf ein Bezeichnetes verweist, sondern reines Signal. "Ein Grundsignal, ein Impuls, ist entweder da oder nicht da, irgendwelche Übergänge gibt es nicht" = John von Neumann, *Allgemeine und logische Theorie der Automaten* [\*1951], in: *Kursbuch* (März 1967), 139-175 (160); gilt für diesen Fall, "what is called "sign" is neither the signifier nor the signified but the form of their distinction" (Niklas Luhmann)

- trägt in der Turing-Maschine jedes Feld als Belegung ein Element eines geeigneten Informations-Alphabets = K. H. Böhling, Über eine Darstellungstheorie sequentieller Automaten, in: W. Händler (Hg.), 3. Colloquium über Automatentheorie vom 19. bis 22. Oktober 1965 in Hannover, Basel / Stuttgart (Birkhäuser) 1967, 1-25 (2), das - im Unterschied zu den Auftrittswahrscheinlichkeiten der Elemente des Vokalalphabets - durch freie Variabilität gekennzeichnet ist. "Grundmenge von Informationen ist ein Alphabet X, dessen Elemente die einfachsten Informationszeichen (Signale) sind, samt *Blankzeichen* für "leere Information" = ebd., 3
  
- kann eine Zeichenreihe "eine zeitliche Folge von Stromimpulsen / oder Lichtzeichen oder eine nebeneinandergeschriebene Kette von grafischen Charakteren sein. Wesentlich ist nur, daß die Elementarzeichen isoliert und als Exempelre des Alphabets identifiziert werden können" = Klaus, Wörterbuch Kybernetik, 723 f.
  
- Signale von Natur aus (*physis*) im Feld von Störung und Rauschen; als Zeichen gedeutet, also semantisiert resp. referentialisiert, gehören sie bereits der ästhetischen Ordnung an - eine Kulturtechnik zur Verwandlung von Rauschen in Sinn
  
- anthropologisiert Eco das, was bei Shannon noch rein mathematisch formuliert wird; das Analoge an sich zwar mathematisierbar (Analysis), Bedingung für den "Übergang von der *Welt des Signals* (berechenbar in Einheiten von übertragener physikalischer Information) zur *Welt des Sinnes* (der mit den begriffen Denotation und Konnotation erfaßt wird)" = Eco 1999: 194, jedoch an Diskretisierung (Sampling / Quantisierung im Zeit- und Wertbereich) gebunden
  
- Differenz zwischen Medienkultur (Interface Mensch) und Technologie (Maschine-zu-Maschine-Kommunikation); versucht von Foerster, Claude E. Shannon "zu überreden, das Wort 'Information' wegzulassen und das eine Signaltheorie zu nennen, weil die Information braucht immer jemanden, der auf ein Signal schaut und sagt: 'Ah jetzt weiß ich'" = Interview Jérôme Ségal mit Heinz von Foerster, Berlin, 22. Januar 1997, in: Jérôme Ségal, *Théorie de l'information: sciences, techniques et société de la seconde guerre mondiale à l'aube du XXIe siècle*. Diss. Lyon 1998, <http://141.20.150.206/segal/thesehtm/entret/foerster.htm>
  
- macht medienarchäologischer Blick die Wahrnehmung des Scanners selbst zum Archäologen eines Bild-Wissens, das menschlichen, (be)deutungsfixierten Augen entgeht und gerade die Leere, die Verständnislosigkeit, die "Blödigkeit der Signifikanten" (Lacans *alphabétise*) zur Chance erklärt und damit auf andere, denk- und sichtbare Zusammenhänge, etwa die strikt formalen Ähnlichkeiten zwischen den Bildern, lenkt - die Realität elektronischer Überwachungssysteme im Kriegs-, Wirtschafts- und Polizeiwesen, in

denen nicht mehr Menschen mit Maschinen, sondern Maschinen untereinander kommunizieren; Macht informationstheoretisch gesättigter Kommunikationsbegriff die kybernetisch informierte, also schaltbare Semiotik (Bense, Eco, aber auch Saussures "circuit de la parole") zu ihrem Spezialfall

- führt Heinz von Foerster eine Kopplung von Semantik und Signal durch, nicht im hermeneutischen, sondern kybernetischen Sinn: "All that can be inferred from a signal may appropriately be called the 'meaning' of this signal." Er unterscheidet damit die Jagdhorn-Situation des Signals von symbolischer Interpretation: "the one in which sounds are interpreted as signals that hint at a source and all that may be associated with it, the other in which they are interpreted as symbols. If sounds are uninterpretable, they are called 'noise'." Nicht-Interpretierbarkeit dagegen ist kulturtechnisch relativ; "'noises' may well be used in a symbolic way on a higher level of symbolization" = Heinz von Foerster, Sound and Music, in: xxx, 3-10 (8) Von daher verweigert er eine kategorische Trennung von Klang und Musik und führt diese Unmöglichkeit nicht auf "a semantic opacity of the term 'music'" zurück, sondern auf die Natur kognitiver Prozesse = ebd., 9

## **Computersemiotik**

- definiert Peirce das Zeichen als triadische Relation zwischen einem Mittel M, einem Objekt O und einem Interpretanten I; M muß von I als ein Zeichen für O erkannt bzw. realisiert werden. Geschieht dies nicht mehr exklusiv durch Menschen, sondern durch Maschinen, kommt es zu Computersemiotik

- Verkettung, die die Peircesche Semiotik durch ihre Dreiwertigkeit kennzeichnet, als geeignet, Vorgänge im Rechner und die damit assoziierten Computersprachen zeichentheoretisch zu beschreiben. "Jedes Element einer Computersprache [...] besitzt eine "janusköpfige, doppelte Lesbarkeit": Jedes Element "macht Sinn" sowohl für den Menschen als auch für den Rechner. Prozesse, die durch einen Programmtext beschrieben *und* ausgelöst werden, sind selbst wieder Ausgangspunkt für neue Zeichen, indem sie (in der Rolle eines neuen Representamens) für etwas stehen (ihr Objekt) und etwas auslösen (ihren Interpretanten). So ist ein typisches Element dieser Computersemiotik die Triade *Expression - Algorithm - Execution*, die in der Entsprechung mit der Peirceschen Triade *Representamen - Object - Interpretant* eine Deutung erfährt, die er erlaubt, den Verkettungen des Programms als Spur der Zeichenbildung zu folgen" = Andersens Vortrag "A semiotic view on programming and programming languages" am 17. November 2005 am Forschungskolleg *Medien und kulturelle Kommunikation*, Köln; "Berechnung und Entscheidung", resümiert von Julian Rohrer in:

Transkriptionen Nr. 6, Januar 2006, 19; operativer Medienbezug dieser Semiotik

- analoge Messung zwar näher an der Physik, aber ungenauer; denkt Goodmann das Digitale von der philosophischen mathematischen Logik her; nicht die Arbeit der Maschine beschrieben: damit kann kein Computer die Welt rechnen; Goodmans *Sprachen der Kunst*; Identifizierung von Diskretheit und Digitalität lenkt ab von zeitkritischen Operationen

- Computer symbolverarbeitende Maschine, muß mit erheblichem Aufwand (algorithmisch) dazu bewegt werden, Signale zu simulieren (DSP); i. U. zum Aspekt des Computers, der selbst auf Signalebene arbeitet: hier Signale als Subjekt der Operationen; hier rechnet die Physik selbst: Wolfgang Hagen, über digitale Photographie, quantenmechanisch

- Programmiersprache SuperCollider spezifisch für Computermusik entwickelt; läuft ihrerseits nur in der gleichnamigen Programmierumgebung; kann Signale in Echtzeit beliebig parallel verarbeiten (bis Prozessor voll ist, kann also nicht stabil sein); ist objektorientiert (d. h. nicht notwendig Windows-orientiert, sondern stammt aus Sprache „Simula“. ändert man an einer Stelle etwas, ändert sich entsprechend an anderen Stellen etwas)

- wird analoge Signalquelle digital analysiert (Sampling-Raten), in Frequenz aufgespalten, damit numerisch rechenbar

- meint Verarbeitung in "Echtzeit" nicht das Verhältnis von analogem Dateninput zu Simulation, dort nämlich Latenz, Verzögerung; sondern das interne synchrone Rechnen der Signale

## **Signal und Zeichen mit Bense und Klaus**

- dem dialektischen Materialismus zufolge Wirklichkeit bewußtseinsunabhängig, aber vollständig erkennbar; herrscht ein dynamischer Zusammenhang (dialektisch) zwischen Bewußtsein und Wirklichkeit. Klaus 1965: Vom Operieren mit Dingen zum Operieren mit Gedanken über die Dinge zum Operieren mit Zeichen für die Gedanken. Isomorphierelation zwischen Abbild im menschlichen Bewußtsein und abgebildetem Objekt. Semantik der Abbildrelation und Signat der objektischen Widerspielgelung

- vermag Signalbegriff die operative Ebene von Medien zu erklären, der Zeichenbegriff hingegen eine Relation. Signal = Darstellung von Information; digitale Signale; kehrt die Saussuresche Semiotik reiner Symboldifferenzen reduziert auf die eine Differenz von Null/Eins wieder ein

- "Das Signal berührt das Reale, das Zeichen berührt das Symbolische" (Lacan); Signale in Bezug auf ihre Materialität transitiv, Zeichen nicht

- Klaus, *Wörterbuch der Kybernetik*, Eintrag "Signale": Zeichen und Zeichenträger nicht miteinander verwechseln; *mediensemiotisch* aber verschränkt

- Eco trennt Welt des Signals von der Welt des Sinns; denotativer Code spricht von sich aus keinen Sinn zu (das wäre der konnotative Code, exklusiv bei Menschen: Bedeutungszumessung; situations- und kontextabhängig) die mitgeteilte Bedeutung "zählt" beim Signal nicht. Signale finden ihre Objektgebundenheit in der Zeit; Signalverarbeitung benutzt / verbraucht / generiert überhaupt erst "Zeit"

- Computer nicht schlicht eine symbolverarbeitende Maschine, sondern signal- also zeitkritische Maschine.

- Ferdinand de Saussure: binäres Modell von Signifikant / Signifikat; Zeichen arbiträr; linguistische Perspektive formale *langue* / sonisch materialisierte *parole*; Zeichen haben ihre Identität allein in der Differenz zu anderen Zeichen

- *icons*, etwa Piktogramme; von Peirce-Schüler Morris weiterentwickelt zum Begriff "Ikonizität"; auch lautmalerische Artikulation: Ähnlichkeit; Indizes (Signalaufzeichnung in sogenannten "analogen" Speichermedien); auch digitales Photo kann - ausgedruckt - ein Bild sein; anders im Fall des Ausdruck seines Hexademikalwerts / Hex-Datei); Symbole (Konvention); Diagramm

- Kritik an der "Unschärfe der Begriffe des Signals und der Information" = "Vorwort des Herausgebers" (Georg Klaus), zu Poletajew 1962, bes. XIV: "Wir meinen, daß es hier in erster Linie nicht um ein mathematisches oder technisches, sondern um ein erkenntnistheoretisches Problem geht"; Information bzw. Nachricht definiert als "Einheit aus einer Semantik und einem physikalischen Träger. Physikalische Träger, die geeignet sind, sich mit einem Sinn, einer Bedeutung, einer Semantik zu einer Nachricht, einer Information zu verbinden, nennen wir Signale."

- "Ein Signal ist ein zeitlicher Verlauf einer physikalischen Größe. Signale beinhalten Information" = Friedrich L. Bauer, Informatik. Führer durch die Ausstellung, München (Deutsches Museum) 2004, 132 - im Sinne von "verkörpern" oder "tragen" (Modulation). "Zur Realisierung / von Signalen dienen vielerlei physikalische Träger: mechanische Stellung, Elektrizität, Wärme, elektromagnetische Strahlung (etwa Licht), Magnetismus, Druckoder auch Schall" <ebd., 132f>. Zwischen analog und digital: "Analogsignale stützen sich auf einen Bereich der physikalischen Größe.

Digitale Signale werden durch eine endliche Anzahl von Einzelwerten der physikalischen Größe dargestellt. Binäre Signale werden durch genau zwei Werte der physikalischen Größe dargestellt" <133> - gegenseitig übersetzbar durch Signalwandler. "Im Eisenbahn-Signalwesen wurden lange Zeit mechanische binäre Schaltungen und Speicher zur Auswahl und Verriegelung von Fahrstraßen, sowie zur Signalstellung eingesetzt" <134>; diese kybernetische Signalsteuerung wandert von der Makro- in die Mikrotechnik ("Relais" für Telephon und Computers Zuses)

- Signale operativ: "Signale sind Zeichen, die ein Sender in einem Übertragungsweg freisetzt und auf die ein Empfänger reagieren kann" = Armin Ermisch, Uralte Signale, in: Urania-Universum Bd. 32, Jena / Berlin (Urania) 1986, 167-176 (168). Beispiele: "Das `Grün´ der Verkehrsampel signalisiert uns freie Bahn; das Zwanzig-Pfennig-Stück ist für den Münzfernsprecher ein Signal, Anwählen zu ermöglichen" <ebd.> - gilt für "Kommunikation" mit / zwischen Maschinen, zwischen *technischem* Sender / Empfänger in der Signalübertragungskette

- in technischer Welt gar keine Zeichen, nur Signale.; wird im technischen Kanal ("the medium") das Zeichen zum Signal; im malerischen Tachismus "übernimmt [...] ein physikalischer Prozeß die Funktion des Ästhetischen und täuscht den Flecken als Zeichen vor, während es sich in Wirklichkeit bei ihm um ein Signal handelt" = Max Bense, Aesthetica. Einführung in die neue Aesthetik, Baden-Baden (Agis), 2. erw. Ausg. 1982, 218; "rendez-vous" im Zeitbereich (schreibt Lacan unter Rückbezug auf Huygens' Doppelpendel); Eskalation in Wieners *linear prediction*

- "Während in der Welt des Signals Eigenschaften des Kodes an sich und die Kanalbedingungen im Vordergrund stehen, geht es in der Welt der Zeichen darum, wie wir als Menschen die verschiedensten Kodes zueinanderbringen" = Lenke / Lutz / Sprenger 1998: 23

- von Foerster "claims to have already tried earlier to persuade Shannon to rename the information theory into signal theory, but he hadn't succeeded, since the name had already engrained itself deeply" = Manfred Hentz, Intra-Organizational Communication Based on Maturana's Autopoietic System Theory, in: Diebner / Ramsay (Hg.) 2003: 115-141 (119)

- meint Signal "das ausschließlich physikalische Substrat einer Vermittlung. der Ton als akustisches, die Farbe als optisches Phänomen gehören z. B. dazu. aber wir sprechen von Zeichen, wenn ein solches Substrat durch ein Bewußtsein 1. zu einem Mittel erklärt wird, das 2. ein Objekt bezeichnet und 3. für einen gewissen Interpreten dadurch Bedeutung gewinnt. als physikalisches Substrat ist demnach jedes Signal durch / drei Ortskoordinaten  $x, y, z$  und eine Zeitkoordinate  $t$  beschreibbar, somit als (materiale) Funktion gegeben:  $Sig = F \text{ mat } (x, y,$

z, t)" = Max Bense, kleine abstrakte ästhetik, Stuttgart (Edition rot) 1969: 426 f.

## STÖRUNG, RAUSCHEN

### **Hermeneutik der Störung**

- offenbaren sich Medien als solche im Moment der Diskontinuität, der Störung: "Die Modi der Auffälligkeit, Aufdringlichkeit und Aufsässigkeit haben die Funktion, am Zuhandenen den Charakter der Vorhandenheit zum Vorschein zu bringen" = Martin Heidegger 1927 / 1931, 74

- "Wenn ich spreche, spricht ES mit. Und sei es nur, daß da ein leises Rauschen des Magnetbandes zu hören ist. Oder die Abwesenheit des Geräuschs im schalltoten Raum" = Martin Burckhardt, Unter Strom. Der Autor und die elektromagnetische Schrift, in: Sybille Krämer (Hg.) 1998: 27-54 (40)

- wird Störung in generativer Ästhetik zur Chance, während philologische Textkritik Symbole möglichst unverfälscht zu überliefern trachtet; Störung in Medienkunst "nicht als Unglück, sondern als ästhetischer Glücksfall" erfahren = Wulf Herzogenrath, Der Fernseher als Objekt. Videokunst und Videoskulptur in vier Jahrzehnten, in: ders. u. a. (Hg.), TV-Kultur. Das Fernsehen in der Kunst seit 1879, Amsterdam / Dresden (Verlag der Kunst) 1997, 110-123 (113)

- im Zeitraum von ca. 1792 (Erfindung des Chappe-Telegraphs) bis ca. 1844 (erste elektrische Telegraphenleitung zwischen Baltimore und Washington) Interesse und Verständnis für nicht-sinntragende Formen für Kommunikation, die dann Bedingung für moderne Formen von Informationsverarbeitung werden = These Arndt Niebisch, Juni 2010, Buchprojekt *Hermeneutik der Störung*

- in Telegraphie: nicht nur Punkte und Striche, auch Pause dazwischen als Aussage; dazu Shannon 1948: *Ein / Aus. Ausgewählte Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie*, Berlin (Brinkmann & Bose) 2000, 15 + Graph / Markov-Ketten; siehe auch Leertaste Schreibmaschine

- von Clausewitz' Theorie von Kommunikation auf dem Schlachtfeld: entscheidend, daß Empfänger von Information sieht, daß ein Signal auch vollständig sinnleer sein kann; senden Medienkanäle auch Störung, nicht nur Signale

- Auslassungspunkte in Texteditionen; dazu Bernhard Dotzler, Leerstellen, in: *Literaturwissenschaft. Einführung in ein Sprachspiel*, hg. v. Heinrich Bosse / Ursula Renner, Freiburg i. Br. (Renner) 1999, xxx-xxx; ferner:

Christine Abbt, Schreibweise des Seins? Zur Verwendung der Auslassungspunkte auf der Suche nach einer Sprache des Erlebens, in: Mareike Giertler / Rea Klöppel, Von Lettern und Lücken. Zur Ordnung der Schrift im Bleisatz, München (Fink) 2012, xxx-xxx. Ausgangspunkt ist die Unterstellung einer generellen Auslassung: "Die weiße Oberfläche des Papiers [...] nehmen wir als 'leer' an, als inaktive Fläche": Adrian Frutiger, Der Mensch und seine Zeichen. Schriften, Symbole, Signets, xxx 2004, 21. Hier wird der "Grund" (Rubin) zur "Figur", bzw. die *message* (McLuhan) zum *medium*. Zeitlich: ein Nicht-Handeln; musikalisch: Stille. John Cage, 4'33; propopopoietische Figur der "Totenstille". Russolo (Geräusch) und Rauschenberg aber holen die Störung wieder in die symbolische Ordnung ein

- hat Michel Serres in *Le Parasite* (Paris 1980) die unterschiedlichen Erscheinungsweisen des "Parasitären" - die Unterbrechung, die Störung, die Abzweigung, das Rauschen - geradezu zur Grundkategorie einer Theorie der Kommunikation und der Kultur gemacht

- Arndt Niebisch, Media Parasites. On the Abuse of Technology and Communication in the Early Avant-Garde (Palgrave); vom akustischen Geräusch und der Störung auf die subversiven Potenziale des parasitären Rauschens eingehend

## **Technische Störungen, Rauschen**

- technologische Selbstanzeige; was sich in der Störung als Medium in Erinnerung ruft

- tritt an der Bruchstelle zwischen analog und digital eine Störung auf, beim Kopieren von Daten (gegen den Mythos von der verlustfreien Kopie, die erst im internen digitalen Raum gilt): "Durch regelmäßige Kopien können [...] auch Fehler entstehen. Hundertprozentig identisch sind das digitale Original und seine Kopie nicht. Denn um die Nullen und Einsen der digitalen Sprache zu speichern, verwendet man ein elektrisches Signal, das durchaus störungsanfällig ist. Eine durchgängige, wellige Stromkurve muß genau in zwei Werte geteilt werden. Jeder Impuls oberhalb eines bestimmten Niveaus wird zur Null, jeder darunter zur Eins. Da das Stromsignal schwankt, kann durchaus statt einer Eins eine Null oder umgekehrt gespeichert werden" = Hendrik Kafsack, Eine digitale Zeitbombe. Ein Kampf gegen das Vergessen: Auch elektronische Datenträger sind nicht für die Ewigkeit gemacht, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 174 v. 30. Juli 2001, 9

- steht das Katastrophale den Sendetechniken am nächsten, medienarchäologisch vernommen. In den USA unterstützten Radio-Amateure das U.S. Army Signal Corps gerade dann, wenn durch Naturkatastrophen die Standleitungen der Stromzufuhr und der

Telekommunikation (Telephon und Telegraph) zusammenbrachen - und das speicherlose Radio in seiner Verwiesenheit auf Strombatterien ("storage batteries [...] in order to maintain communication") dennoch an Speicher - auf operativer Ebene - erinnert wird; Talley, The Army's Amateur, in: Radio News 12 (April 1931), 892- 894, 925 u. 931 (925); state of emergency überträgt sich auch auf das Fernsehen. 1963 vergleicht Max Egly das „lächerlich kleine<s>, graue<s> Bild“ des noch-s/w-Fernsehens mit dem etablierten Konkurrenten Kinofarbfilm auf Breitleinwand; (be)im Fernsehen „muß man immer darauf gefaßt sein, daß es plötzlich verschwindet oder zu einem Punkt zusammenschnellt“ - wie das magische Auge bei der Peilung von Radiosendern, quasi Radar. Wobei der Ton im Fernsehen - und hier ist die ästhetische Trennung von Klang und Bild eine Funktion ihrer technischen Übertragungskanäle - auch bei mangelhafter Bildqualität „fast so gut wie Radio“ ist. Anders die Verzerrungen der Lichtpunkte: "Ein Flimmern läuft über verzerrte Gesichter, in die Länge oder Breite gezogen oder zusammengepreßt. Wenn ein Moped draußen vorbeifährt, geht ein Flackern über den Bildschirm, begleitet von einem eigenartigen Geräusch. [...] Die gegebenen Größen im Raum werden nicht mehr berücksichtigt. Eine gerade Linie wird gekrümmt, ein Kreis zur Ellipse verzerrt. Wie oft haben wir Pianisten auf kreisförmig verzerrten Klavieren spielen sehen?" = Egly 1963: 7

- gerade die Störungen (*breakdowns*), welche das Wesen einer technologischen Praxis enthüllen; TV war ein Funkmedium; Lob der schlechten Tonaufnahme: bewirkt andere Höranstrengung; das *kalte Medium* (nach McLuhan) erzwingt zunächst noch aktive Zuschauerpartizipation nicht auf inhaltistischer, sondern medienarchäologisch „interaktiver“ Ebene

- Video John Hawk, Signal to Noise (USA 1998)

- nachrichtentechnischer Informationsbegriff sucht zwischen Sender-Kodierung und Empfänger-Dekodierung die Transformation, nämlich das Rauschen gegenüber den Signalen (nicht: Zeichen), auszufiltern; tritt statistische Wahrscheinlichkeit an die Stelle der Opposition zwischen Medium und Form

- zu Rauschen kein Zugangscode; das Unarchivische an sich; möglicherweise dort, wo vorher Rauschen war, später eine Nachricht vorliegend

- Kippmoment, wo aus Rauschen plötzlich Botschaft identifizierbar wird; Foucault, "Botschaft oder Rauschen"; dieser Effekt digital nicht mehr möglich, wo nur noch Sendung, nicht das Dazwischen angewählt werden kann (die ganze Differenz zwischen physikalisch kontinuierlichen und digital logischen System)

- betreiben technische *breakdowns* veritable Medienarchäologie; entbirgt sich das Wesen der Technik im Moment des Versagens; die Zuhandenheit des Werkzeugs manifestiert sich erst im Moment ihrer Abwesenheit. "Die Modi der Auffälligkeit, Aufdringlichkeit und Aufsässigkeit haben die Funktion, am Zuhandenen den Charakter der Vorhandenheit zum Vorschein zu bringen" = Martin Heidegger 1927 / 1931: 74

- systemtheoretische Interferenzen von *communication + errors by technical causes* und *communication + error by human causes*

- ist eine "Störung [...] immer nur relativ zu einem Standard, wie wir ihn setzen" = Christoph Hubig, Mittel oder Medium? Technische Weltgestaltung und ihre verkürzten Theorien, in: Jahrbuch 4 (Thema: Entwerfen) der HdBK Braunschweig, Köln (Salon) 2000, 71-83 (71), auf technischer wie diskursiver Ebene

### **Rauschen, Nachrichtentechnisch und systemtheoretisch (Shannon / Weaver / Luhmann)**

- "Zu den wichtigsten Leistungen der Kommunikation gehört die Sensibilisierung des Systems für Zufälle, für Störungen, für "noise" aller Art. [...] Man kann dann unterscheiden, ob die Störungen im Kommunikationsprozeß selbst auftreten, zum Beispiel als Druckfehler (der Begriff gibt Sinnlosem Sinn, man kann Druckfehler erkennen und beseitigen); oder ob sie in den Themen und Beiträgen der Kommunikation zu suchen sind, so da man sie nicht einfach technisch korrigieren kann, sondern ihre Gründe ermitteln muß" = Luhmann 1988: 237; formiert sich "die Differenz von Sinn und Welt als Differenz von Ordnung und Störung, von Information und Rauschen"; Luhmann 1988: 122; Luhmann leider weiter: "Auf die technischen Probleme einer solchen Codierung gehen wir nicht näher ein" <ebd.>

- hat Richard Dawkins Begriff des *Mem* als einen erfolgreichen Parasiten definiert, der sich nicht nur in menschlichen Gehirnen, sondern auch Reproduktionsmedien einnistet und somit überträgt = Rötzer 1998: 171

- "Ereignisse müssen nun in codierte und nichtcodierte unterschieden werden. Codierte Ereignisse wirken im Kommunikationsprozeß als Information, nichtcodierte als Störung (Rauschen, noise). Die Codierung muß als operative Vereinheitlichung von Information und Mitteilung durch Alter und Ego gleichsinnig gehandhabt werden. Das erfordert eine dafür ausreichende Standardisierung - auch dies ein Unterschied zur Umgebung [...]. (Artikulierte Rede stört den, der nicht angesprochen ist, mehr als bloße Geräusche)" = Luhmann 1988: 197

### **Rauschen, Nachrichtentheoretisch (Shannon)**

- Störung und Rauschen auf der Ebene von Signalen; werden Signale als Zeichen gedeutet, also semantisiert resp. referentialisiert, gehören sie bereits der ästhetischen Ordnung an - eine Kulturtechnik zur Verwandlung von Rauschen in Sinn; Eco "Signal vs. Sinn"

- "Da der Empfänger eines Signals im weiteren Verlauf der historischen Übermittlung dessen Sender wird, können wir Empfänger und Sender beide unter dem Oberbegriff „Relais“ oder Schaltstation fassen. Jedes Relais ist die Ursache für eine bestimmte Deformation des ursprünglichen Signals" = Georg Kubler, Die Form der Zeit. Anmerkungen zur Geschichte der Dinge, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1982, 57 f.; läßt sich die Nachrichtentheorie der Kommunikation, die für raumgreifende Prozesse gemeint war, modifiziert auf den Prozess kultureller Tradition übertragen; das, was der Historiker Arnold Esch hermeneutisch einmal als *Überlieferungs-Chance* zu fassen suchte, mathematisch so formulieren:  $E = f(S, N)$ ; ergänzen die temporale Dimension, welche dem medialen Kanal zur Seite steht, als Oxymoron des stummen Geräuschs:  $E = f(S, N, t)$ . "Somit gleichen Quellen in Bezug auf die von ihnen repräsentierten Handlungen Telegrammen, die auf dem Übermittlungsweg gestört wurden" = Hüttenberger 1992: 265

- „Im Grunde besteht [...] zwischen *Störung* und *Signal* kein Unterschied: er wird erst durch einen intentionalen Akt gesetzt" = Umberto Eco, Das offene Kunstwerk, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 5. Aufl. 1990 [\*ital. 1962], 130, unter Bezug auf Abraham Moles; gibt es in der Musik nicht nur das akustische, sondern auch ein *kulturelles Rauschen*: die Abweichung gegenüber kulturell erworbenen Assimilationsschemata läßt Rauschen empfinden, etwa in der zeitgenössischen Musik, welche die Redundanz der klassischen Stile bis zur Asignifikanz eliminiert = ebd., 144 f., unter Bezug auf Leonard B. Meyer, Meaning in Music and Information Theory, in: Journal of Aesthetics and Art Criticism, Juni 1957

*Elektronik / Elektronische "Medien":*

ELEKTROMAGNETISMUS, ELEKTR(ON)IK

### **Photo- und Kinematographie des elektrifizierten Moments**

- buchstäblich Kurzschluß von Elektrizität und Chronophotographie: Ernst Mach, Geschoßphotographie; selbstauslösende Maschinen; abgeschossene Gewehrkugel löst in Versuchsanordnung den Funken aus einer Batterie *selbst* aus, indem sie zwei mit Glasröhrchen bedeckte Drähte passiert und dabei das Glas zerstört; Funke springt gleichzeitig hinter der Kugel über und dient so zur extrem kurzen Beleuchtung des Vorgangs. Später wird die visuelle Störung der Drähte vermieden, indem der Luftdruck der Kugel selbst den Beleuchtungsfunken auslöst, so daß

ein Verschlußmechanismus der Kamera überflüssig wird; Wolfgang Baier, Quellendarstellung zur Geschichte der Fotografie, Halle 1964; Ernst Mach, Populärwissenschaftliche Vorlesungen, Leipzig 1923; Christoph Hoffmann, Mach-Werke. Ernst Mach und Peter Salcher: Photographische Fixierung der durch Projektilen in der Luft eingeleiteten Vorgänge (1887), in: Fotogeschichte Bd. 60 (1996), 6 ff.

- Shelley, *Frankenstein*; Cinématographe "gestattet den Wissenschaftlern und Künstlern nicht nur, die aufgenommenen Phänomene wiederherzustellen, sondern auch, sie nach Belieben zu untersuchen und sie wieder so zusammensetzen; "daß die verschiedenen Phasen dauern, so lange sie es wünschen. [...] nach den Worten von / Fontenelle, *die Natur auf frischer Tat zu ertappen*" = F. Bonfante, in: Le Génie moderne Nr. 10 (Paris) v. 1. März 1896, zitiert u. übers. in: Cinématographe Lumière 1895/1896, hg. WDR Köln (Redaktion: Werner Dütsch) 1995, 33 u. 35; Maxim Gorkis Einspruch nach Filmvorführung in Nishnij-Nówgorod: "Es ist kein Leben, nur sein Schatten, es ist keine Bewegung, nur deren lautloses Gespenst" = A. P-w (für Alexej Peschkow, i. e. Maxim Gorki), in: Odesskie Nowosti Nr. 3681 (1896), zitiert u. übers. in: Cinématographe Lumière 1895/1896, hg. WDR Köln (Redaktion: Werner Dütsch) 1995, 51 Film vollzieht *post-mortem*-Lebenseffekte im Sinne der Physiologie-Experimente; Menschen im Film: "leiblos, obwohl ihre Bewegungen voll lebendiger Energie sind [...]. Ihr Lachen ist klanglos, obwohl Sie sehen, wie sich die Muskeln in ihren grauen Gesichtern zusammenziehen" = Gorki zitiert ebd., 52 - im Sinne von Duchenne de Boulognes Gesichts-Elektrophysiologie; Elektrifizierung des Körpers in *Frankensteins Braut*

- (Edison-)Glühbirne, wie sie infolge der EU-Gesetzgebung inzwischen schon musealisiert ist; Original-Karikatur als Umschlagmotiv von McLuhan 1964: leuchtende Glühbirne; das von McLuhan diagnostizierte Licht der Glühbirne als "reine Information" mit der wohldefinierten Informationstheorie (Morse- bzw. binärer Code "an" / "aus") tatsächlich verschränkt. Edison nämlich ließ den sogenannten Edison-Effekt als Nebeneffekt seiner Versuche zur Verbesserung der Leuchtzeit von Glühbirnen patentieren, nicht ahnend, daß er damit die Elektronenröhre vorwegnahm - die von Fleming kurz darauf entdeckte Diode, die in ihrer Fortentwicklung zur Triode durch Lee deForest dann die Elektronik als intelligenter Stromsteuerung begründete.

- elektrische Glühbirne / elektronische Photozelle; Edisons eben erfundene elektrische Glühbirne Bedingung für Filmprojektion, aber keine elektrische Nachrichtentechnik. Photozelle induziert den Übergang vom Stummfilm zum Tonfilm

- von Rieck beschriebener *Meßkineautograph*; dazu Friedrich von Zglinicki, Der Weg des Films. Textband, Hildesheim / New York (Olms) 1979, 171 ff

- Geschloßphotographie: "To film the bullet penetrating a soap bubble, <Lucien> Bull <1904> altered a cinema camera, constructing a stereoscopic slow-motion system that could take more than two thousand images per second. A roll of film fifty-four images in length was wrapped around the drum of the camera and exposed, during its rapid and continuous movement, by the illumination of an electric spark that flared intermittently for about 1/2.000.000 of a second" = Cartwright 1992: 146; Film André Deutsch, *Film ist*; der elektrische Funke, selbst Bedingung für die Hervorbringung von Bildern ultraschneller Energie

### **Verdinglichte Elektronik (Fokus Vakuumröhre)**

- Elektronenbeugungsröhre funktionsähnlich zu Braunscher Röhre; auf Leuchtschirm ein Ringmuster als Hinweis auf Wellennatur des Elektrons

- Epoche technologischer Medien nicht schlicht die der Elektrizität (McLuhan), sondern der Elektronik, definiert durch die bewußte Steuerung des freien Elektronenflugs im luftleeren Raum. Verdinglicht ist diese Epoche im Artefakt der Elektronenröhre und ihren diversen Manifestationen, insofern sie einerseits in technischen Grundlagen präzise faßbar ist und andererseits Modellbildend für die Episteme der Elektronik selbst ist. Heinrich Barkhausens klassisches Lehrbuch schreibt das We(i)sen der Elektronenröhre einerseits in präzisen mathematischen Gleichungen an, andererseits in Begriffen, welche diese mithin zeitkritischen Ereignisse im Hochvakuum (deren Grenze einerseits in quantenmechanischen Vorgängen, andererseits in der klassischen Makrophysik liegen) als dramatischen Mikrokosmos, als Weltgeschehen nach eigenem Recht beschreibt, in der die Elektronen "hinüberfliegen" wie kleinste Individuen und deren Schwingungen in ihrer "Resonanz" eine mikrokosmische Sphärenmusik induzieren; in diesen Momenten läßt sich die medienepistemische Implikation fassen. Zufällig anhand der Glühlampe entdeckt ("Edison-Effekt"), wird die Elektronenröhre zunächst als Verstärkerelement in der Telephonie eingesetzt ("Lieben-Röhre"), dann mit Rückkopplung für Radiosendung und -empfang begabt ("Audion-Röhre"); andererseits ihr Einsatz als zeitkritisches Meßmedium in Form der Braunschen Röhre (Kathodenstrahlröhre, später Fernsehen); schließlich die Funktion der Elektronenröhren für ultrakurze Speicherprozesse in frühen Computern (die Schaltgeschwindigkeit der Elektrizität selbst). Von Albert Einstein bis über Norbert Wiener hat die Elektronenröhre auch hochtheoretische Reflexion erfahren, die es auf ihre medientheoretischen Punkte hin zu konkretisieren gilt.

- Thematisierung einer speziellen "Hypertelie" (Simondon) der Elektronenröhre, die Bildröhre, getragen von der Dramaturgie und Melancholie einer zuende gehenden Epoche: Das Massenmedium Fernsehen heißt nicht mehr "in die Röhre gucken", sondern

Anverwandlung an die Plasmabildschirm-Ästhetik des Computers, einhergehend und gleichzeitig quer zur "Digitalisierung" der Bildröhre; Franz Pichler, 100 Jahre Braunsche Röhre. Ein Jubiläum für einen Interfacebaustein, in: PLUS LUCIS 2/97, 14-16

## Die Elektrizität

- werden Bilder der Energie zu Strömen (*le courant*), von gr. *elektron* für Silberkupfer-Legierung

- Begriff Elektrizität bei Goethe bezogen auf natürliche oder experimentell (Elektrisiermaschine, Vorrichtung zur Erzeugung von Reibungselektrizität) herbeigeführte <Geisterbeschwörung> Phänomene: Wolkenmassen / Gewitter, Blitz; Zitteraal („Elektrisierfisch“); elektrisches Licht nachts beobachtbar am Himmel; metaphorisch: „Der Tag ist nichts weniger als elektrisch“ (an Charlotte vom Stein). „Für uns ist daher die Maschine <sc. Elektrisiermaschine> nur da, um die Erscheinungen auffallender zu machen.“ / „Alle unsere Erkenntnis ist symbolisch. Eins ist das Symbol vom andern: die magnetischen Erscheinungen Symbol der elektrischen, zugleich dasselbe und zugleich ein Symbol der andern“ = Goethe-Wörterbuch, hg. v. d. (vormal.) Akademie der Wissenschaften der DDR, d. AdWen in Göttingen u. d. Heidelberg AdWen, 3. Bd., 1. Lieferung, Stuttgart / Berlin / Köln (Kohlhammer) 1991, Eintrag „elektrisch“ und „Elektrizität“

- Myograph zur Aufzeichnung der durch elektrische Reize ausgelösten Bewegung eines Muskels, in: Marey 1868, aus: Giedion 1882: 37  
Wilhelm Reich hat in seinen Versuchen zur Bionik eine spezielle Mikrofilmapparatur für die Aufzeichnung seiner Laborexperimente unter dem Mikroskop konstruiert, die etwa mit Hilfe eines rückgekoppelten Motors eine zweifache Raffung der Bewegung ermöglichte; so "gelang auch die Filmung von Gebilden, die nicht allzustark bewegt waren" = Reich 1995: 17, etwa für einen Film des Präparats "Vorstufen des Lebens, dargestellt an quellender Erde". Die Veröffentlichung zeigt die "Schaltung des großen Zeitrafferapparates" <ebd., 23>, mithin also die Kybernetisierung der Archivierung von vitalen Prozessen; für elektrische Potentialmessungen Oszillograph verwendet - eine Fortschreibung von Jules-Étienne Mareys apparativer *methode graphique* zur Aufzeichnung von Lebensvorgängen

- hat der Elektro-Physiologe Duchenne de Boulogne in seiner 1862er Publikation *Mécanisme de la physiognomie humaine* das Phantasma des sich selbst aufzeichnenden Lebens beschrieben: "Die örtliche Elektrisierung [...] erlaubt mir, die kleinsten Strahlungen der Muskeln unter dem Instrument sich abzeichnen (se dessiner) zu sehen. Die Kontraktion der Muskeln enthüllt ihre Richtung und Lage besser als es das Skalpell des Anatomen je könnte" = zitiert u. übers. in: Hans-

Christian von Herrmann / Bernhard Siegert, Beseelte Statuen - zuckende Leichen. Medien der Verlebendigung vor und nach Guillaume Benjamin Duchenne, in: Kaleidoskopien. Jahrbuch des Instituts für Theaterwissenschaften der Universität Leipzig, Jg. 3: Körperinformationen, Institut für Buchkunst Leipzig 2000, 65-99 (92)

- ist das virtuelle Labor an die Stelle solcher Versuche am Lebendigen getreten; "da lässt sich ein Frosch namens Fluffy drehen und wenden und nach Belieben zerlegen". Statt des Elektrizität/Organ-Verbunds zuckt der *v-* oder *Compufrog* nun im reinen Raum der digitalen Kalkulation = Burkhard Strassmann, Frösche mit der Maus retten, in: Die Zeit Nr. 1 v. 28. Dezember 2000: 58, unter Bezug auf: [www.george.lbl.gov/vfrog](http://www.george.lbl.gov/vfrog) (Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California), und das Morphologieprogramm *Compufrog* ([www.kmr.net/bluecross](http://www.kmr.net/bluecross)); läuft Sprache der Elektrik nur noch scheinbar über Bild oder Schrift.

„Gleichermaßen auf beide verzichtet die Informatik" = Gilles Deleuze / Félix Guattari, *Anti-Ödipus. Kapitalismus und Schizophrenie*, Frankfurt / M. (Suhrkamp), 6. Aufl. 1992, 310

- Dubois-Raymond; „virtuelles Labor“ (Sven Dierig) aus MPI für Wissenschaftsgeschichte; das Medium der Darstellung - der elektr(on)ische Mouse-Klick - konvergiert hier mit dem Dargestellten, der Elektrizität: Operation des Realen

- macht Faraday magnetische Kraftlinien im Raum sichtbar: Eisenfeilicht auf glatter Unterlage „zeichnet sie ab" = Emil Cohn, Faraday und Maxwell, Berlin (VDI) 1932, 10; Art Direktkopie der physischen Energie, Selbstzeichnung; Abb.: Kraftlinien eines Stabmagneten. Nach Faraday, in: Cohn 1932: 10

- schreibt Maxwell im Vorwort zu *Faradays Kraftlinien* (1855), daß an die Stelle von Anschauung mathematische Symbole treten, die Form der Gleichungen: "Als ich im Studium Faradays <sc. der Elektrizität> fortschritt, bemerkte ich, daß seine Methode, die Erscheinungen zu erfassen, auch eine mathematische war, wenn sie auch nicht die herkömmliche Form mathematischer Symbole aufwies" = zitiert nach Cohn 1932: 20

- leichter, sich unsichtbare Engel vorzustellen als elektromagnetische Wellen zu beschreiben (Feynman)

- ist Strom aus Windkraft schadlos im Sinne nachhaltiger Energiegewinnung; tatsächlich aber Erhöhung der thermodynamischen Entropie. Die eigentliche Medienbotschaft aber ist die Wandlung (*transducer*) in kulturelle Steuerbarkeit, mithin die Privilegierung der Elektrizität als Bedingung von Elektronik; obsiegt damit die Logik der Schaltung

## Elektrizität zwischen Energie und Information

- "Elektrisches Licht ist reine Information. Es ist gewissermaßen ein Medium ohne Botschaft, wenn es nicht gerade dazu verwendet wird, einen Werbetext Buchstabe um Buchstabe auszustrahlen" = McLuhan 1968; dazwischen Verwendung von Licht / Photonen als Träger von Informationen, kodiert zu *bits*; Photon ein Quant, als Träger eines qbit, kein klassisches Teilchen mehr, sondern vielmehr ein zeitweiliger Energiezustand. 1 qbit *kohärente* Überlagerung von zwei Zuständen

- Elektrizität als Gegenstand medienwissenschaftlicher Analyse begrenzt / definiert durch Quantenphysik einerseits und reiner Energieanwendung andererseits, Kernbereich vielmehr: Elektronik, hier wird Elektrizitätsphysik Medienwissen(schaft)

- hat das besondere Wesen von Elektronen das klassische physikalische Verständnis von Medien als ponderabler Materie verunsichert. Einerseits besteht Strom „nach der Elektronentheorie“ in vertrauter Weise aus *quasi*-mechanischen Bewegungen von Elektronen gleich Molekülen im Luftstrom = Heinrich Barkhausen, Elektronen-Röhren, 1. Bd. (Elektronentheoretische Grundlagen, Verstärker), 3. Aufl. Leipzig (Hirzel) 1926, 5; "Elektronen bestehen nur aus Elektrizität; besitzen keine materielle, chemische Masse; das von ihnen erzeugte elektromagnetische Feld besitzt aber eine Trägheitswirkung, wirkt bei der Bewegung der Elektronen gerade so, als ob sie eine mechanische Masse hätten“ <ebd.>. Wird die Bewegung dieser ansonsten konstanten Masse der Lichtgeschwindigkeit angenähert, wird diese quasi-Masse größer; das elektromagnetische Feld bildet also ein Medium eigener Natur.

- Elektronen geben freiwerdende Energie als Lichtquant ab. "Auf der Glühemission von Elektronen im Vakuum [sowie deren Beschleunigung und Ablenkung durch elektrische bzw. magnetische Felder], schließlich auf der Umwandlung ihrer Energie zu Licht in einem Phosphor beruht die Wirkungsweise der *Kathodenstrahlröhre*" = Bestenreiner 1988: 247

- Nahtstelle Elektrophysik / Elektronik als Gegenstand von Medienwissenschaft: Elektronenröhre

- Blitz-Ableitung von Elektrizität in originärem Verbund mit der Option ihrer Speicherung; Leydener Flasche speichert Elektrizität; Franklin nennt seinen Plattenkondensator aus Glasplatten „elektrische Batterie“. An die Stelle des elektrischen Blitzes tritt der künstlich induzierte Funke; definiert Heidegger den elektrischen Strom, der im „Erschließen, umformen, speichern, verteilen, umschalten“ seine Weisen des Entbergens erfährt und damit zum *Gestell* / Dispositiv der (kybernetisch definierten) Medien selbst gerinnt

- 1903 Kinematographie und Elektrizität noch unverbunden: filmt Edison den Elektroschock eines Elefanten unter dem Titel *Electrocuting an Elephant*. Ein Reporter der *New York World* berichtet: „The current was turned on [...] and quick as a flash the colossal form of the elephant stiffened forward“ = zitiert in: Lisa Cartwright, „Experiments of Destruction“: Cinematic Inscriptions of Physiology, in: *Representations* 40 (1992), 129-152 (148); medienarchäologisch wird dieser Blick, wo Techniker, Instrument und Körper *elektronisch* miteinander verschaltet sind; der den Stromstoß auslösende Ingenieur wurde von der ausgelösten Strommenge selbst teilweise gelähmt; wird der Schaltkreis geschlossen, integriert

- elektrischer Kurzschluß von Erinnerung: Johann Jakob Bachofen, in *Gräbersymbolik*, zur Alternative zur philologischen, textvermittelten, buchstäblichen Annäherung an die Antike: zwei Wege zu jeder Erkenntnis, "der weitere, langsamere, mühsamere verständiger Kombination, und der kürzere, der mit der Kraft und Schnelligkeit der Elektrizität durchschritten wird, der Weg der Phantasie, welche von dem Anblick und der unmittelbaren Berührung der alten Reste angeregt, ohne Mittelglieder das Wahre wie mit einem Schlage erfasst" = zitiert hier nach: Aleida Assmann, *Frauenbilder im Männergedächtnis*, in: Strunk (Hg.) 1998: 24-65 (30)

- Voltaische Säule (Alessandro Volta im Jahre 1800); "ermöglichte dieses Instrument - eine primitive Batterie -, alles erdenkliche lebende Material elektrischen Schocks auszusetzen. [...] Die Natur war nichts anderes als eine riesige lebende Batterie. [...] Die Ladungssäule, Ritters eigene Erfindung zur Speicherung von Elektrizität, konnte, so glaubte er, die gleichen subjektiven Phänomene erzeugen wie die Voltaische Säule" = Thomas Weber, *Natur als lebende Batterie*, in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* v. 7. April 1999, im Unterschied zum Uhrwerkmodell. Aus Sicht der „Energetiker“ des 19. Jahrhunderts Maschine und Organismus völlig analog = *Katalog Essen* 1999, 223

- informationstheoretische *signal-to-noise-ratio* auch im Reich elektronischer Bilder: Terminus *visibility factor* für die minimale Energie eines Impulses, der sich noch vom Rauschen des Geräts unterscheiden läßt, 1947 von Norton und Omberg eingeführt = Thomas Müller / Peter-Michael Spangenberg, *Fern-Sehen - Radar - Krieg*, in: Martin Stingelin / Wolfgang Scherer (Hg.), *HardWar / SoftWar. Krieg und Medien 1914-1945*, München (Fink) 1991, 275-302, Anm. 71

- Fernsehwissenschaft immer auch Radarwissenschaft; wie Horst Bredekamp als Marinesoldat zur Kunstgeschichte kam: über die Vision einer Küstenlandschaft auf dem Radarbildschirm im Nebel. Kunstgeschichte damit um das Wissen technischer Bilder erweitert

- Röntgenstrahlen; *Transparentkopie* im Sinne der transparenten Röntgenbilder selbst der Hand von Frau Röntgen / mit Ring. Erst Sichtbarkeit, zufällige, macht Strahlen evident, hebt sie in den Zustand der (wahrnehmbaren) Existenz. Also eine Form von Bildern der Energie jenseits der Intention: experimentierte Physiker Wilhelm Conrad Röntgen mit elektrischen Strömen in luftleeren Glasgefäßen. "Die im Glasgefäß erzeugten Elektronenströme beobachtete er mit einem Fluoreszenzschirm, der aufleuchtete, wenn er von einem Elektronenstrahl getroffen wurde"; Bildschirm / Monitor; bemerkte er am 8. November 1895 "ein grünliches Leuchten an der Glasinnenwand und stellte fest, daß der Schirm auch außerhalb des Gefäßes, ja sogar in einiger Entfernung aufleuchtete. Da Elektronenstrahlung nur eine Reichweite von wenigen Zentimetern hat, mußte er eine neue Art von Strahlungen entdeckt haben. Schließlich stieß er auf deren bemerkenswerte Eigenschaft, das Innere von Objekten sichtbar werden zu lassen" = Informationszeitschrift der Ruhr-Universität Bochum RUBENS Juni 1999

- wird ein US-Kampfflugzeug in der einseitig verhängten Flugerbotszone im Irak vom *Sehstrahl* des feindlichen Radars getroffen, gilt dieser technische Blick als Verletzung / Angriff

- Arago 1839 der Pariser Abgeordnetenkammer die Daguerrotypie anempfiehlt, "Arago goes so far as to suggest that the photosensitive plate is, in fact, a virtual record of the forces that expose it, such as light rays or some other, unknown, force. [...] „[...] and the visibility of the air they will have to add another element, which these early instruments do not indicate.“ [...] the element imaged (light or any other form of energy) is also the direct source of the plate's exposure" = Lisa Cartwright, „Experiments of Destruction“: Cinematic Inscriptions of Physiology, in: Representations 40 (1992), 129-152 (143), unter Bezug auf: Dominique François Arago, Report (1839), in: Classic Essays on Photography, hg. v. Alan Trachtenberg, New Haven 1980, 23

- hat Wilhelm Reich in seinem Laboratorium in Oslo zur Messung der elektrischen Dauerladung der Oberfläche der erogenen Zonen des menschlichen Körpers "einen Spannungsmeßapparat konstruieren lassen, der im wesentlichen aus einer Elektronenröhre, die in einen Stromkreis eingeschaltet ist, und aus einem Oszillographen besteht. Bilder der (sexuellen) Energie: "Die durch den Lichtstrahl des Oszillographen auf einem Film erzeugten Spuren drücken direkt den Sinn und die Amplitude sowie die Oszillationen der Entsprechenden Gefühle aus" = Mitteilung am 7. März 1937 von Prof. Roger du Teil in der Naturphilosophischen Gesellschaft in Nizza über die Arbeiten des Herrn Dr. Reich (Oslo), wiedergegeben in: Die Bionenexperimente. Zur Entstehung des Lebens, Frankfurt / M. (Zweitausendeins) 1995, 100 ff. (100 f.), basierend auf: ders., Die Bione. Zur Entstehung des vegetativen Lebens, Oslo (Sexpol) 1938 ; Film hier Registrier-, nicht Darstellungsmedium der Archive des Lebens

- "Bilderverbot der modernen Physik" = Wolfgang Hagen, Funken und Scheinbilder. Skizzen zu einer Genealogie der Elektrizität, 69-117 (86 ff.)

- kurzer Film, den die Brüder Skladanowsky 1985 erstmals als kinematographisches Ereignis auf eine Wand im Berliner Varieté Wintergarten projizierten, schien ihnen noch – ganz in der Tradition der Experimente medialer Aufzeichnung physiologischer Bewegungen – „genau das Leben in voller Natürlichkeit vermittelt der Elektrizität wiederzugeben“ = zitiert von Alexander Kissler, Phantom der Seifenoper, über eine Tagung im Haus des Dokumentarfilms in Stuttgart, in: FAZ v. 23. März 1999

- vermag der elektrische Strom vom Menschen direkt nicht wahrgenommen werden; waren in der Geschichte der Elektrotechnik alle Überlegungen zur meßtechnischen Erfassung elektrischer Größen und Erscheinungen darauf gerichtet, *Wirkungen* des elektrischen Stroms *sichtbar zu machen* und zu quantifizieren, d. h. eine möglichst eindeutige Zuordnung der *Ursache* ( $\hat{=}$  elektrische Größe oder Erscheinung) und *Wirkung* ( $\hat{=}$  Anzeige und Skalierung) zu finden = Werner Richter, Grundlagen der elektrischen Meßtechnik, 2. bearbeit. Aufl. Berlin (VEB Verlag Technik) 1988, 19

- Tendenz zur Visualisierung statt sprachlicher Beschreibung; basiert naturwissenschaftliche "Beobachtung" allerdings nicht vornehmlich auf *visus* / Gesichtssinn, sondern numerischer Messung

- Leonardo da Vinci: "Oh Schriftsteller, mit welchen Worten wirst du wohl das gesamte Gebilde hier ebenso vollkommen beschreiben, wie es die Zeichnung tut? [...] du sollst dich nur mit den Worten einlassen, um mit den Blinden zu sprechen" = zitiert nach: André Chastel (Hg.), Leonardo da Vinci. Sämtliche Gemälde und die Schriften zur Malerei, München (Schirmer u. Mosel) 1990

---

- schlafende Energie / Latenz

- Austauschbarkeit optischer und akustischer Information; Elektroschocks

- Direktanschluß der Wahrnehmung an die elektronischen Vorgänge *qua* minimaler Elektroschocks; frühe Versuche zur physiologischen Messung von Zuschauer-Reaktionen auf Filme im Kino (*suspense*-Momente) - die Kehrseite des physiologischen Einsatzes von Film selbst als Meßinstrument

- *monitoring* eines Kraftwerks heißt Schaltung: elektrotechnische Anlagen in Kraftwerk Vockerode "sehr übersichtlich angeordnet, gut überschaubar", mithin panoptisch (Bentham) "und damit auch

übersichtlich im Herzen des Kraftwerkes, der Schaltzentrale (Schaltwarte) als Abbild darstellbar" = Klaus Bebbler, Kraftwerk zum Erleben. Wissenswertes und Kurioses. Eine Reise durch das Kraftwerk an der Elbe, 38

- vereinfachte Darstellung der Schaltzustände im Kraftwerk durch sogenannte Blindschaltbilder = Klaus Bebbler, Kraftwerk zum Erleben. Wissenswertes und Kurioses. Eine Reise durch das Kraftwerk <sc. Vockerode> an der Elbe, 44; ließ den Schaltzustand der in - und außer - Betrieb-, sowie der sich in Reparatur befindlichen Maschinen, Freileitungen und Eigenbedarfsanlagen erkennen: Kontrolle, Überwachung, Betriebsaufschreibungen; Durchführung von Schalthandlungen an den Generatoren (Synchronisieren), Freileitungen und Eigenbedarfsanlagen; Zählerablesungen

- Abbild der Energie: Kopplung von Energie und Schaltung und Leitung (Intranet des Kraftwerks, Internet der Stromversorgung, die heute - tatsächlich - nicht mehr nur zur Energie, sondern auch Informationsversorgung genutzt; beides läuft über *Strom*

- "Elektromechanische, später elektronische 'Gehirne' dachten mit, heutzutage computertechnische Überwachung am Bildschirm und Steuerung mit der 'Maus'. Alles funktionierte entsprechend dem Stand der Technik" = Klaus Bebbler, Kraftwerk zum Erleben. Wissenswertes und Kurioses. Eine Reise durch das Kraftwerk <sc. Vockerode> an der Elbe, 44

- "Die Elektronik hielt Einzug, damit die verstärkte Automatisierung [...]. Ein gutes Gemisch aus älteren, erfahrenen „Starkstromern“ und jungen schlauen Elektronikern im „fahrenden Betrieb“ und im Reparaturbereich entsprach diesen Anforderungen" = Klaus Bebbler, Kraftwerk zum Erleben. Wissenswertes und Kurioses. Eine Reise durch das Kraftwerk an der Elbe, 45

- Meß-, nicht *Bild*wiedergabeinstrument; die von Ferdinand Braun im Zuge der 1896 entdeckten Röntgen-Strahlen entwickelte Kathodenstrahlröhre „hatte einzig den Zweck, ein schnell reagierendes Anzeige- und Beobachtungsinstrument für Schwingungsvorgänge zu sein, um die Kurvenform von Wechselströmen aufzeichnen zu können" = Heide Riedel, Fernsehen - Von der Vision zum Programm. 50 Jahre Programmdienst in Deutschland, hg. v. Deutsches Rundfunk-Museum e. V. Berlin 1985, 59

- Telegraphie / Nervensystem: Kapitel VIII „Der elektromagnetische Telegraph“ in of Ernst Kapp´s *Grundlinien einer Philosophie der Technik. Zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten*, Braunschweig 1877, 139-154: "Parallelisierung von Telegraphensystem und Nervensystem seitens der Wissenschaft. Die Nerven sind

Kabeleinrichtungen“ = Inhaltsverzeichnis, xi; Schrebers Schreibvisionen als Kabelanschluß seiner Psyche

- diskursive Emphase auf "erneuerbarer Energie"; e-Energie umweltfreundlich, obsiegt indes damit deren eigentliche Medienbotschaft: das elektronische Dispositiv; konvergieren Energie (Strom) und Elektronik im "E-Mobil"; Scheinheiligkeit, in umweltfreundlichem Leben dennoch Mobiltelefonie in Anspruch zu nehmen; emergiert unter der Hand die Medienökologie der Elektro-Informatik / der Datensphäre; Forderung "decarbonize" von daher mit "decomputerize" korrelieren? McLuhan auf der Spur einer Medienökonomie im buchstäblichen Sinne; ist der politische Diskurs zur Erreichung eines CO<sub>2</sub>-neutralen Klimas orientiert an "wissenschaftlichen" Daten, die ihrerseits aus Messmedien (Infrarot-Sensoren) resultieren

- ist 2020 / 21 der Coronapandemie-induzierte technologische "Digitalisierungsschub" (Home Office etwa, und Online-Handel) die Generalprobe respektive das Vorbeben / die Vorahnung, oder die Eintrainierung, einer umso massiveren *gouvernementalité* (also technologischen Kybernetisierung) im Namen von Klimawandel und Umweltschutz

- entspringt Begriff des "Ökosystems" aus einer elektrotechnischen Modellierung von Prozessen der Welt / Natur als Mechanik in Form von Energiefluß-Diagrammen (jeweils symbolisch "geerdet"); kehrt diese technische *epistémé* in Form der Simulation solcher Prozesse durch Analogcomputer wieder ein = H. T. Odum, An energy circuit language for ecological and social systems: its physical basis, in: B. C. Patten (ed.), Systems Analysis and Simulation in Ecology, vol. II, New York, NY (Academic Press) 1972, 139-211

- "Medienökologie" in Zeiten von *cloud computing*

## **Energiespeicher (Akkus, Batterien)**

- verbrauchen Primärbatterien zu ihrer Herstellung 40- bis 500mal mehr Energie als sie bei der Nutzung zur Verfügung stellen. Wird Erstaufladung eines Nickel-Cadmium-Akkus auf einem Pegel abgebrochen, bevor sie einen optimalen Entladezustand erreicht haben, wirkt der sog. Memory-Effekt: Akku *merkt* sich diesen Ladepegel und kann dann durch Wiederaufladen niemals wieder seine volle Kapazität erreichen. „Auch durch Tiefentladung werden Akkus dauerhaft ruiniert“ = Paraphe *a/o*, Welcher Energielieferant für welchen Zweck?, in: MM <Mieter-Mitteilungen Berlin> 10/98, 7

- 2012 bietet VARTA für sonnenenergetisch stromversorgte Haushalte Pufferspeicher als Lithium-Ionen-Batterie (in auswechselbaren Modulen)

an, welche eine Verzeitlichung des Stroms erlaubt (kombiniert mit "intelligenten" Strommeßgeräten für Nutzung günstiger Strompreismomente sowie intelligenter Schalter / *smart grids*); Ausgleich zwischen Überangebot und Mangel an natürlichem Strom pro Tag/Jahreszeit finden

- kommt das Gedächtnis ins Spiel, wo Materie an Messung gekoppelt wird; Messungen keine harmlosen Eingriffe; weist ein System, in welchem Messungen vorkommen, "eine Art Erinnerungsvermögen auf, in dem Sinne, daß man an dem Zustandsparameter  $y$  erkennen kann, was für einen Wert ein anderer Zustandsparameter  $x$  zu einem früheren Zeitpunkt gehabt hat" = L. Szilard, Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen, in: Zeitschrift für Physik (1929), 840-856 (842)

- Joseph Beuys' *Capri-Batterie*; Glühbirne das selbstverständlichste „Bild“ der Energie, ihre Sichtbarmachung als Funktion, nicht Allegorie. „Die größtmögliche Geschwindigkeit, mit der Signale übertragen werden können, <ist> die Lichtgeschwindigkeit“ = Norbert Fichtner, Informationsspeicherung. Technik, Theorie, Weltanschauung, Berlin (Akademie) 1977, 107; die „nicht überschreitbare obere Grenze“ für die „Fortpflanzung von Energie“; „die größte mögliche `Signalgeschwindigkeit´. Denn ein Signal, eine `Nachricht´, kann natürlich nur durch Übertragung von Energie (eines bewegten Körpers oder irgend einer Strahlung) von einem Ort nach einem anderen gelangen“ = Wilhelm H. Westphal, Die Relativitätstheorie, Stuttgart (Kosmos) 1955, 31

## **„Schlafende“ Energie(reserven): speichertechnisch**

- technische Speicher; die Lochkarte; mit der Hollerith-Maschine Speicher nicht mehr Funktion von Energie, sondern von Information

- "Der Begriff des Speichers, technisch genommen, umfaßte bisher Vorrichtungen, denen Energie in irgendeiner Form zugeführt wurde, und aus denen diese Energie im Augenblick des Gebrauchs wieder abgeleitet wurde <Problem der ersten Magnetspeicher: bei Abruf wurde Gedächtnis $bit$  gelöscht>. In letzter Zeit hat man aber den Begriff des Speichers erweitert und wendet ihn auch für Apparaturen an, die nicht `Energien´, sondern `Vorgänge´ allgemein technischer Art sammeln und festhalten können, um sie im gegebenen Moment wieder zu reproduzieren. Es handelt sich hierbei zwar auch um Energien, aber sie sind so klein, daß ihr Speicher als Kraftquelle nicht mehr in Frage kommt. Der Begriff der gesammelten Energie tritt in den Hintergrund, der eines fixierbaren und reproduktionsfähigen Vorganges in den Vordergrund <Kybernetik, Organisationswissenschaft statt Energie / Mechanik>. Und Speicher in diesem Sinne sind nun tatsächlich die Schallplatte, der

Tonfilmstreifen, ferner noch der magnetisierte Draht bei einem neuen Tonaufzeichnungsverfahren <BASF / Tonband?> und die Notenrolle des mechanischen Klaviers <vgl. Webstuhl Jaquart>. [...] In der Notenrolle haben wir bereits als Element der Speicherung die Lochung eines Papierstreifens. Dasselbe gilt für die Speicherung von Morsezeichen in Lochstreifen bei der Maschinentelegraphie" = Festschrift zur 25-Jahrfeier der Deutschen Hollerith Maschinen Gesellschaft, Berlin 1935, Kapitel „Die Lochkarte als Träger des Hollerith-Verfahrens“, 83 ff. (84)

## **Licht, Lichttürme, Leipziger *Lichtwochen*, Palais d'Électricité Paris 1900**

- Schivelbusch am Beispiel der "Lichttürme" in Großstädten des 19. Jahrhunderts: infrastrukturelle Agenturen, deren Selbstsymbolisierung über ihre reale Funktionalität hinausweist. "Wenn die Möglichkeiten, die eine neue Technik offeriert, bis zur letzten Konsequenz verfolgt werden, entsteht oft etwas, das wir als *technischen Monumentalismus* bezeichnen wollen, im Unterschied zur *praktischen* Anwendung einer Technik. [...] (Die Grenzen zur Kunst verwischen sich dabei, wie der Eiffelturm zeigt.)" = Wolfgang Schivelbusch, *Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert*, Frankfurt / M. (Fischer) 1983, 124; demgegenüber machen Lichttürme in den Vereinigten Staaten "nicht den geringsten ästhetischen Anspruch. Es sind häßliche Gebilde aus Eisen, deren einziger Grundsatz darin besteht, nützlich zu sein" = *The Electrical Engineer* (London), Februar 1885, 129, nach Schivelbusch, 124

- Konkurrenz zum schließlich realisierten Eiffel-Turm im Wettbewerb um ein monumentales Wahrzeichen der Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 Entwurf eines Tour Soleil, Lichtturm des Elektroingenieurs Sébillot. "Der Sockel, der mit seiner Höhe von 66 Metern allein schon einen Monumentalbau darstellte, sollte ein Museum der Elektrizität aufnehmen, die Spitze eine Aussichtsplattform [...]. Dazwischen, im Schaft der Säule, lagen die Aufzüge sowie `ein absolut leerer Zylinder [...] für alle denkbaren wissenschaftlichen Experimente, wie `freier Fall von Körpern, Kompression von Gas und Dampf, Foucault-Pendel usw.'" = Schivelbusch, 124, unter Verwendung der *Mémoires et compte rend des travaux*, Jahr 1885, der Société des ingénieurs civils de France, Bd. 1, 71

- vom Trauma der 1848er Revolution (Bedrohung von Gaswerken) geprägte Furcht, "daß der Sonnenturm einmal zum Angriffsziel von Rebellen werden könnte, die sich seiner anstatt des Rathauses bemächtigen würden. Für diesen Fall wäre eine Festung notwendig, um den Turm zu verteidigen" = ebd., 639, zitiert nach Schivelbusch, 128; schlägt der Diskurs von *ingénieurs civils* in einen paramilitärischen um. Die Verkehrbarkeit infrastruktureller Agenturen in solche des Kriegs ist - unbewußt oder geplant - immer schon angelegt.

- Pariser Weltausstellung wartet 1900 mit dem *Palais d'Électricité* auf. Die Dynamos und Dampfmaschinen zur Stromerzeugung stehen hier in einer Weise, welche die Maschinizität als Dispositiv von Stromerzeugung nicht mehr ausstellt, sondern ästhetisch (ver-)birgt; erst so wird Infrastruktur selbst denkmalfähig: „keine Spur mehr von den Transmissionsriemen, die noch in der Ausstellung von 1889 jede einzelne Arbeitsmaschine mit einer eigenen Dampfmaschine verbunden hatten“ = Iris Kronauer, Es werde Licht!, in: Die Zeit v. 25. Mai 2000, 76; anwesender Designer und Architekt Henry van de Velde schwärmt angesichts solcher Geräuschlosigkeit von den Dynamos als „Verkörperung moderner Schönheit“ = zitiert ebd. - ein Unsichtbarwerden des Apparats (Dissimulation der IS), auf dem auch der Bildeffekt des aufkommenden, ebendort ausgestellten und zur Vorführung kommenden Kinos beruht

- 27. Oktober bis 1. November 1928 veranstaltete Leipziger Verkehrs-Verein die "Leipziger Woche", zu der die städtischen Technische Werke (nach einem Vorbild der Messe-Schwesterstadt Frankfurt / M.) das "Lichtfest" inszenierten, die Bestrahlung repräsentativer Gebäude und Plätze. Am 19. September 1701 bereits hatte der sächsische Landesvater August der Starke verfügt, daß auch Leipzig, "wie in anderen ansehnlichen Städten, zur Verhütung allerhand nächtlicher inconvenientien [sic] und zu mehr Zierat [ÖL-]Laternen gesetzt und bei Nachtzeit angezündet würden" = zitiert nach Heidi Mühlenberg, "Hundertfünfzigjährig und wieder ganz am Anfang: Die Stadtwerke", in: Leipziger Blätter 22, Frühjahr 1992, 94-99

- 1838 geht in Leipzig die Gasbeleuchtungsanstalt in Betrieb; 1895 das erste Leipziger Elektrizitätswerk. Mit dem Leipziger Gasometer kommt "eines der mächtigsten Industriesymbole im 19. Jahrhunderts" (Schivelbusch) ins Spiel; diesen Bau nicht symbolisch, sondern in seiner *facies technica* konfrontieren, als reale Speicheragentur der Gasanstalt jenseits seiner Wahrnehmung im Rahmen von kulturellem Gedächtnis

## **Von der gespeicherten Energie zur Information**

- "Geschichte insgesamt [...] die Wissenschaft von allem, was in der Zeit abläuft, von den wechselnden Zuständen einer elektrischen Entladung, die in einer Tausendstelsekunde abläuft, bis zu den Jahrmillionen erfordernden Wandlungen der himmlischen Sternsysteme" = Nachlaß WILHELM OSTWALD. Wilhelm-Ostwald-Archiv, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Nr. 4964 „Bücherkataloge und die Pyramide der Wissenschaften“, Bl. 109

- leichter, so der Physiker Feynman, sich unsichtbare Engel vorzustellen als elektromagnetische Wellen zu beschreiben

- Knowbotic Research, *Dialogue with the Knowbotic South Antarctic*: Naturdaten und -messung und -nachrichten (etwa Ozon-Alarm) selbst schon zweite Natur geworden, ein anderes *mapping*

- Weltausstellung Paris 1900 widmet ein Pavillon der (Elektro-)Energie, der Verkabelung etc.

- Lädt man Nickel-Cadmium-Akkus auf, bevor sie einen optimalen Entladezustand erreicht haben, wirkt der sog. Memory-Effekt: Akku merkt sich diesen Ladepegel und kann dann durch Wiederaufladen niemals wieder seine volle Kapazität erreichen; "durch Tiefentladung werden Akkus dauerhaft ruiniert" = Paraphrase, Welcher Energielieferant für welchen Zweck?, in: Mieter-Mitteilungen Berlin 10/98, 7

- nicht länger Energie- und Informationsübertragung getrennt in Leitungen für Starkstrom und Telefonnetze. Energiekonzerne schließen mit Internet-Anbietern Strom- und Datenleitung kurz; Energie und Information fließen ineins; Begriff der „schlafenden Energien“ (aus TV SF-Serie *Raumpatrouille*)

- Gespeicherte Energie (Daten) als solche hat kein Wissen

- macht "Abfall" aus der Perspektive der Chaos-Theorie neuen Sinn. Als zweiter Satz der Thermodynamik hat der Begriff der Entropie Eingang in die Physik, als Titel einer Novelle Thomas Pynchons Eingang in die postmoderne Literatur gefunden - sie kreist um die Des/Information, die sich aus dem Mülls von New York ablesen läßt

- betriebswirtschaftlicher Begriff der „chaotischen Lagerhaltung“: „Die Waren werden nicht mehr nach Warengruppen sortiert, sondern wandern dahin, wo gerade ein Lagerplatz frei ist. Sie sind also unsortiert oder folgen dynamischen Suchkriterien wie der Zugriffszeit. Das entspricht dem Vorbild eines RAM-Speichers [...]: fest Speicheradresse, variabler Speicherinhalt. Die traditionellen Lager waren Festwertspeicher" = Bernhard Vief, Digitales Geld, in: Florian Rötzer (Hg.), Digitaler Schein. Ästhetik der elektronischen Medien, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1991, 117-146 (143, Anm. 11)

## **Informatisierung des Stromnetzes**

- tritt anstelle des klassischen Stromzählers (Edison) das *smart meter*, wird aus Messung Steuerung

- Ludger Hofstadt, Informatiker, Architekt und Professor für CAAD am Institut für Technologie in der Architektur an der ETH Zürich, arbeitet gemeinsam mit Medienwissenschaftlerin Vera Bühlmann an Modell für ein Internet der Energie, d. h. die Konvergenz von Information- und Energietechnologie. In intelligenten Stromnetzen wird Strom (seiner

begrifflichen Metaphorik zum Trotz) nicht mehr als stetig verhandelt, sondern *bit*-weise quantisiert. "Digitalstrom" (Hofstadt) erlaubt so - analog zum Konzept des "Internet der Dinge" - eine radikale Individualisierung und Lokalisierung. Im Stromnetz als *smart grid* aus Sensoren und Aktuatoren wird Strom zu einem Konsumprodukt, erwerbbar in unmittelbarer Reaktion auf Lastspitzen. Im Energiebereich bricht sich damit Bahn, was im Internet als Web.2-Ökonomie vertraut ist: *user-generated*; mikroprozessorbasierten, intelligenten Schaltstellen des Stromnetzes korrespondieren mit einer dritten Epoche der Drucktechnologie (nach Buchdruck und gedruckter Platine): den Solarzellenfolien, also Membrane, die im Sinne gedruckter Halbleiter physikalische Effekte zu zeitigen vermögen - "symbolische Physik" (Hofstadt)

## **Elektronik bricht mit Elektrik**

- sinnesphysiologische Kategorisierung technischer Medien für Photographie und Phonographie noch plausibel; unterläuft indes Elektronik diese Ausdifferenzierung, da sie - zumindest im innertechnischen Feld - auditive, optische und andere Signale gleichermaßen in elektrische Spannungen wandelt und leitet; später dann Digitalisierung zumal

- Schaltstelle zwischen Elektrizität und Medientechnik; als Samuel Thomas Sömmering im Jahr 1809 die Drähte seines galvanischen Telegraphen mit Nervenfasern vergleicht, keine flache Metaphorik, sondern kybernetische Einsicht in die Gleichursprünglichkeit von Signalverarbeitung in Menschen und Maschinen - zumindest prinzipiell / *en arché*

- Szene des nekrophilen Kusses des abgeschlagenen Kopfes von Johanaan durch Salome (gleichnamige Oper Richard Strauss); elektro-physiologischen Versuche 1800 / 1900 (Froschschenkel-Galvanismus-Tradition); um Schnelligkeit von Strom zu messen, läßt 1746 Abbé Nellet eine Vielzahl von Mönchen einen Kreis bilden, jeder mit Draht in der Hand als Verbindung; dadurch Stromstoß; alle Angeschlossenen zucken gleichzeitig = Elmar Schenkel, Liebe und Tod im viktorianischen Internet [über Wechselbeziehungen zwischen Literatur und Telegrafie], in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 109, 11. Mai 2000, 56; wird Kommunikation unter Anwesenden durch Medientechnik synchronisiert

- nicht schon mit der Entdeckung des elektrischen Stroms = Paul Valéry, Das Problem einer Ausstellung [\*1937], in: ders., Werke. Frankfurter Ausgabe in 7 Bänden, hg. v. Jürgen Schmidt-Radefeldt, hier: Bd. 7 (Zur Zeitgeschichte und Politik), 480-487 (482), erst seiner Eskalation als Elektronik eine neue epistemologische Epoche angebrochen

## **Blitzschlag: Mesallianzen von Elektrizität und Elektronik**

- tödliche Versuche zur Blitz-Ableitung für Elektrizitätsgewinnung; Shelleys *Frankenstein*; mit der Erfindung der 'Leidener Flaschen' Mitte des 18. Jahrhunderts möglich, elektrische Ladung zu sammeln und so die elektrischen Effekte zu verstärken

- Kittlers *online*-Sendung seines Textes zum Blitz, dessen Thema mit der Elektronik seiner Übertragung selbst identisch ist, also "transitiv". Bachofen in Rom meint in einem sonischen Bild (zitiert vom amerikanischen Historiker Lionel Gossman), dass ein gegenwärtiges Verstehen gestimmt sein muß (in Resonanz) mit den Kommunikationswellen einer aufgespeicherten / versteinerten Vergangenheit: "There is something about the walls of Rome that moves the inmost depths of man. When a metal plate is struck, the iron resounds and the echoing is stopped only by laying one's finger on it. In the same way, Rome moves the spirit that is in communication with antiquity ... all that was slumbering within him."

- Kurzwellenradio und *spherics*. (Nur) Unter Strom entsteht eine Welt nach eigenem Recht. Eintritt in diese Welt ist die Spannung (V); ihre Infrastruktur ist die Logik (Schaltungen). Im Unterschied zur Natur ist sie zwar ebenso aus purer Physik erschaffen, aber funktional von dort aus gebaut - eine Um/kehrung der "Natur". Hier liegt der Unterschied zwischen einem Blitz als Resultat von Wetter und Gewitter einerseits, und dem Blitz als HF-Ereignis (Popov, drahtloser Funk/en-Empfang)

## **Diagrammatik der elektrischen Funkenschrift**

- nicht mehr kultur-, sondern hochtechnische Eskalationen von Elektrizität, systematische Weiterentwicklung des von Galvani bei der Zubereitung von Froschschenkeln bemerkten Funkeneffekts zur Entdeckung des elektromagnetischen Zusammenhangs durch 1820 Ørsted, Faraday, Maxwell und operativ schließlich Hertz

- altgriechische Neugierde bleibt dabei stehen, das Funkenschlagen am Elektron zu registrieren: Bei Thales von Milet findet sich der Ansatz eines genuin naturwissenschaftlichen Denkens; dazu E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin / Göttingen / Heidelberg (Springer) 1956; doch schlägt - um hier im Bild zu bleiben - kein epistemologischer Funke über, während Galvani dadurch buchstäblich elektrisiert wird. Die Antike experimentiert kaum; denkt in diesem Zusammenhang Elektrizität unelektrisch

- Glühbirne als Bild der Energie und zugleich reine Funktion; "Scheinbilder" (Hertz); Wellen und Funken; Grenzen der Darstellbarkeit

- Feddersens Funken-, Ernst Mach Geschloßphotographie; Crantz;  
"Aufmaß des Reellen" (Wolfgang Hagen)

- Ramsauer 1953, 170: entdeckt und erprobt Heinrich Hertz die Zeitdifferenz in der elektrischen Funkenschwingung; sukzessive aktiv medien-theoretische Anpassung seines Experimentalgestells an die emergierende Evidenz. Zur Eskalation Ramsauer 175: Entdeckung der "wellenförmige<n> Ausbreitung der Induktion durch den Laufraum" (Hertz); Wellenlänge Kehrwert der Frequenz

- Hertzische Anordnung deshalb ein *Grundversuch* (Ramsauer), weil diagrammatisch nachvollziehbar: a) operativ (*re-enactment*), und b) verbalsprachlich. Im Unterschied zum klassisch-archäologischen Artefakt ist eine solche Versuchsanordnung *archélogisch*; gibt sich das eigentliche (Erkenntnis-)Objekt erst im Vollzug zu erkennen; dynamischer Begriff der *arché*, losgelöst vom temporalen "Anfang"; verwurzelt Heidegger den Anfang von Wissenschaft wie Technik in Altgriechenland: "Der Anfang ist noch. Er liegt nicht h i n t e r uns als das längst Gewesene, sondern er steht v o r uns. Der Anfang ist als das Größte im voraus über alles Kommende und so auch über uns schon hinweggegangen. Der Anfang ist in unsere Zukunft eingefallen, er steht dort als die ferne Verfügung über uns, seine Größe wieder einzuholen" = Martin Heidegger, Die Selbstbehauptung der deutschen Uniersität [Rektoratsrede Freiburg i. Br., 27. Mai 1933], Breslau (Korn) o. J., 11; tatsächlich Figur des *futurum exactum*, technologisch konkretisiert in der präemptiven Kalkulation des Anti-Aircraft Predictors (Norbert Wiener) im Zweiten Weltkrieg

- bleibt als fortwährende Medienbotschaft das Apriori hochtechnischer Analog- wie Digitalmedien: der Wechselstrom

- sowohl technische wie epistemologische Bedingung der von McLuhan analysierten elektronischen Massenmedien Radio und Fernsehens in der populär(wissenschaftlich)en Sensibilisierung für Phänomene des Elektromagnetismus / Funken, wie sie um 1800 bereitet wurde; Übergang in die Epoche opto-elektronischer Medien bedurfte der Erfindungen im Bereich der angewandten Elektrizität und der allmählichen "Etablierung einer Elektrosphäre für Fernkommunikation", namentlich Telegraph, Telegramm, Telephon = Einleitung zu: Wulf R. Halbach / Manfred Faßler (Hg.), Geschichte der Medien, München (Fink) 1998, 17-54 (38)

## **Schaltvorgänge**

- Schaltpläne an Schnittstelle von Graphentheorie und realer Physik

- "mit eigenen Experimenten und Versuchen elektronische Schaltungen nicht nur theoretisch auf dem Papier, sondern praktisch kennenzulernen,

sie schöpferisch zu erleben" = Anleitungsbuch zum Transistor-Baukasten Elektronik 1 (VEB Polytronic Wissenschaftlich-technische Experimentiersysteme, Saalfeld/Saale) o. J.; Entwicklung: Peter Grube; Gesamtedaktion: Claus G. Scheidig, 3 ("Ein Wort zuvor"); vermag logische Imagination (die Papiermaschine / *computing* als reines Denken / *diagrammatic reasoning*) auch dynamische, (hoch-)frequente Vorgänge in ihren Effekten und Konsequenzen mit abzusehen? mit rein symbolischen Mitteln (Buchstaben, Ziffern, Schaltdiagramme) Simulation des technologischen Vollzugs nicht denkbar; vermag kein Radio als Schaltplan bereits zu erklingen

- Spannung und Strom Zeitsignale (zeitabhängige Größen); werden zeitdiskret durch Schalter; grundlegendes An / Aus (Netzanschluß) sowie zeichenentscheidende Tastatur (nutzergesteuerte diskrete Interfaces); intern / invers im Computer elektronisch gesteuerten Schalter / hochfrequente Schaltvorgänge

### **Laden, speichern (Kondensatoren)**

- einfachste dynamischen Bauelemente Kondensatoren und Spulen; Kondensatoren recht eigentlich Verzögerungsspeicher; Speicherwert ein Verlangsamten / Sistieren eines Stromflusses; interne Versorgungsleitungen und Energiespeicher versorgen System eine Zeitlang

- (ent)lädt sich Kondensator als Integral bzw. Differential über die Zeit;  $C = I \times t$ ; Bauelement, das elektrische Ladungen speichern kann; Ladungsspeicherung bewirkt Energiespeicherung; elektrische Energie wird im elektrischen Feld, das sich im Dielektrikum ausbildet, gespeichert = Werner Ausborn, Elektronik-Bauelemente, 6. Aufl. Berlin (VEB Technik) 1979 [\*1973], Kap. 5, 86; Spezialfall des Differentialkondensators, vertraut von Senderwahl analoger Radios; Prinzip Analogrechner, der mit Potentiometern arbeitet, um mit Stromspannungen Mathematik zu modellieren, im Unterschied zum Digitalrechner, der Differentiale nicht elektrophysikalisch vollzieht, sondern sie rechnend modelliert; fachterminologisch Differentialkondensator Spezifizierung der Verstellbaren Kondensatoren; durch Verändern der wirksamen Fläche der Beläge eine Kapazitätsänderung erreicht. "Durch eine entsprechende Abhängigkeit der wirksamen Belagsfläche vom Drehwinkel lassen sich unterschiedliche Regelkurven erreichen. In der Praxis haben sich die kapazitätsgerade und die logarithmische Ausführung durchgesetzt" = Ausborn 1979: 107, bestehend aus zwei Plattenpaketen, "von denen eines fest (Stator) und eines beweglich (Rotor) angeordnet ist" = Ausborn 108, mithin Dispositiv, diesmal ein dynamisches, verzeitlichtes Dispositiv; Prinzip der drahtlosen Übertragung auf kleinstem Raum, die Fast-Berührung: "Beim Drehen kämmen die beiden Plattenpakete ineinander, ohne daß sich die Platten berühren. Das Dielektrikum ist fast

immer Luft" = ebd.; Zuspitzung auf den Differential-Drehkondensator hin: zwei Statoren und ein Rotor derart angeordnet, "daß sich der Rotor bei Betätigung aus dem eigenen Stator heraus- und in den anderen hineindreht" = ebd., 109; Abb. 5.24; "Synthesizer-Prinzip" im Westley-Barlow KW-Empfänger

- läßt sich die Abhängigkeit der Kapazität vom Drehwinkel in symbolischer Form von Koordinatensystemen (Diagrammen) darstellen, linear wie logarithmisch = ebd., Bilder 5.25 u. 5.26; erinnern an optische Ausgaben von "Rechnungen" mit Analogcomputer durch Oszilloskop: gedämpfte Schwingungen etwa; Differentialkondensator, scharf formuliert, *ist* selbst schon ein Analogcomputer, wie er zugleich mit seinen Operationen Objekt der Berechnung eines expliziten Analogcomputers sein mag

- laden, speichern - kleinste, nur noch mit Differentialrechnung zu bewältigende und dennoch völlig unmatheamtisch makroskopisch zu beobachtende Prozesse (zeitkritisch, insofern sie eingesetzt werden für digitale Schaltungen, entscheidet ein Zeitmoment über Zustand 0/1, das Digitale damit zeitkritisch an sich)

- Zeitkonstante  $T$  gleich  $RC$ , welche die Geschwindigkeit des Aufladevorgangs beschreibt;  $T$  proportional zu  $C$  und  $R$ ; asymptotische Näherung des Speichers an Nullspannung, welche Kondensator *idealiter* nach unendlich langer Zeit erreicht. "In der Praxis wird der Aufladevorgang immer irgendwann abgebrochen." = Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik, Skript "Elektrotechnik", R. Vahldieck / Ch. Hafner

## Verstärker

- Signalübertragung; engl. Begriff "signal processing" mißverständlich; "everything that happens between transduction / when sound becomes electricity" (Jonathan Sterne). Klassischer Gitarrenverstärker auf Elektronenröhren-Basis: keine Signalverarbeitung im diskret prozessierenden / algorithmischen Sinn; um ihn aber digital modellieren zu können, muß dieser Begriff dafür unterstellt werden

- Signalprozessierung und / oder Datenverarbeitung: Disput mit Elektrotechnikern und Informatikern darüber, ob Begriff "Signalverarbeitung" (oder gar "-prozessierung") nicht häufig fehlplatziert wird, wenn es - etwa - um die Beschreibung des Signalflusses in analogen Synthesizern geht. Etwa Diskussion mit Jonathan Sterne (engl. *signal processing*); überträgt analoge Elektronik Signale, rechnet sie aber nicht um. "Prozessierung" sollte - im aktuellen, von algorithmischen Medien geprägten Sprachgebrauch - für digitale Operationen reserviert sein; für analoge Welten: *transducing* vielmehr denn *processing*. Dass am Ende

das Digital Signal Processing (DSP) in der Lage ist, analoge Signalflüsse selbst zu emulieren, weist auf eine medienepistemologische Eskalation

- Nichtlinearität von Elektronenröhren digital modellieren (DSP); Ansatz Carlé für ENIAC-Simulation

- Verstärkerteil aus Uraltplattenspieler *Supraphon* Marke TESLA (1956): eine Basiskonfiguration dessen, was durch Supplementation sich zu eigenständigen Massenmedien ausdifferenziert (Plattenspieler, Tonbandgerät, Radio, Fernsehen); diese krude Basis ihrerseits bereits eine Ausdifferenzierung zweiter Ordnung ihres zentralen aktiven Bestandteils, der Elektronenröhre als Triode (nicht Diode); ein Verstärker im Sinne der Lieben-Röhre, ein Relais / deForest; Differenz elektromagnetisch / elektromechanisch / elektronisch (friktionsfrei); Grenzen der Schaltgeschwindigkeit (Taktung)

- (elektro-)mechanischer Flipper als Spielgerät; hineingetriggerte Kugeln suchen sich (etwa schwerkraft- oder beschleunigungsgetrieben) ihren Weg durch mechanisch durch Widerstände (etwa Metallstifte) gebaute Verzweigungen; die jeweils konkrete Wegentscheidung ist nur stochastisch faßbar (oder quantenmechanisch), aber mit binärer Logik (Logarithmus zur Basis 2) berechenbar als "Information"; Eintrag "Flipper", in: Friedrich Kittler, *Baggersee. Frühe Schriften aus dem Nachlass*, hg. v. Tania Hron / Sandrina Khaled, Paderborn (Fink) 2015, 58 f.

### **Speziell: Operationsverstärker**

- intensivieren ("multiplizieren") Operationsverstärker kleinste Differenzen zwischen zwei Eingangsspannungen zu maximalen Ausgangsspannungen

- läßt sich mit Verstärker auch rechnen: Prinzip Analogcomputer, darin zentraler Bestandteil Integrierverstärker (Operationsverstärker)

### **Miniaturisierung der elektrotechnischen Bauteile**

- verhalten sich elektrotechnische Bauteile vollständig nach Maßgabe der physikalischen Welt, auch wenn sie logisch eingefügt sind in ein technisches Dispositiv

- wird Elektronenröhre durch Transistoren ersetzt und die dann miniaturisiert aufgedruckt / in Mikrochips dotiert. Was in technischen Ensembles nur in Grenzen schrumpft: Netztransformatoren, der Drehkondensator am Radio, Lautsprecher etc. - der Widerstand der physikalischen Welt gegen ihre Informatisierung

- bilden zwei Spulen auf einem im Kreis geschlossenen Eisenkern einen Transformator, die Spannung je nach Windungszahl aufwärts und abwärts transformierend

## **Elektrotechnik versus Kulturgeschichte**

- interessiert im medienepistemologischen Sinne das, was an Medienvorgängen erkenntniswert ist / Erkenntnisfunken induziert

- im dynamischen Elektromagnetismus ("Rundfunk") die Opposition von Übertragen und Speichern aufgehoben

- "live"-Kommunikation vermittelt telephonischer Induktion; eine Ferne, so nah sie auch scheinen mag: elektromagnetische Aura

- Thales von Milet: Erscheinungen des *elektron* (Bernstein); Magnesia-Stein (Magnetismus); experimentelles Interesse daran ein neuzeitliches: Gilbert, Eulers mathematische Grundlagen des Magnetismus (1748)

- folgen elektrische sowie elektromagnetische Erscheinungen den Gesetzen der Physik; zwingen die entsprechenden Technologien den Menschen ihre (natürlichen) Gesetze auf, im Unterschied zu klassischen Kulturtechniken, insofern sie (wenn nicht gerade Ackerbau selbst gemeint ist) im Symbolischen operieren - etwa das Alphabet; konvergieren beide Regime im Computer

## **Elektrotechnik als Mechanik**

- "In Heft 5 des Jahrgangs 1933 dieser Zeitschrift hat der Verfasser durch Konstruktion mechanischer Modell elektrische Vorgänge dem Verständnis des Bastlers nahezubringen versucht" = R. Weller, Mechanische Modelle für elektrische Schwingungen, in: Radio - Bildfunk - Fernsehen für Alle, Bd. 15 (1936) Heft 6, 127-130 (127); James Clerk Maxwell, und Nachbau Ludwig Boltzmann: Differentialmodell des elektromagnetischen Felds; dazwischen: Meßmedien anstelle menschlicher Sinne, denn: "Elektrische Vorgänge" - zumal hochfrequente elektromagnetische - "können nicht direkt wahrgenommen werden. Sie können nur durch ihre Wirkung auf Meßinstrumente erschlossen werden" = Weller ebd.

- "Greifbare Geschehnisse der Mechanik künden - wenn auch nur als Gleichnisse oder Bilder - schon die unsichtbaren, verborgenen Vorgänge der Elektrik an. Wenn man von Strom, Spannung, Widerstand und anderen Dingen redet, so überträgt man damit Begriffe und Vorgänge aus einem physikalischen Teilgebiet in ein anderes" = Weller 1936: 127

- "Elektrische Schwingungen eignen sich nun ganz besonders für eine mechanisch-modellmäßige Erfassung" = ebd.; jede elektrische Schwingung ein Produkt zweier Größen, Kapazität und Selbstinduktion; letztere mit einer trägen Masse vergleichen, von daher der Zeitverzug, der dilatorische Charakter. "Die Kapazität entspricht der Nachgiebigkeit einer Feder (der reziproken Federstärke); "Feder und Masse zusammen geben das Modell für einen Schwingkreis" = ebd.; Abb. 129: "Geschlossener mechanischer Schwingkreis"

- das Pendel, einmal mechanisch, einmal elektronisch (Schwingkreis): Wechsel von der Naturbeherrschung (Mechanik der Physik) und der Kulturtechnik in eine Welt nach eigenem technologischen Recht

- dritte Komponente Mensch; Gusle spiegelnder Guslar. Inwiefern korrespondieren die Frequenz seiner Stimme, die Schwingung der von ihm bestrichenen Saite und die elektromagnetische Induktion des Magnetdrahts auf dem Wire Recorder?

- AEG-Telefunken-Archiv im Deutschen Technikmuseum Berlin, Archivmappe A 02290 "Über Verfahren, Lieferung, Patentstreite von Verfahren zur Herstellung von "Magnetogrammträgern", darin: Typograph Dr. Suckow 27.4.1942 "Verfahren zur Herstellung von Eisenpulver für Magnetogrammträger"; zwischen(-)Speichern und Übertragen: Archivalie AEG Patent-Büro 19.6.34; Betr.: Patentanmeldung "Verfahren zur Herstellung magnetelektrischer Wellenträger"; in Abschrift (Typograph) durchgestrichen: "magnetelektrischer Wellenträger", ersetzt durch "von Magnetogrammträgern" (Bleistiftkorrektur)

## **Rohstoffe (als Vorbedingung) technischer Medien? Drahtton zum Beispiel**

- *Vor*medienarchäologie; *arché* technischer Medien tiefer legen, als Möglichkeitsbedingungen im Sinne von Kants *a priori*?; "Rohstoffe als a priori technischer Medien" = Viktoria Tkaczy, elektronische Kommunikation 10. März 2021, bezüglich BA-Ringvorlesung im Sommersemester 2021 *Die Rohstoffe der Medien: Globale Material-, Wissens-, und Techniktransfers*, c/o Viktoria Tkaczyk / Christine von Oertzen, "bis hin zu Kupferdraht und Glasfasern für Übertragungsmedien: All diese Medien ermöglichen die Produktion, Verbreitung und Bewahrung von Wissen" (kVV)

- ist gerade Rohstoff-Forschung eine Variante der Medienarchäologie im Sinne von Jussi Parikkas *Geology of Media*, über *mining* von Seltenen Erden, etc., auch Matthew Hockenberry (Logistik / Lieferketten), Elodie Roy (Schellack für Grammophonie); nur dass beim Stahlband /-draht neben die Materialität des Speichers auch dessen Antithese tritt, die magnetische Ladung, welche das Material erst zum technologischen

"Medium" macht; "aufgehoben" ist das Medium erst im Vollzug der elektromagnetischen Induktion als Synthese (i. S. Hegels)

- Viktoria Tkaczyk; insistiert auf der Materialprobe (praktisches Signallabor) und der Perforation (mechanischer Antrieb): arbeitet am Thema Rohstoffe der Medien (Stahl) "und wollte das Stille-Gerät einfach mal hören / oder gar besprechen, und evtl. eine winzig kleine Materialprobe von einem Drahtband nehmen = 10. März 2021 Viktoria Tkaczyk; "bräuchte dafür schon das originale Stille-Gerät, und jemanden, der nichts gegen eine kleine Perforation hat" = Tkaczyk ebd.; ein Blattnerphone bei David Pantalony in Canada (Technikmuseum); Deutsche Technikmuseum in Berlin

## Die elektromagnetische Induktion

- erzeugen plötzliche Stromstöße in einem Leiter ein magnetisches Umfeld, und dessen Bewegung in einem magnetischen Feld - dessen Zusammenbruch - seinerseits einen Strom; Gesamtheit aller Kraftlinien *magnetischer Fluß*; gibt Induktion an, wieviel Kraftlinien an einer bestimmten Stelle des Feldes vorhanden = Herbert Scheidt, Kleintransformatoren. Berechnung und Selbstbau, München (Albrecht Philler) o. J., 11 f.

- Induktion im Fall von Wechselstrom: sucht Faraday nach der Umkehrung von Oersteds Entdeckung; daraus resultierendes Induktionsgesetz erzeugt ein sich senkrecht zu den Kraftlinien eines magnetischen Feldes bewegender Leiter einen elektischen Strom. "Anstatt 'erzeugt' sagt man auch 'induziert' [...]. Wichtig für das Zustandekommen der Induktion ist die Bewegung des Leiters gegenüber dem Magnetfeld. Nun hat sich gezeigt, daß auch dann eine Induktion möglich ist, wenn der Leiter in Ruhe bleibt und das Magnetfeld sich verändert, indem man es beispielsweise durch einen Wechselstrom erzeugt. Auf dieser Auslegung des Induktionsgesetzes beruht die Technik der Transformatoren" = Scheidt a.a.O.: 15

- Faradays phänomenologischer Zugang; Elektronen nie gesehen, "Feldlinien" aber durch Eisenfeilspäne sichtbar machen; 1887/88 sucht Paul André Janet magnetische Oszillogramme aufzuzeichnen: Feldlinienbilder, aufgenommen auf mit Eisenpulver bestreutem Papierband; Abb. in Walter Bruch, Von der Tonwalze zur Bildplatte, Eintrag Nr. 42, in: Funkschau 17/1982, 73, Bild 14; M. P. Janet, Sur l'Alimentation des Conducteurs Magnétiques. Comptes Rendues 150, 1887, 934

- Vektoren, Tensoren: elektromagnetisches Feld "kein Dingbegriff, sondern ein Relationsbegriff; setzt sich nicht aus Stücken zusammen, sondern [...] ist ein System, ein Inbegriff von Kraftlinien" = Ernst Cassirer,

Formproblem, xxx, 92; hier zitiert nach: Stefan Hoffmann, Geschichte des Medienbegriffs, Hamburg (Meiner) 2002, 135

- Induktionsstrom: "Wenn wir vor den Polen eines Magneten einen in sich selbst geschlossenen Draht ring hin und herbewegen, so entsteht in den Drahte ein elektronische Strom [...] ohne daß ein Element oder eine andere Elektrizitätsquelle mit ihm in Verbindung stände" = Wilhelm Engeln, Aus der Wunderwelt der Elektrizität, 2., verb. Aufl. Regensburg (Manz) 1913, 100 ; diese elektrophysikalische Grundlage (Faraday) skalierbar bis zum Radio: Abgabe von Antennenschwingungen (der offene Schwingkreis) eine extreme Variante dieser Induktion; entfalten sich elektrotechnische Medien von der medienarchäologischen Ebene (Elektrophysik) bis zum Massenmedium als Horizont

- Spezialfall der Induktion Magnetspule; Basis des Tonkopfs am Magnetophon; läßt sich auf einem vorbeistreichenden, mit Magnetpartikeln besetzten Band niederfrequente Schwingung speichern und umgekehrt wieder abrufen; (Zwischen-)Speicherung / Latenz auf Basis elektromagnetischer Remanenz eine extrem zeitgedehnte Form der unmittelbaren Induktion; Speichern und Übertragen, Magnetophon und Radio differentiell verschränkt, zwei Extreme eines Potentials; das Wesen und die Zeit elektrotechnischer Medien vom raumzeitlichen Feld her denken, analog zum elektromagnetischen Feld, anstatt von einer emphatischen Trennung zwischen Speicherung und unmittelbarer Übertragung

- 1876 wandelt Telephonie auf Grundlage Patent Alexander Graham Bell Stimmschwankungen mittels elektromagnetischer Induktion; Ton (Sprache) damit über Kabel elektrisch übertragbar ; Kehrseite des von Oberlin Smith patentierten Prinzips, nicht die Signale durch den Leiter, sondern den elektronisch magnetisierten Leiter an der Spule entlang zu bewegen (*wire recorder*)

## **Das Geschehen im elektromagnetischen Feld**

- induziert bewegtes magnetisches Feld einen Strom in einem Leiter; *zeitigt* umgekehrt Strom von Elektronen ein magnetisches Feld; spezifische Zeitlichkeit im Vollzug hebt sich ab von allgemeinen Begriffen der "Medienzeit"; war es die Endlichkeit, also Zeitlichkeit des Ereignisses namens Induktion, mit dem sich Elektrophysik seit Faradays Experimentalanordnungen von Newtons mechanistischer Vorstellung einer Fernwirkung, einer unmittelbaren *actio in distans*, abwandte; beschreibt James Clerk Maxwell diese Ereignishaftigkeit (plötzliche Stromstöße erzeugen ein magnetisches Umfeld, und dessen Bewegung seinerseits im Zusammenbruch einen Strom) in Differentialgleichungen und begründet auf diesem Wege auch Licht(geschwindigkeit als Phänomen hochfrequenter elektromagnetischer Wellen; unterscheidet

solch ultimative zeitkritische Zuspitzung, die Heinrich Hertz wenig später wiederum experimentell bestätigte, die Zeitweisen (hoch)technischer Medien von der Welt klassischer Physik; stehen Mathematik und Experiment ihrerseits in einem "induktiven" Verhältnis zueinander

- "Feld" als epistemologischer Neologismus: genuiner Neuansatz, *physis* zu denken, quer zu Altgriechenland

- das "Feld" physikalisch definiert als Zustand, worin jedem Raumpunkt der Wert einer physikalischen (Feld-)Größe zugeordnet werden kann: skalar (etwa Temperatur), oder vektorielle Feldgrößen (elektrische oder magnetische Feldstärke). "Sie werden durch *Feldlinien* dargestellt, bei denen die Feldvektoren Tangenten bilden" = Brockhaus ABC Elektronik, hg. v. Hans-Dieter Junge, Leipzig (VEB F. A. Brockhaus) 2. Aufl. 1978, 181. Was bei Faraday also noch Phänomene der Veranschaulichung sind (gezeichnete Feldlinien nach Maßgabe der Ausrichtung von Eisenfeilspänen um einen Magneten), wird dann von Maxwell berechnet, durch eben jene Differentialrechnung, die mit Tangenten an Kurven operiert

- herrscht in der Dynamik des elektromagnetischen Feldes ein dilatorisches, raumzeitlich verschränktes Verhältnis; kein Wesen im philosophisch-ontologischen Sinne, sondern ein beständiges Weisen (Dynamik, also Veränderung); Allianz von Sein und Zeit auf nanoelektronischer Ebene; sucht Maxwell gerade die Zeitverzögerung bei elektromagnetischer Fernwirkung zu erklären; Definition des elektromagnetischen Feldes liegt in seinem zeitkritischen Zug; Rupert Sheldrake, Das Gedächtnis der Natur. Das Geheimnis der Entstehung der Formen in der Natur, Zürich / München (Piper) 2. Aufl. 1996, 156 [AO The Presence of the Past, New York (Time Book) 1988], 153 f.

## **Gesetzte Medien: elektromagnetische ("Radio"-)Wellen**

- entdeckt Oerstedt es eher zufällig am Rande einer Vorlesung, in der die Magnetnadel in der Nähe eines elektrisierten Drahtes zu zittern begann. "Der zeitlich veränderliche magnetische Fluß induziert in der umgebenden Drahtwindung [...] eine elektrische Spannung" = Szalay 1954: 422, Abb. 363; mikrozeitlicher Prozeß grundlegend für das medientechnische Ereignis

- führt Kontingenz in experimentellen Anordnungen (Rheinberger) zu zufälligen "Erfindungen", "Entdeckungen" im Labor wie die Nachbarschaft des Regenschirms und der Nähmaschine auf dem Seziertisch (André Breton). Dieses Verhältnis ist nicht plausibel beschreibbar im klassisch linear-kausalen Modell der Historie; evtl. das "Historiale" (Rheinberger mit Derrida)? Im Unterschied zu Rheinbergers wissenschaftshistorischer Kontextualisierung, also: Relativierung des jeweiligen Wissensbefunds als

Funktion von Experimentalbedingungen, faßt Medienarchäologie den Begriff des "epistemischen Dings" konkret: als medienepistemologisches Zeug

- identifiziert Maxwell durch Mathematik Licht als elektromagnetischer Welle; heuristisch: geht von Kanal aus (elektromagnetische Strahlung)

- "Äther" hydro-elastisch (mechanische Eigenschaften) deduktiv unterstellt

- Experiment Michelson / Morley 1887: Messung der Zeitdifferenz durch Überlagerung/Interferenz des Lichts; Meßaufbau schwimmt auf Quecksilber; Lichtstrahl aufgespalten in zwei, wird reflektiert und auf Beobachtungsschirm wieder zusammengeführt; Zeitmessung auf optischem Weg

- Lorentz-Kontraktion: mit dem Äther dehnen / schieben sich Meßinstrumente ihrerseits zusammen

- bemerkt Heinrich Hertz durch Zufall, daß parallel zu einem Funken an anderer Stelle Funke entsteht; beschreibt diese Fern- resp. Nahwirkung durch elektromagnetische Welle; Funken erzeugen Wellen; Bündelbarkeit: Richtfunkverbindungen

- "Über Strahlen elektrischer Kraft" 1887/88; wie verhält sich die Wahrscheinlichkeit der Laboranordnung zur Kontingenz der Entdeckung

- Begriff der Resonanz: dem Akustischen abgelauscht (akadem. Lehrer von Helmholtz)

- ein medienepistemisches Ding, besser: dynamisches Verhältnis - das elektrische bzw. elektromagnetische Feld; Faraday - Maxwell - Hertz; mathematische Erkenntnis der Feldgleichung von Elektrotechnik nicht explizit analysiert, zugunsten der Veranschaulichung

- [www.walter-fendt.de/ph14d/schwingkreis.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14d/schwingkreis.htm) (Java-Applet zu elektromagnetische Feld, Schwingkreis)

- Modelle der Induktion, in: Károly Simonyi, Kulturgeschichte der Physik, 2. Aufl. Frankfurt / M. (Thun) 1995, 347

- "Chronotopos des elektromagnetischen Weltbildes" (aus Katalog *The First Europeans* bzw. Denker / Weibel (Hg.) 1990)

- Kapitel II.6 "Elektrische und magnetische Kräfte im leeren Raum", in: Heinrich Konen, Physikalische Plaudereien. Gegenwartsprobleme und ihre technische Bedeutung, Bonn (Verl. d. Buchgemeinde) 3. Aufl. 1941, 74-

97; das elektromagnetische *Feld* als "theoretisches Ding" = Konen 1941: 74, Anm. 6

- Welle, Schwingung: das Senden eines Signals (Nachrichtentechnik) ein zeitlicher Vorgang; Darstellung einer Wasserwelle als Signalkurve wählt als Abszisse die Zeitachse (verschiedene  $t$ -Werte), und als Ordinate die Amplituden  $\alpha$  der Schwingung: "Sie ist nun nicht mehr ein *Abbild* der Schwingung selbst, sondern sagt aus: zur Zeit  $t_0$  ist [...] das hier betrachtete Wasserteilchen in der Ruhelage (Amplitude = 0). Das Teilchen  $a$  beginnt, im einfachsten Falle, auf und ab zu schwingen, und befindet sich somit zur Zeit  $t_1$  oberhalb der Ruhelage in einer Entfernung die durch die Amplitude  $\alpha_1$  dargestellt ist. Die Kurve gibt also an, wie weit das einzelne Teilchen während des Schwingungsvorgangs sich zu irgendeinem Zeitpunkte  $t_i$  aus der Ruhelage nach oben oder unten entfernt hat. Das benachbarte Teilchen  $b$  beginnt seine Schwingung um einen Bruchteil  $\Delta t$  später, vollführt aber die gleichen Schwingungen wie  $a$ , nur *phasenverschoben*, d. h. um  $\Delta t$  später. Handelt es sich um die Kurvendarstellung eines akustischen Signals, so treten an die Stelle der Wasserschwingung Luftschwingung. Die Luftteilchen schwingen dabei aber nicht auf und ab, sondern hin und her; es kommt somit zu Verdichtungen und Verdünnungen der Luft" = Flechtner 1966: 138

- Definition "Wellen": "Räumliche und zeitliche periodische Änderungen physikalischer Größen. Bei den longitudinalen Wellen liegt die Schwingungsrichtung parallel zur Ausbreitungsrichtung (Beispiel Schall), bei transversalen Wellen senkrecht dazu (Beispiel Wasserwellen)" = Brigitte Röthlein, Schrödingers Katze. Einführung in die Quantenphysik, München (dtv) 5. Aufl. 2004, 119

- Feldbegriff in der elektroakustischen Musik. "... wie die Zeit vergeht ...": Unter diesem Titel beschreibt Karlheinz Stockhausen in Heft 3 von *Die Reihe* (hg. v. Herbert Eimert) eine andere Zeitordnung von Musik, beschrieben in "Feldgrößen" - eine Anlehnung an den neuen epistemologischen Begriff Faradays und Maxwells für Erscheinung und Mathematik des Elektromagnetismus <Wien 1957, 13-42>. Wenn damit kontinuierliche Phasenmodulation an die Stelle der klassischen Begriffe Takt und Dauer tritt, löst sich auch die kategoriale Differenz zwischen Geräusch und Ton auf; beide werden ineinander modulierbar <41> wie die "reinen Töne" (Sinusschwingungen) und impulsartige, also äußerst kurzzeitige Klänge.

- philosophischer Begriff der Induktion / Deduktion (Descartes), kein Zusammenhang mit Elektromagnetismus

- kommt Maxwell durch reine Mathematik, also wirklich "medientheoretisch" zur Erkenntnis Licht als elektromagnetischer Welle; heuristisch: geht von Kanal aus (elektromagnetische Strahlung), Äther hydro-elastisch (mechanische Eigenschaften)

- bemerkt Heinrich Hertz durch Zufall, daß parallel zu einem Funken an anderer Stelle Funke entsteht; Fernwirkung; beschreibt sie als elektromagnetische "Welle", erzeugt durch Funken; Schlußfolgerung aus Bündelbarkeit: Richtfunkverbindungen; "Über Strahlen elektrischer Kraft" 1887/88

- Begriff der Resonanz: dem Akustischen abgelauscht, oder das Akustische danach modelliert?

### **Induktion nanotechnisch (Elektronenmikroskopie)**

- Gerd Binnig / Peter Vettiger, Rasterkraftmikroskopie; Meßspitze hat selbst nur noch Atomgröße; ergibt sich in Nähe zum abzustastenden Objekt dann ein Tunnelstrom aus Elektronen; damit eine atomare Oberfläche Punkt für Punkt abtastbar: Raster, diskret

- von vermessenden Analysen zur Synthese: Oberflächenmanipulation auf Nano-Ebene durch aktive Rasterkraft, etwa Aufdrucken zu speichernder Information = Markus Breidenich, Datenberge unter der Nadelspitze. 25 Millionen Buchseiten auf der Fläche einer Briefmarke gespeichert, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 137 v. 17. Juni 2002, 44; darin IBM-Photo, Legende: "Eine Graphik wie von einem anderen Stern: Stempeln auf der Nano-Lochkarte"

### **Elektromagnetismus mit Maxwell**

- stellt Maxwell fest, daß sich die von Faraday und anderen entdeckten Gesetze der Elektrizität und des Magnetismus "sich mathematisch nicht vertragen. Um das in Ordnung zu bringen, mußte er in eine Gleichung einen zusätzlichen Term einfügen" = Richard P. Feynman, Vom Wesen physikalischer Gesetze [AO 1967], München (Piper) 1993, 198 - die Operation des Syllogismus. "Dazu erfand er für sich ein Modell von Zwischenrädern und Getrieben und soweit im Raum, das niemandem einleuchtete [...]; nichtsdestotrotz sind die Maxwellschen Gleichungen korrekt" = ebd.; wird der *medium term* des Syllogismus mechanisch

- gilt für das elektrische Feld das Superpositionsprinzip; Vektoraddition des von jeder einzelnen Ladung erzeugten Feldes

### **Die sogenannte Schwachstromtechnik**

= tschechoslowakisches Elektrotechnikkombinat "TESLA" Technologia slabo<low>/prud<current>; Signet: Sinuskurve mit Funkenstern oben

- Informationstechnik eine Funktion der Schwachstromtechnik; Netzteil, *online*, Computer: Anlaß, Wieners Kritik an der strikten Trennung von Stark- und Schwachstromtechnik (in Deutschlands Ingenieurkultur) zu überdenken

- Argument Leo Szilard: sinkt in Informationsverarbeitung Energieschwelle unter den entropisch kritischen Wert

## **Energieübertragung per Schwachstrom**

- kommt die Differenz von "elektrisch" und "elektronisch" ins Spiel. Wiener distanziert sich von der (unter vormals deutschen Ingenieuren seinerzeit gängigen) Teilung in Stark- und Schwachstromtechnik, also zwischen Antriebs- und Nachrichtentechnik. Nachrichtentechnik mit Wiener aber liegt quer dazu: "Was sie von Starkstromtechnik unterscheidet, ist, daß ihr Hauptinteresse nicht die Wirtschaftlichkeit von Energieproblemen, sondern die genaue Reproduktion eines Signals ist. Dieses Signal kann der Anschlag eines Handtasters sein, der als Anschlag eines Telegrafeneempfängers am anderen Ende reproduziert werden soll; oder es kann ein Ton sein, der durch ein Telefon übertragen und empfangen wird" = ebd., 69; kleinstes Element dieser Prozesse das Signal, das - *per definitionem* - selbst ein Zeitwesen

- 1930er Jahre juristischer Prozeß gegen Kleingärtner, die über Hochantennen eine Rundfunksendung als Energiequelle für Glühlampen anzapfen; Funk auf Vakuumröhrenbasis energieintensiv; ob die von einer starken Sendeantenne aufgefangenen elektromagnetischen Wellen außer zur Signalübertragung nicht auch zur Energieversorgung sparsamer Transistorempfänger nutzbar; bedarf es zweier Empfänger: "Der eine, auf einen sehr nahen, leistungsstarken Sender eingestellt, bereitet die von diesem empfangene Energie entsprechend auf und übernimmt die Versorgung des zweiten, der auf beliebige Stationen abgestimmt werden kann"; zweite Variante: "Die Sendeenergie einer 'Mutterstation' könnte schwache 'Tochtersender' auf gleicher oder anderer Frequenz speisen, die nur dann antworten, wenn der Muttersender sie abfragt" = Walter Conrad, *Elektronik einmal anders*, in: *Urania-Universum* Bd. 35 (1989), 285-291 (290)- für Bojen, Markierungssender; RFID-Technologie

## **Dreh- und Wechselstrom**

- Beschreibung eines der Operativierung harrenden Diagramms zum zeitversetzten Verlauf dreier Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  (Dreiphasenwechselstrom): "Werden in einem Generator drei Spulen gleichmäßig im Kreis versetzt angeordnet, entstehen drei zeitlich ebenso versetzte Wechselspannungen, die ihre Amplituden nacheinander, zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreichen. Diese zeitliche Versetzung wird

durch die Phasenlage beschrieben" =  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Drehstrom>; Zugriff 22. Juni 2008; im Unterschied zur diskret getakteten Uhrzeit phasenverschobene Zeitpunkte, eine Pluralisierung der eindimensional-linearen Zeit

## **Elektromechanik**

- Klingel-Relais, damit Tonerzeugung für Morse-Signal (Gordon-Baukasten *Morse-Electric*): mechanische Feder, wenn durch Anzug des Magnetankers gespannt, löst Stromunterbrechung aus, schnellt daher wieder zurück, schaltet damit wieder Stromkreis ein, usf.; elektromechanisches Prinzip zur ungedämpften Schwingung (bei konstanter Batteriezufuhr); ergibt auf Oszilloskop Sägezahnsignale; frühe Radiosender vor Knallfunken / "Telefunken": HF-Trägerfrequenzerzeugung durch Dieselmotoren; obere Grenze in der mechanischen Trägheit; erfordert dann "Umschalten" (epistemologisches Relais) auf die Elektronenröhre zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen

## **Der Elektronenstrahl**

- "Bis zum heutigen Tage hat noch kein Mensch einen Elektronenstrahl gesehen, geschweige denn ein einzelnes Elektron. Jedoch begegnen täglich Millionen von Menschen seinen Wirkungen, z. B. beim Fernsehen oder am Terminal eines Computer" = Alexander von Ardenne / Rainer Bartel, Der Elektronenstrahl - ein modernes Werkzeug, in: Urania-Universum Bd. 35 / 1989?, 171-179 (172); Bildschirm damit quantenmechanische Szene des Elektronenstrahls (photonischer Effekt), Interface einer Visualisierung; so verstandene Medienphänomenologie

## **Simulation**

- "Dein Programm ElektroPlus kann die Wirklichkeit zwar nicht genau nachbilden ( `simulieren` ). Dafür aber kannst du am Bildschirm Experimente machen, die du in der Wirklichkeit unbedingt vermeiden musst" = Burkhard Kainka, Experimentierkasten-Anleitung *Elektro Plus*, Stuttgart (Franckh-Kosmos) 2001, 14 - etwa das Zerplatzen einer Glühbirne bei zu hoher Spannung. "Mit dem Computer kann ich ganz gut eine Art Taschenlampe simulieren. Aber die Batterie wird ja niemals leer. [...] Mit viel Mühe könnte ein Programmierer ein Programm schaffen, das die Realität fast perfekt nachbildet. Aber ganz wird er es nie schaffen." = 32; Simulation zweiter Ordnung die virtuelle Messung der simulierten Vorgänge. Das Interface des virtuellen Voltmeters gibt einen analogen Eindruck: "Aber Vorsicht, hier zeigt sich wieder der Unterschied zwischen Simulation und Wirklichkeit. Es sieht zwar so aus, als würde die Spannung gemessen, tatsächlich aber führt das Programm nur Rechnungen aus." =

49; scheinbares Zeigermeßgerät tatsächlich schon eine digitale Datenausgabe; Kennlinie einer Glühlampe (das Diagramm des Maßes, in dem die Stromstärke wächst, wenn die angelegte Spannung steigt): ändert ihren Widerstand analog zu Schwankungen des angelegten Stroms, während es im Computerprogramm immer denselben Widerstand zeitigt = 82

- Mikroelektronik im Wesentlichen materielle (nicht mathematische) Integration; elektronische Schaltkreise auf einem gemeinsamen Substrat in einem gemeinsamen Fertigungsschritt erzeugt; Bausteine Transistoren, Widerstände, Kondensatoren, andere Halbleiterbauelementen

- manifestiert sich am / im Widerstand das Wirken der entropischen Zeit, die alle Zeitenthobenheit logischer Diagramme unterläuft. Widerstände (ob nun Draht- oder auch Kohleschichtwiderstände) ändern buchstäblich *mit der Zeit* ihren intrinsischen Wert

- vormals offen-sichtliche Ablaufzähler zur Einsicht in die vom Gerät geleisteten Betriebsstunden zu Wartungszwecken; in softwarebasierter Elektronik / ICs Ablaufzähler installiert, welche das Gerät nach vorbestimmter Zeit außer Funktion setzen, um einen Neukauf zu erwirken

## **Strom hören**

- Trennstelltrafo, einem Radio vorgeschaltet: Nicht das Potentionmeter regelt hier als Widerstand die Lautstärke (wie beim Licht-Dimmschalter), sondern der Strom selbst entscheidet über die kritische "Hör"schwelle (analog für Fernsehanschluß dann die "Seh"schwelle, wo Kathodentrahl durchzündet)

## **Elektrische Funken**

- wird mit Feddersens Entdeckung und photographischer Fixierung das scheinbar singuläre Ereignis des elektrischen Funkens als hochfrequente Oszillationen entborgen; demgegenüber das Pixel ein diskreter Lichtpunkt auf gerasterten Bildschirmen und mithin die bloße Erscheinung eines tatsächlichen Pixels als binäre Spannungswerte auf Hardware-Ebene; analoges Gegenstück dazu die von Faradays beschriebenen magnetischen "Feldlinien"

- Funken einmal ein Phänomen, durch textiles Reiben von Bernstein entdeckt; genaue Betrachtung als Lichtbänder erst mit supplementären Zeitobjekten: schnell rotierendem Spiegel (Charles Wheatstone 1834); Eskalation als Bedingung der wirklichen Analyse: nicht nur technisch vermittelte Übertragung des Bildes, sondern auch dessen Speicherung

(wie Filme erst durch Videoaufzeichnung zum Gegenstand einer gleichnamigen Wissenschaft werden), indem Feddersen solche Lichtbänder aus dem Drehspiegel auf photoempfindlicher Schicht autographisch bannt Hagen 2005: 23; sichtbar wird eine nicht nur schlierenhafte, sondern vor allem oszillatorische Entladung, Kondensator, erzeugt elektromagnetische Wellen: also "Radio", besser: Telefunken; [Berend] W.[ilhelm] Feddersen, Entladung der Leidener Flasche. Abhandlungen, Leipzig (Engelmann) 1908 (= Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 166), Tafel III

- erscheint die funkenhafte elektrische Entladung der naiven Wahrnehmung als ein "Strom" in einer Richtung; tatsächlich "ein Hin- und Herschwanken derselben zwischen den beiden Belegungen in Oscillationen, welche immer kleiner werden" = Helmholtz 1847: 46, hier zitiert nach Hagen 2005: 23; bringt Williams Thomson (später Lord Kelvin) diese Erscheinung 1853 auf einen mathematischen Punkt, vergleichbar der Entdeckung des elektromagnetischen Feldes durch Faraday und seiner Berechnung durch Maxwell; Thomsonsche Schwingungsformel; augenfällig an der Fotografie der Funkenentladung: Je geringer die Kapazität der entladenden Flaschen, umso schmaler die Streifen; Periodendauer der Oszillation proportional zur Quadratwurzel der Kapazität

- Differenz Pixel / wandernder Lichtpunkt im elektromechanischen Nipkow-Fernsehen: Amplitudenschwankung von Lichtintensität über Photozelle respektive Glühlampe; demgegenüber Pixel technomathematisch definiert, durch diskrete Wertezuweisung

- medienarchäologische Wiedererinnerungen elektrischer und kinematographischer Effekte sowie Sonifikationen medieninduzierten Wissens

- James Wimshursts Erfindung der Influenzmaschine; weist auf den kruden Funken selbst: zwei sich drehende Glasscheiben mit Metallfolien besetzt und erzeugen durch mechanische Gegenbewegung an zwei kugelförmigen Polen Stromfunken. Brad Hwang nimmt dies zum Kern seiner Installation *Time may change me, I can't change time* (2007), Ausstellung *Vom Funken zum Pixel. Kunst + Neue Medien*, 28. Oktober 2007 bis 14. Januar 2008, Martin-Gropius-Bau Berlin; nicht ersichtlich, was daran die "elektrostatische Zeitmaschine" sein soll, außer der optischen Referenz auf die Zeitmaschine in der Verfilmung von Orson Wells *Time Machine*

**Ebenso physikalische wie (schaltungs-)symbolische Verortung des technologischen Mediums**

- hat Medienwissenschaft ein *fundamentum in re* tatsächlicher Objekte: die Realität der technischen Medien, die (kulminierend im modellbildenden Medium der Gegenwart, dem Computer) als ein mit wechselndem historischen / diskursivem / kulturellem Index versehenes Verhältnis von Logik und Materie darstellen; Dinglichkeit der Untersuchungsgegenstände (technische Artefakte) Voraussetzung ihrer theoretischen Erkenntnis und kulturtechnischen Existenz: Medientheorien im Vollzug; apparative Medien immer an konkrete Materialitäten gebunden, die es sowohl als Schaltpläne wie als Bauelemente zu lesen und zu analysieren gilt - "hands on"

- ist die Frage nach dem elektrophysikalischen Ort des technischen Mediums nicht auf die materielle Körperlichkeit der Apparate reduziert, sondern geht mit dem Digitalcomputer ebenso zu logischen Adressen über; werden Technologien damit (konkreter als in Rheinbergers Definition intendiert) als "medienepistemische Dinge" betrachtet, die der kulturtechnischen Entwicklung an entscheidenden Stellen ihr Gepräge geben: konkrete Artefakte wie die Unruh' (an) der mechanischen Uhr, oder die Elektronenröhre als Verstärker einerseits und digitales Schaltelement andererseits in frühen elektrotechnischen Medien (Radio, Fernsehen, Großrechner) - allesamt Protagonisten auf der Bühne eines Medientheaters; Wissenskulturen, die sich in konkreten und abstrakten (Turingmaschine) technologischen Artefakten verdinglichen - gefrorene Theorie, im Anschluss an ein Denken des "Mediums", wie es von der Physik des Aristoteles bis zur Mathematisierung der Übertragungskanäle in der Kommunikationstheorie Claude Shannons reicht = Kommentar zu einem von Sebastian Döring beworbenen Projektstudium *Physikalische Orte des Mediums*

- Aufgabe von Medienarchäologie, den technischen und technomathematischen Dingen auf den Grund zu gehen; wissende / experimentierende / hermeneutische vs. meßtechnische Methoden der Annäherung an medientechnische Artefakte

- "Medium" als der physikalische Ort, durch den etwas, was vorher kodiert (Nachrichtenquelle) werden muss, um dann nach Wandlung als Signal übertragbar zu sein, hindurchläuft - nicht ohne Spuren im Übertragenen zu hinterlassen, Verrauschung; dennoch am Ende etwas übertragen, was dekodierbar ist; *medium* in Nachrichtentheorie (Shannon) definiert von der Existenzweise des Kanals her; hinzukommend an beiden Enden Signalwandlung (analog) respektive Kodierung (digital); symbolische Operationen und die Materialität, Physik von Kanälen am Mediengeschehen konstitutiv beteiligt; metaphorischen Medienbegriffe für Analyse solcher Realität irrelevant

- ausgeschlossen, sich technischen Medien zu nähern, ohne eine präzise Kenntnis ihrer Materialität, ihrer Hardware und logischen Verknüpfung (für Computer: Software, für "analoge" E-Technik: Schaltungen) zu

besitzen; ansonsten schlichtweg unmöglich (un-abDINGbar), Medien in ihrer Operativität, der Signal- und Informationsverarbeitung zu erkennen; Bau- und Schaltpläne studieren, die Aufschluß darüber geben, welche Vorgänge es überhaupt sind, die es zu bewerten gilt; schärfen sich daran kurrente (diskursive) Begriffe wie "analog" und "digital". Jede mit Transistoren, Kondensatoren, Widerständen und Filtern (also mit diskreten Bauteilen) bestückte Leiterplatte eines klassischen Transistorradios zugleich "digital" beispielbar, abhängig allein von der Beschaltung; erlauben integrierte Schaltkreise (ICs) zunächst keine Umstellung; Ausweg Field Programmable Arrays (FPGA)

- auf Ebene der konkreten elektrophysikalischen Verkörperung auch "digitale" Information "analog" = Marks 2002: 171 ff.; Identifizierung solcher technoepistemischen Moment des Mediums (Schaltung analog, topologisch digital) als medienarchäologische Form von "Lektüre"; nicht kanonische Texte, sondern Kanon von Apparaturen; über Lochkamera / Photoapparat, Kinematograph, Grammophon, Webstuhl, Setzmaschine / Druckerpresse, Radio, Telegraph, Schreibmaschine hinaus: Zuse-Rechner sowie der *analoge* "555 timer integrated circuit", entworfen 1970 von Hans Camenzind. Im Kern fungieren hier Kondensatoren als Komparatoren zur Identifizierung von oberen / unteren Spannungsgrenzen; eine Kippschaltung (Flipflop / dotierter Transistor); <http://www.righto.com/2016/02>, Beitrag "555-timer-teardown", "geöffnet" mit Hilfe einer *hacksaw*, "revealing the tiny die inside"; Hans Camenzind, Designing Analog chips, Kap. 11

## **Elektrophysiologie**

- versucht sich am lebenden Objekt in ausdrücklichem Vergleich zur antiken *Laokoon*-Plastik Guillaume-Benjamin Amant Duchenne de Boulogne an der photographischen Darstellung des elektrophysiologisch definierten "prägnanten Moments" (Lessing); durch die Anlegung von Gleichstrom hervorgerufene Stromstoß induziert in den Gesichtsmuskeln eine (Lessings "prägnanten Moment" noch unterlaufende) augenblickliche Kontraktion und korpsifiziert damit einen Momenten des Realen in der Umschaltung vom makrophysikalischen Ausdruck zum mikroelektrischen Moment = Guillaume-Benjamin Amant Duchenne de Boulogne, *Mécanisme de la Physionomie Humaine ou analyse électrophysique de l'expression des passions*, Paris 1862. Zu den Versuchsanordnungen: Hans-Christian von Herrmann / Bernhard Siegert, *Beseelte Statuen - zuckende Leichen. Medien der Verlebendigung vor und nach Guillaume Benjamin Duchenne*, in: *Kaleidoskopien. Jahrbuch des Instituts für Theaterwissenschaft der Universität Leipzig*, 3. Jg. (2000), 66-98; Abb. "Facial expressions in response to direct electrical stiulation of the muscles and in response to emotional stimulation", *Photographien des Neurologen und Physiologen Duchenne de Boulogne* (1862), reproduziert in: Purves et al. (Hg.) 2008: 214; stellt Einsatz von

Wechselstrom in der gleichen Versuchsanordnung den krampfhaften Gesichtsausdruck auf oszillatorische Dauer: aus Zeitereignissen besteht hier, was die antike Plastik leblos in Marmor formte

## "Geschichte" des Elektrons

- verfaßt Charles R. Gibson Anfang des 20. Jahrhunderts die *Autobiography of an electron*; läßt darin ein Elektron das erzählen, was heute seine "Wissensgeschichte" genannt, indem es zunächst an das vernehmende Gehör eines Menschen appelliert; gleich eingangs: "Es gibt Menschen, die erzählen, wir seien erst seit wenigen Jahren auf der Erde. Diese Behauptung ist natürlich recht töricht. Entdeckt wurden wir allerdings erst vor ganz kurzer Zeit, vorhanden waren wir jedoch schon immer" = Charles R. Gibson, Was ist Elektrizität? Erzählungen eines Elektrons, autorisierte dt. Bearb. v. Hanns Günther, Stuttgart (Kosmos Franckh) 1911, 11 - das *double-bind* von historischem Index und ahistorischer Vorgänglichkeit (Gleichursprünglichkeit).; experimentiert Thales von Milet mit dem Bernsteinfunken; lange Meßinstrumente mangelhaft, um zur mikrophysikalischen Ebene der Elektronen vorzudringen; anhand von Kathodenstrahlphänomenen im evakuierten Glasrohr manifest. Doch die Erzählung klingt aus mit der Warnung, dem Appell des Elektrons an die menschliche Erkundung des Wesens der Elektrizität: "Ein grobes Bild und nie das Wesen der Dinge, das ist die Tragödie der menschlichen Wissenschaft, und darüber kommt ihr nimmer hinaus, weil ihr nur in Bildern zu denken, zu fassen vermögt" = Gibson 1911: 99 - was Heinrich Hertz beherzigt; alternativ dazu das unanschauliche Werkzeug der mathematischen Analyse

## Radioaktivität

- um 1900 langsames Verschwinden nicht der Materie, sondern ihrer Wahrnehmung = Christoph Asendorf, Ströme und Strahlen. Das langsame Verschwinden der Materie um 1900, Werkbund-Archiv Band 18, in Fortsetzung zu: ders., Batterien der Lebenskraft. Zur Geschichte der Dinge und ihrer Wahrnehmung im 19. Jahrhundert, Gießen (Anabas)

- machen Wilhelm Conrad Röntgens Strahlen undurchsichtige Materie sichtbar; zwanzig Jahre zuvor sah Sir William Crookes darin unter anderem die Möglichkeit gesehen, mit Geistern und überirdischen Wesen zu kommunizieren; hatte Crookes bemerkt, "daß verpackte Fotoplatten, die er in der Nähe seiner Röhre aufbewahrte, Schlieren zeigten. Doch er vermutete keinen Zusammenhang mit einer unbekanntem Strahlung [...]. Der amerikansiche Profesor Arthur Willis Goodspeed hatte sogar kreisrunde Flecken aufgenommen, dieser später als Abbildungen von Metallstücken identifizierte. Er hatte die Aufnahmen jedoch jedoch archiviert, ohne diesem merkwürdigen Phönomen weiter nachzugehen,

Röntgen, der als Forscher eher pedantisch als genial war, brachten die zufällig geschwärzten Photoplatten auf die richtige Spur" = Hardy ebd.

- Energiefelder: hat Robert Barry 1968/69 durch den Einsatz von Radiowellen die sichtbare Materie eliminiert und das Kunstwerk auf den Energiefluß reduziert - Aisthesis der Absenz = Lehmann, "Ästhetik", 53 f.; entdeckt Henri Becquerel eine unsichtbare Strahlung, die ohne äußere Anregung freigesetzt wird. Radioaktiv verseuchten Objekten sieht man ihren Schaden nicht an; die Herausforderung des 20. Jahrhunderts das mit nicht-technischen Sinnen nicht mehr Wahrnehmbare

- sieht man radioverseuchten Objekten ihren Schaden nicht an; Herausforderung des 20. Jahrhunderts das mit nicht-technischen Sinnen nicht mehr Wahrnehmbare, sei es das nukleare Sublime oder die Kriegserfahrung. Kurz nach dem Ersten Weltkrieg, der zum Grabenkrieg geronnenen Materialschlacht, schrieb es Robert Musil: "So also sieht Weltgeschichte aus der Nähe aus; man sieht nichts" (Papier Kittsteiner).

- Ströme und Strahlen: korrespondiert mit dem ästhetischen Unsichtbarwerden und der Absentierung dessen, was dennoch umso effektiver *am Werk* ist (parergonal), die Ausformulierung der Infrastruktur. = Joachim Krause, "Ephemerisierung. Wahrnehmung und Konstruktion", in: Bernhard J. Dotzler / Ernst Müller (Hg.), Wahrnehmung und Geschichte. Markierungen zur aisthesis materialis, Berlin (Akademie-Verlag) 1995, 135-163 (139); infrastrukturelle statt rein sprachlich-diskursiver Verkehrsnetze; Heinrich Heine in Paris, den 5. Mai 1843: "Sogar die Elementarbegriffe von Zeit und Raum sind schwankend geworden")

## **Das Zeitmoment der Induktion**

- "Zustand des Raumes" zwischen zwei elektrisierten Kondensatorplatten. "Die Fernkräfte sind zu Schemen herabgesunken" = Heinrich Hertz, Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, Leipzig (Barth) 1892, 26; ferner 23 f.: "Wir können die Einwirkung als eine unmittelbare, den Raum überspringende Fernkraft betrachten, oder wir können sie als die Folge einer Wirkung ansehen, welche in einem hypothetischen Medium [sc. "Äther"] von Punkt zu / Punkt sich fortpflanzt.

- zeitigt allein im Moment des Ein- und Ausschaltens ein stromdurchflossener Leiter magnetische Effekt an der nahegelegenen Kompaßnadel; zeitigt jeder elektronisch induzierte digitale Schaltzustand "Null" oder "Eins" im Moment der Änderung (des Flipflop-Wechsels) Änderungen im Magnetfeld, das alle daran anschließenden Leiterbahnen umgibt; diese "time of non-reality" (Norbert Wiener) ist unreal nur für die Informationstheorie, aber höchst real für die physikalisch-technifizierte

Implementierung; resultieren daraus elektromagnetische Wellen, mithin: Radiosendung. "Folglich pulsiert dieses Magnetfeld im Takt der rasch aufeinander folgenden Schaltzustände und bildet dadurch die gesendeten Daten ab; Komponenten von Computersystemen können unbeabsichtigt als Antennen fungieren; Computergrafik auf dem klassischen Kathodenstrahl-Bildschirm kann als Radio abgehört werden. "In any chain of measures taken to protect information, the weakest link may well be the video display unit radiating information around" = Wim van Eck, *Electromagnetic Radiation from Video Display Units. An Eavesdropping Risk?*, Elsevier Science Publishing B.V. North-Holland 1985; *online* <http://cryptome.org/emr.odt>

### **Radikalisierte Impuls: die Sprungfunktion**

- *Sprungfunktion* (Heaviside) als Dirac Delta-Distribution; Beschreibung von Punktereignissen in der Physik; zeitkritischster aller Momente, für das Digitale buchstäblich "entscheidend"; bleibt die Unschärferelation auch hermeneutisch bestehen: Je genauer Zeit-Punkte zu fassen gesucht, desto mehr entfliehen sie; kein Manko, sondern die Definition von medieninduzierter Zeit

### **Ein neuer Energiebegriff: Elektromagnetismus**

- geht mit Entdeckung von Strom / Spannung, angezeigt durch Galvano- und Voltmeter, ein neuer Energiebegriff einher

- von Faraday experimentell festgestellte Phänomene fügen sich nicht in die bisherige; gegenüber Schellings Naturphilosophie; Martin Heideggers Kritik an der "(be-)rechnenden" Wissenschaft. Fouriers Analyse wird später auf Elektrodynamik übertragen, ausdrücklich in einem Brief von William Thomson an Stokes (Hydrodynamiker) 1847

### **Mechanische Modellierung der Elektrodynamik und Analogien zwischen Physik und Mathematik**

- Maxwells Konstruktion von Präzisions-Meßgeräten (Meßmedien) von vornherein auf mathematische Auswertbarkeit hin angelegt; Primat der Mathematik fließt buchstäblich ein; ent-decken nicht Meßmedien, sondern mathematische Analysis das elektromagnetische Feld

- zeigen mechanische Modelle aus der Anfangszeit der Elektrodynamik nach 1870 die Dominanz mechanischer Modellvorstellungen im 19. Jahrhundert. "Die Elektrodynamik selbst ist aus mechanischen Modellvorstellungen (hydrostatischen und hydrodynamischen Analogien bei Maxwell) hervorgegangen, obwohl sie schließlich dem

Allheitsanspruch der Mechanik eine erste Grenze setze" <Teichmann et al. 1999: 20>; *transzendiert* die Elektrodynamik die Mechanik

- basiert Maxwells kurbelmechanisches Modell der Induktion auf dem Phänomen der Viscose (innere Reibung) als Analogie zum elektromagnetischen Feldauf- und -abbau

- Boltzmann "so fascinated with differential gears as a mechanical analogy of electrical induction that he based a good part of his *Vorlesungen über Maxwell's Theorie der Elektrizität und des Lichtes* (Leipzig 1891) upon this device" = Mayr 1892, Anm. 6

- Gelenkstelle zwischen Differentialrechnung und elektromagnetischem Feld ein medienepistemisches Ding auf der Ebene mathematischer Maschinen; hält Boltzmann 1891 an der Universität München Vorlesungen über Maxwells elektromagnetische Theorie. "He devoted the first lectures to the detailed consideration of a doubly cyclic mechanical system in order to illustrate the mutual inductive effect between two electrical circuits", vgl. "differential of an automobile, to which it is similar in its essential features" = Mayr: 187, Anm. 42. In Maxwells Gyroskop wird Differentialrechnung medientechnisch operativ (Skizze des Geräts in Boltzmann, Vorlesungen, Tafel II, Fig. 15)

- "Der mechanische Zustand eines unter dem Einfluss magnetischer Kräfte stehenden Mediums wurde bald als eine Strömung, bald als ein Schwingungszustand oder als eine durch Druck, Zug oder Drillung etc. entstandene Lagenveränderung der Theile aufgefaßt" = Maxwell 1861/62: 5; Methode dabei ebenso instrumentell-mechanisch wie mathematisch - mathematische Maschinen; eröffnet sich eine markante Differenz: "In der That haben die mathematischen Gesetze der Anziehungen in keiner Weise Aehnlichkeit mit denen von Schwingungen, während sie denen der Flüssigkeitsströme, der Leitung der Wärme und Elektrizität und des Verhaltens elastischer Körper auffallend analog sind" <6>

- geht Maxwell von Linien aus, die den Raum füllen, nicht von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen: Relationen sehen, nicht nur Fixierung auf die Objekte. Am Bild der Strömungslinien am Schiffsrumpf entwickelt er das Modell des magnetischen "Feldes". Maxwellsche Notation in Vektorgrößen. Vektoren lassen sich multiplizieren, etwa zwei Vektoren  $u$  und  $v$ . Daraus resultiert ein Skalarprodukt, weil das Resultat eine einfache Zahl (ein Skalar) ist = Bais 2005: 30

- elektromagnetische Induktion; methodische Eskalation vom epistemischen Ding i. S. Rheinbergers (Faradays Experimentalordnung) über Maxwells Kalkulation (Theorie) zu Hertz' empirischer Verifikation der mathematischen Gleichungen; Aufbau des Resonators im Hörsaal der Hochschule in Karlsruhe mithin verdinglichte (Medien-)Theorie; in Texten

wie Maxwell 1855/56 allmählicher Übergang der diskursiven in mathematische Argumentation; wie läßt sich mathematisch eine elektrophysikalische Maschine schreiben; schlägt der Text in seiner Argumentation von sprachlich in mathematisch um: Schaltstelle diskursiv / nondiskursiv

- beschreibt Maxwell in seiner mathematischen Entfaltung von Faradays Entdeckung des elektromagnetischen Feldes das Verfahren als eines, das die Unterstellung mathematischer Analogien im Analogcomputer vorwegnimmt: "Um physikalische Vorstellungen zu erhalten, ohne eine spezielle physikalische Theorie aufzustellen, müssen wir uns mit der Existenz physikalischer Analogien vertraut machen. Unter einer physikalischen Analogie verstehe ich jene theilweise Aehnlichkeit zwischen den Gesetzen eines Erscheinungsgebietes mit denen eines andern, welche bewirkt, dass jedes das andere illustriert. Auf diese Art sind alle Anwendungen der Mathematik in der Wissenschaft auf Beziehungen zwischen den Gesetzen der physikalischen Grössen zu denen der ganzen Zahlen gegründet, so dass das Streben der exacten Wissenschaft darauf gerichtet ist, die Probleme der Natur auf die Bestimmung von Grössen durch Operationen mit Zahlen zurückzuführen" = James Clerk Maxwell, Über Faradays Kraftlinien (1855/56), in: Ostwalds Klassiker der Exakten Wissenschaften, Bd. 69, herausg. v. Ludwig Boltzmann, Reprint Thun / Frankfurt / M. (Harri Deutsch) xxx, 4

- resümiert Maxwell 1861/62 seine Darlegung: er habe "die mathematischen Beziehungen zwischen dem elektrotonischen Zustande, dem Magnetismus, den elektrischen Strömen und der elektromotorischen Kraft abgeleitet, indem ich mich der mechanischen Bilder bloss zur Erleichterung der Vorstellung, nicht aber zur Angabe der Ursachen der Erscheinungen bediente" = 5

- Heinrich Barkhausens Analogie von mechanischen Schwingungen (Pendel) und elektromagnetischem Schwingkreis (in seiner *Schwingungslehre*) keine ontologische Aussage über Gleichheit, sondern Plausibilität eines Modells

- befürwortet Oskar Becker ausdrücklich "die intuitionistische Forderung, jeder mathematisch existente Gegenstand müsse durch eine in concreto und de facto vollziehbare Konstruktion 'dargestellt' werden können", und formuliert von daher das Postulat: "alle mathematischen Gegenstände sollen durch faktisch vollziehbare Synthesen erreicht werden können" = Oskar Becker, Mathematische Existenz, 2. Aufl. Tübingen (Niemeyer) 1973 [\*19xxx], 196; im Sinne der "Hermeneutik der Faktizität" (Heidegger), als faktische Vollziehbarkeit, also Operativität

- Faradays Experimente sind im doppelten Sinne "induktiv" (labortischgeleitet, führt zur Entdeckung der elektromagnetischen Induktion)

- operative Mathematik / theoriegeleitetes Experiment als deduktive Elektrophysik

- Faradays Charakterisierung der Mathematisch als "hieroglyphisch" gegenüber Maxwell: "Sollte es nicht möglich sein, daß ein Mathematiker, der bei der Untersuchung physikalischer Prozesse und Aussagen zu bestimmten Schlußfolgerungen gelangt ist, diese in der Umgangssprache genauso vollständig, klar und bestimmt ausdrückt wie mit seinen mathematischen Formeln? [...] Man müßte sie nur aus ihren Hieroglyphen befreien, so daß sie auch im Experiment verifizierbar werden" = Brief Michael Faraday von 1857 an James Clerk Maxwell; hier zitiert nach: Hubbard 1997: 13; hat Heinrich Hertz (auf Anweisung Hermann von Helmholtz') genau dies vollzogen: Rückübersetzung der Maxwellschen Gleichungen in den Experimentalraum (woraus dann der drahtlose Funk resultierte); Unterschied zwischen den Hertzschen Experimenten und den Experimentalanordnungen Faradays: Hertz' empirischer Vollzug geleitet von der Abstraktion jener mathematischen "Hieroglyphen", also Formeln. Mit vager Intuition (hier analog zum verbalsprachlichen Ausdruck der Sachverhalte) wäre nie ein Funke gesendet worden; der Unterschied ist jene Präzision, auf der Medienprozesse unter hochtechnischen Bedingungen unerbittlich beruhen: "Zunächst haben Formeln die unangenehme Eigenschaft, Fehler zu zeigen, die bei hinreichend vager Formulierung gar nicht auffallen" = Hubbard 1997: 14 - der ganze Unterschied zwischen diskursiven (mithin rhetorischen) und kalkülisierenden Aussagen

- löscht ein medientechnisches Phänomen im Durchgang durch den historisch kontingenten Ort der Konkretwerdung seine Historizität; wird aus Genesis ein dynamischen Begriff von Geltung; Dialektik von Entzug (*aletheia*) und Vollzug

- klassische Physik: "Die Naturwissenschaft und die Philosophie sprachen dieselbe Sprache" = Bachelard 1974: 16, mithin im Sinne Faradays. "Doch nun bringt uns die zeitgenössische Physik Nachrichten aus einer unbekanntem Welt. Diese Nachrichten sind - nach dem Ausdruck von Walter Ritz - in 'Hieroglyphen' abgefaßt" = 17

- Herausgeber der 1861 und 62 publizierten Abhandlungen Maxwells *Über physikalische Kraftlinien* (die Maxwellschen Gleichungen für den Elektromagnetismus einschließlich der Gleichungen für bewegte Körper), Ludwig Boltzmann: Hertz "welcher die Gleichungen gar nicht ableitet, sondern bloss als phänomenologische Beschreibungen der Thatsachen betrachtet. Die Entdeckung aber erfolgte mittelst der mechanischen Vorstellungen" = 86 - so wird aus einer physikalischen Theorie Radio. Maxwell findet seine Gleichungen im dem Bestreben, vermittels mechanischer Modelle die Möglichkeit einer Erklärung der elektromagnetischen Erscheinungen durch Nahwirkungen zu erweisen;

diese Gleichungen wiederum "wiesen erst den Weg zu den Experimenten, welche definitiv für die Nahwirkung entschieden und heute das einfachste und sicherste Fundament der auf anderem Wege gefundenen Gleichungen bilden" <86>

## **Elektromagnetische Induktion als Modell eines ahistorischen Traditionsbegriffs**

- Medienzeit / Medien in der nonhistorischen Zeit: Oersteds Versuch von 1821 als Urszene des Wissens um Elektromagnetismus gleichursprünglich nachvollziehbar, bzw. rückvollziehbar, wie Sheldrake den Elektromagnetismus als non-historiographisches Modell für morphische Resonanz nimmt: Originaltitel *The Presence of the Past* lässt sich auch unter umgekehrten Vorzeichen deuten, "the pastness of the present"

- "Seldom do more than a few of nature's secrets give way at one time" = Claude Shannon, The Bandwagon, in: IRE Transactions (1956); <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=01056774>; im Unterschied zum wissenssoziologischen Begriff "implicit knowledge" (Polanyi) eher latentes Dingwissen im Sinn einer *aletheia*

- Faradays phänomenologischer Zugang: Elektronen nie gesehen; "Feldlinien" aber durch Eisenfeilspäne sichtbar gemacht

- induktive Energieübertragung gemäß Nikola Tesla; "*Wireless*: Drahtlose Energieübertragung" in ARCHDING

- Feldeffekt-Transistor: Steuerung über Kanal-Widerstand

- erfunden 1931 durch Ernst Ruska, operiert Elektronenmikroskop nicht mehr auf sichtbarem Licht sondern auf Basis des Elektronenstrahls; ersetzen elektromagnetische "Linsen" die bisherigen Glaslinsen; Auflösung ist dabei eine Funktion der Wellenlänge der Elektronen selbst; Compton-Effekt; jüngst chrono-photographische Fassung des Photons selbst

## **ELEKTRONENRÖHRE**

### **Das Relais**

- Siegfried Jahn, Das Relais in der Praxis, Minden (Albrecht Philler) o. J.

- Relaiskontakte zum Einsatz logischer Verknüpfung = Allianz von Logik und Materie (Techno/logie); ebenso Einsatz für "Haltekreise" (binäre Relaispeicher)

- bistabile Röhrenschtaltung (Flip-Flop) = elektronisches Relais (Eccles / Jordan 1919), als Datenspeicher in ENIAC 1946

- William H. Eccles / F. W. Jordan, A Trigger Relay Utilising Three-Electrode Thermionic Vacuum Tubes, in: The Electrician 83 (1919), 298; erscheint im gleichen Jahr auch in: The Radio Review 1 (1919) No. 3, 143-146; beide nennen diese Schaltung aus zwei de Forest-Trioden ein "one-stroke relay" (= Flipflop).

- über "pneumatisches Relais" zur Verstärkung Pneumatischer Klaviere: Siegfried Wendel, Das mechanische Musikkabinett, Dortmund (Harenberg) 1983, 140

- Relais dient zur Verstärkung schwach gewordener Morsezeichen durch neue unverbrauchte Stromimpulse (vgl. Pferdewechsel bei Reisepost Thurn und Taxis). Telephongesellschaften suchen nach Relais für Sprechverbindungen; ankommendes Signal bei Kopplung von Telefonmuschel und Kohle-Mikrofon über weite Distanzen zu schwach, zu zögerlich für gesprochene Sprache. Lee de Forest entwickelt Röhre zur Demodulierung von Funkwellen (Röhrenaudio). Robert von Lieben: elektronische Verstärkerröhre

- Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), eine Weiterentwicklung der Steuerung von Anlagen durch Relais. Die bisherigen Relais werden dabei durch "Programmierbare Relais" ersetzt. Hier wird die Schaltungslogik in einem speziellen Computer zusammengefaßt, herausgeführt werden primär die Geräteausgänge und die Schalter/Meßfühler-Eingänge.

- Relais *ist* ein Speicherzustand: Im wahlfreien Direktzugriffsspeicher ist jede Speicheradresse inhaltlich veränderbar, doch um den Preis der Flüchtigkeit: Mit dem Erlöschen der Betriebsspannung des Computers wird auch sein Dateninhalt gelöscht, weil die Informationen lediglich als elektronische Schaltzustände vorliegen - im Unterschied zur physikalischen Dauerspeicherung durch Magnetisierung oder optischer Inschrift auf Platten in externen Speichern.

- in medienarchäologischer Inkubationsphase des Computers fröhliche Pluralität von Speicherarten. Es beginnt mit dem Relais. Dieses medienepistemische Ding wird durch eine entsprechende Schaltung in einen von zwei unterschiedlichen Zuständen versetzt, den es sich merkt und mithin speichert; ein solcher RS-Kippschalter *ist* nicht nur in einem Speicherzustand, sondern *hat* ihn auch, so daß im Dualzahlsystem damit gerechnet werden kann. Folgen als Datenspeicherelemente der effektivere, weil schaltzeitverkürzende Einsatz von Elektronenröhren in Flip-Flop-Schaltungen, die Kathodenstrahlröhre, die Ultraschall-Leitung, der ferromagnetische Ringkern, und schließlich Magnetband,

Magnetplatten und Magnettrommel. Die Leitungen in ihrer physikalischen Widerständigkeit fungieren hier im Grunde selbst als (Zwischen-)Speicher, was einen dynamischen Speicherbegriff (im Unterschied zur residenten Gedächtnismetaphorik des Okzidents) erfordert. Die Magnettrommel hält dabei das Gedächtnis der Daten in Latenz, denn die gespeicherten Impulse bleiben auch nach Ausschalten der Stromquelle bestehen. Die Löschung der auf der Trommeloberfläche gespeicherten Impulse geschieht erst im Moment des erneuten Beschreibens; ungleich dem mittelalterlichen Palimpsest bleibt dann jedoch keine lesbare Spur mehr zurück. Was zählt, ist der Stellenwert der Speicherstelle.

- parallel zum Relais / Schalter: die Sicherung. Draht, der bei zu hohem Stromfluß aus Hitze durchbrennt - Sicherung in Elektroteilen, zugleich das Prinzip der Glühbirne (dort Erhitzung zur Lichterzeugung genutzt).

- optische Lichtschranke als Unterbrecher/Schalter; Lacans Bild der "kybernetischen Tür"

### **Relais, Elektronenröhre, Flip-Flop, Transistor**

- Werbeanzeige Lucent Technologies (Bell Labs): vom Transistor zum Chip; löst jeweils einen Mediensprung aus (erst Computer, dann Internet)

- Elektronenröhre in *Volksempfänger* mit aufgestempelter Swastika

- Relais als Bestandteil einer elektromagnetischen Uhr (Takt / Zeit / Schaltung)

- Röhren-TV, "Bildröhre", Radio als Mini-TV: die Abstimmmanzeige an alten Röhrenradios. Nur bei genauer Abstimmung bildet der Oszillator mit der Senderfrequenz eine ZF, so daß die Regelspannung ihren Höchstwert erreicht und als Indikator verwendet werden kann

- Funktionsweise der Braunschen Röhre im Oszilloskop: sieht zwar äußerlich wie Rundfunkröhren aus und arbeitet ähnlich, aber reines Anzeiginstrument; Abstimmmanzeigeröhren ("Magisches Auge") "haben einen Leuchtschirm, der als Anode für einen Elektronenstrahl wirkt und mit einer Schicht überzogen ist, die dort, wo die Elektronen auftreffen, hellgrün aufleuchtet. Infolge des besonderen Aufbaus der Röhre kann die Richtung des Elektro/nenstrahls geändert werden, so daß er dann eine mehr oder weniger breite Fläche der Anode tritt - dort entsteht also eine mehr oder weniger große grün aufleuchtende Fläche. Die Richtungsänderung der Elektronen wird durch eine negative Gittervorspannung der Anzeigenröhre bewirkt - und dieses Gitter wird mit an die Regelspannung angeschlossen" = Jakubaschk o. J.: 288 f.

- Geburt des Massenmediums aus einem Artefakt: "Erst die Fortschritte in der Röhrenverstärkertechnik machten Kopfhörer entbehrlich und ermöglichten die Übertragung in Zimmerlautstärke" = Heinz Nixdorf MuseumsForum, Museumsführer, Paderborn (HNF) 1997, 157; Lautsprecher
- Photozelle im akustischen Dienst: Mediengeschichte von Artefakten her nicht nur auf menschliche Sinne bezogen schreiben; changieren elektrotechnischer Kernelemente zwischen sonischem und visuellem Einsatz
- "Im 20. Jahrhundert ist in der Medienwelt prinzipiell nichts Neues mehr erfunden worden" = Siegfried Zielinski, Vortrag am 26. Oktober 1997 am ZKM Karlsruhe, zitiert nach: Dieter Daniels, Kunst als Sendung. Von der Telegrafie zum Internet, München 2002, 92; vergißt dabei die Turing-Maschine
- zentraler Bestandteil elektro-akustischer Beschallungssysteme, der elektromagnetische Verstärker bzw., die grundlegende Elektronenröhre, erst Anfang 20. Jahrhunderts erfunden und während des Ersten Weltkriegs zur einsatzbereiten und mit den elektroakustischen Wandlern kombinierbaren Röhrenverstärkertechnik weiterentwickelt; wird zunächst nach anderen Möglichkeiten gesucht, den entstehenden Bedarf nach einer Lautverstärkung mit elektrotechnischen Mitteln zu decken. "Überbrückt wird diese Lücke vor allem Hilfe elektro-mechanisch arbeitender Relais-Verstärker" = Ralf Gerhard Ehlert, Public-Address-Strategien von 1919 bis 1949, in: Daniel Gethmann / Markus Stauff (Hg.), Politiken der Medien, Berlin (diaphanes) 2005, 319-340 (319 f.)

## **Elektronik, buchstäblich: Die Glühkathodenröhre**

- meint "Elektronik" zunächst das wissenschaftliche Gebiet physikalischer Effekte mit freien Elektronen in Vakuum oder Gas; der Ausdruck "Elektron" steht für das elektrische Elementarquantum, eingeführt 1891 von George Johnstone Stoney
- altgriechisch für Bernstein, wenn er - gerieben - Funken schlägt / Münze Elektron in Lydien
- 1869 Hittorf (Münster) baut die erste Röhrendiode (Halbleiterwirkung von Pyrit und Bleiglanz als Spitzengleichrichter 1874 entdeckt); Nachweis der Existenz von aus Kathoden austretender Strahlung (Schattenkreuzversuch): "Ein in eine Glaskugel eingeschmolzener Glühfaden wurde erhitzt und ein auf Anodenpotential liegendes Blech in der Form des Malteserkreuzes zog die Elektronen an, die durch ihre Beschleunigung zum Teil an dem Kreuz vorbei gegen die mit Leuchtstoff beschichtete Wand des Glaskolbens prallten und die Leuchtschicht

eanregten. Das Abbild des Kreuzes wurde sichtbar" = Dirk Brauner, Gedanken über die Zukunft einer Achtzigjährigen. Röhrentechnik heute, in: StudioMagazin 3, Dezember 1995, 18-31 (25)

- entdeckt Edison 1883 eher zufällig die Emission von Elektronen in Glühlampen; prinzipiell resultiert daraus die Glühkathodenröhre (unabhängig, aber gleichzeitig - vor dem Hintergrund eines medienepistemologischen Dispositivs - von Lieben und de Forest 1906 entwickelt). Die Spannungssteuerung geschieht hier durch ein Gitter (als Elektrode).

- Modifikation von McLuhans Einteilung in Licht als a) Beleuchtung (Edisons Erfindung, die Glühlampe) und b) als Information (Blinkzeichen, Morse-Code). Im Verborgenen kommt Licht in der Glühkathodenröhre zur Stromsteuerung zum Einsatz.

- Elektronenröhre als trägheitsloses Steuersystem, im Unterschied zum Relais nicht auf mechanischer Basis; medienepistemologisches Momentum: Ablösung von der physikalischen Materie zugunsten von Elektronen (erst mit Gas, dann im Vakuum der Röhre); als Verstärkerelement wird Röhre zum digitalen Schalter; medienepistemologisch vom Symbolischen zum Realen - und hier umgekehrt, von *digital* zu *analog*: "The implementation of the new valves together with the "flip-flop" provided possibilities for the creation of powerful amplifiers. Therefore, it became possible to transmit human speech directly instead of traditional Morse code. The world's first live broadcast with a human voice was introduced to Russia by Bonch-Bruyevich in 1921" = G. N. Povarov 2001: 72

- geben Elektronen freiwerdende Energie als Lichtquant ab. An dieser Stelle werden (elektronische) „Bilder der Energie“ zum physikalischen Naturselbsta Ausdruck. „Auf der Glühemission von Elektronen im Vakuum [sowie deren Beschleunigung und Ablenkung durch elektrische bzw. magnetische Felder], schließlich auf der Umwandlung ihrer Energie zu Licht in einem Phosphor beruht die Wirkungsweise der *Kathodenstrahlröhre*" = Bestenreiner 1988: 247

- Differenz der Begriffe elektromechanisch und elektronisch; Nipkow-Scheibe / Ikonoskop Zworykins

- "Die relativ lange Berechnungszeit der elektromechanischen Maschinen resultiert aus den Relais, die für die Zuse-Geräte und den MARK I <Mathemantiker Howard H. Aiken, Hardwar-Universit> verwendet wurden. Der erste elektronische REchner, also ein Gerät, das statt Relais Elektronenröhren benutzt, wurde 1947 in Amerika von John Propser Eckert und John William mauchly fertiggestellt. Er trug tn den Namen ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)." = Alfred

Görgens, Einführung in die EDV. Ein Wegweiser in die Welt der Computer, Köln (Buch und Zeit) 1987, 12

- "Weshalb der ehrgeizige und mathematisch wohldurchdachte Versuch Babbages fehlschlug, war [...] lediglich darauf zurückzuführen, daß es keinerlei Geräte mit den Eigenschaften der Vakuumröhre gab. [...] Sein Apparat bestand aus langen Ketten ineinandergreifender Zahnräder. [...] Die erste wirklich aussichtsreiche Erprobung dieser sequentiell voneinander abhängigen Schaltwerkketten stellte die Konstruktion der digitalen Hochgeschwindigkeitsrechenmaschinen dar" = Norbert Wiener, Die Zukunft der Automaten [orig.: The future of automatic machinery, in: Mech. Engrg, 75 (1953), 130-132; Wiederabdruck: Norbert Wiener, Collected Works with Commentaries, Bd. I, MIT Press 1976, 663-665], in: ders., Futurum Exactum. Ausgewählte Schriften zur Kybernetik und Kommunikationstheorie, hg. v. Bernhard Dotzler, Wien / New York (Springer) 2002, 207-216 (208)

## **Der Transistor (Halbleiter)**

- Halbleiter Pyrit-Kristall (Ferdinand Braun) Detektorradio: Gleichrichter verwandeln Wechsel- in Gleichstrom

- Dezember 1947 Bell Laboratories: Transistor (W. Shockley). Namensgebung Vorschlag Bell-Mitarbeiter J. Pierce: Eigenschaft des Transistors als steuerbarer / kybernetisierter Widerstand zu Kunstwort Trans(fer)(res)istor = "Widerstandsübertrager"

- Emitter - Basis - Kollektor; bipolarer Transistor wirkt als Verstärker oder als Schalter

- MOS-Feldeffekt-Transistor = Metal Oxide Semiconductor (also Halbleiter); zwischen "Quelle" und "Senke" entsteht ein elektrisches Feld als Kanal; fungiert als Schalter. Vorteil: leistungslose Steuerbarkeit (kybernetisches Kredo: Information tritt an die Stelle von Energie).

- Theorie des Metall-Halbleiter-Übergangs: Schottky 1939

## **Einzelelektronentransistor**

- Einzelelektronentransistoren (Ein-Elektron-Transistoren) "elektronische Bauelemente, die zu einem bestimmten Zeitpunkt nur von jeweils einem Elektron passiert werden können. Ähnlich wie Feldeffekttransistoren besitzen sie Reservoirs, die man als Source und Drain bezeichnet sowie (mindestens) ein Gate mit dem der Transistor steuerbar ist. Insbesondere ist es bei mehreren Gates möglich die SETs zur Stromerzeugung zu verwenden. Dazu wird an die Gates eine definierte, hochfrequente

Spannungsfolge gelegt. Im ersten Schritt wird durch ein Gate Kontakt zur Source geschaffen während gleichzeitig die Leitung zum Drain durch ein anderes Gate unterdrückt wird. Die Einstellung erfolgt so, dass genau ein Elektron den SET besetzen kann. Im nächsten Schritt wird die Leitung nach Source unterdrückt und nach Drain ermöglicht. Das Elektron wird durch Spannung an ein weiteres Gate aus dem SET "herausgedrückt". Potentiell könnte mit Hilfe einer Schaltung von SET die Messung der Größe "elektrischer Strom" auf die Messung einer Frequenz zurückgeführt werden, wie es für die Größe "elektrische Spannung" bereits über den Josephson-Effekt der Fall ist, und so könnte ausgehend von einer definierten Frequenz ein hochpräziser Quantenstandard des elektrischen Stroms definiert und dargestellt werden." Eine Realisierungsmöglichkeit: kleinste metallische Übergänge mit einer dünnen Isolatorschicht zwischen den metallischen Kontakten, "durch die Elektronen 'tunneln' können" =

<http://de.wikipedia.org/wiki/Einzelelektronentransistor><http://de.wikipedia.org/wiki/Einzelelektronentransistor> Wikipedia, Zugriff 15. Oktober 2007

### **Röhre *versus* Transistor? (Mythos der Elektronenröhre)**

- "Das Vakuum ist die Semantik der Elektronenröhre" = Hartmut Petzold, Deutsches Museum, München, im Rahmen einer Spezialführung, 20. Februar 2008

- Stichwort Klirrfaktor: entstehen in E-Röhren ergänzend zum Eingangsklang mehr Obertöne als in Halbleitern; letztere vermitteln dadurch einen klareren Ton. Gerade die Unklarheit, die Verzerrung aber war - obgleich ein aus High Fidelity-orientierter Perspektive scheinbar elektrotechnischer Mangel - konstitutiv für die sonische Ästhetik, den Sound des frühen Rock'n Roll (Elvis Presleys Gitarristen)

- Präsenzerzeugung durch akustische Medien, speziell in Röhrenverstärkern, vom Glockenton her vertraut; fehlt ein Grundton und spielt man dem Ohr eine Zahl von Obertönen zuspiziert, ergänzt ihn das menschliche Gehör zu einem "imaginären", ideophonischen Grundton; werden diese Obertöne im Frequenzgang der Röhrenerstärker von der Elektronik selbst erzeugt; verfügt Elektronenröhre (anders als der Transistor) über eine weitgehend lineare Kennlinie; kommt Differenztonfaktor hinzu: zwei Töne etwa, einmal 2000 Hz und einmal 1900 Hz, ergeben einmal (subtraktiv) einen zusätzlichen Ton von 100 Hz, sowie (additiv) einen Ton von 3900 Hz, der im Original gar nicht vorhanden = Henry Westphal, Vortrag über Mythos und Realität der Röhrenverstärker, Seminar für Medienwissenschaft(HUB), 7. Februar 2008 (Medientheater)

- *zeitigt* die Gegenkopplung in Röhrenschaltungen Verzögerungen: das zeitkritische Element, das an der eigentümlichen Materialität der Elektronenröhre haftet

- Klirrfaktor, die "(Harmonic) Distortion" (HD), als Maß für eine nichtlineare Verzerrung = Enders 1997: 147. Eine nichtlineare Verzerrung ist eine solche, "bei der zum Originalklang neue Schwingungen (Kombinationston) hinzutreten" = ebd., 352; ungewollte Verzerrungen mit dem Equalizer ausgeglichen

- macht für Harmonia und Disharmonia der technische Typus Elektronenröhre die ganze Differenz; Triode weist (in der Gegentaktstufen-Schaltung) die Eigentümlichkeit auf, "daß die bei der Verstärkung durch die Röhre verursachten geradzahligen Oberwellen durch die Gegentaktwirkung ausgelöscht werden. Geradzahlige Oberwellen entstehen aber vorwiegend bei der Triode, während die Pentode in erster Linie ungeradzahlige" Obertöne zeitigt = I. Ratheiser, Rundfunkröhren. Eigenschaften und Anwendung, Berlin et al. (Regelius) 1949, 60

- oszilliert Kombinationston zwischen medienarchäologischer Existenz (die Ebene der Akustik) und menschlicher Einbildung ("Eintönung" eigentlich, die Ebene der Psychoakustik)

### **Verdinglichte Elektronik (Elektronenröhre, Transistor, Kondensator)**

- Dirk Brauner, Gedanken über die Zukunft einer Achtzigjährigen. Röhrentechnik heute, in: StudioMagazin 3, Dezember 1995 / Januar 1996, 18-31: Motto: die Elektronenröhre nicht vom materiellen Artefakt, sondern vom Vakuum her denken - eine Art "negatives" epistemisches Ding, denn der Kern der Prozesse, der Elektronenstrom, ist immer noch indirekt, phänomenologisch, faßbar

- Kapitel II "Vom leeren Raum", speziell Unterkapitel II.5 "Leere Räume in der Praxis", aus: Heinrich Konen, Physikalische Plaudereien. Gegenwartsprobleme und ihre technische Bedeutung, Bonn (Verl. d. Buchgemeinde) 3. Aufl. 1941, 31f u. 63-73; leerer "Raum" in Physik und Mathematik; Röntgenröhren; Audionröhre; Braunsche Röhre

- Kapitel IX "Elektronik", in: Laszlo von Szalay, Moderne Technik. Elektrotechnik, Berlin (Safari) 1954, 386-396 u. 401 f.: Elektronen, Brownsche Molekularbewegung, Elektronenröhren und deren Funktionen bis hin zur KI

- astabile Kippstufe, generiert UKW-Hochfrequenz, auf der eingespeiste Niederfrequenz (Audioquelle, Sprache, Musik) gesendet wird, abstimmbar zu empfangen über Radio
- thermisches Rauschen der Elektronen im Vakuum / Brownsche Molekularbewegung; Wieners Versuch einer harmonischen Analyse derselben
- Simulation der Elektronenröhren im ENIAC durch *MatLab*
- das "magische Auge" (Kathodensichtrohre) im ehemaligen Radio, Gegenstück zum "magischen Auge" am Kapazitäts-Meßgerät
- wird die Röhre nicht nur zur Elektronik (zur trägheitslosen Steuerung eines Stroms) eingesetzt (Audion-Röhre), sondern als digitales Schaltelement in Computern, wechselt sie ihren Seinsstatus, ohne auch nur einen Deut ihre technische Verfassung zu ändern. Niemand anders als der große Erbe Sigmund Freuds, Jacques Lacan, korreliert das Subjekt als Funktion einer Serie diskreter Zustände unter explizitem Rückgriff auf eine elektronische Röhre: "All jene, die mit dem Radio hantiert habenm, kenne das - eine Triodenröhre - wenn ´s an der Kathode heiß wird, bombardieren die Elektrönchen die Anode. Befindet sich etwas dazwischen, dann läuft der elektrische Strom durch oder nicht, je nachdem ob das positiv oder negativ geladen ist. Man kann nach Belieben eine Modulation des Stromdurchgangs realisieren oder einfacher ein System des Alles oder Nichts" = Lacan, Das Seminar II: 156
- August Foerster, Das Telegraphon, in: Georg Malkowsky (Red.), Die Pariser Weltausstellung in Wort und Bild, Berlin (Kirchhoff) 1900, 398-400, bes. 399: Verstärkerwirkung ("die Poulsenschen `Relais´")
- Elektronenvakuümrohre verdinglicht die zwei Seiten der Elektrotechnik: einerseits Energie und Materie (Anheizung der Glühfäden, dafür "Heizbatterie"); andererseits Information (Steuergitter); vgl. elektromagnetisches Relais: durch Schwachstromimpuls große Starkströme lenken / verstärken. Leitsätze von McLuhan 1964 (Licht als Energie / als Information in der Neonbuchstabenwerbung respektive als Morsecode) sowie von Norbert Wiener (Information ungleich Materie oder Energie)
- Konsequenzen für Radio als Massenmedium zum Durchbruch: Audionempfänger mit Rückkopplung und NF-Verstärker
- Elektronenröhre als integrierte Schaltung: Loewe-Ortsempfänger OE33 von 1926, entwickelt u. a. von Manfred von Ardenne): hier befindet sich die gesamte Schaltung in der Dreifachröhre (mit Ausnahme des Drehkondensators, Netzschalter, Spule) - "das erste integrierte Schaltmodul der Welt" (Hans-Joachim Liesenfeld, Heiligenstadt); mußten

frühe Audion-Radios noch von der Reichs-Telegraphen-Verwaltung (RTV) genehmigt werden und wurden in geschlossenem Gehäuse, verplombt geliefert - das Gegenteil medienarchäologischer Radioanalyse

- Röhre *versus* Transistor: "In den Entwicklungslaboratorien der ganzen Welt erobern die Transistoren die bisher von den Röhren eingenommenen Funktionen langsam aber sicher. Beim Fernsehen scheint der Transistor zunächst weniger erfolgreich zu sein als auch dem Gebiet des Rundfunks" = Meldung Sigle "-tt-" in: Radio und Fernsehen 22 (1957), 709, nach: *La Télévision Professionnelle* Nr. 260, April 1957; hält sich auf dem Chassis von Rafena-Fernseher *START 1A/1B* hartnäckig die Röhrenbestückung; was die längste Zeit auch im volltransistorisierten Fernseher überlebte: die *Bildröhre*, nicht aus intern technologischen Gründen, sondern als notwendiges Interface

- "Magisches Auge" macht McLuhans Behauptung wahr: das Medium (Elektrizität) als die Botschaft, buchstäblich *fernsehen* (am Radio); "Bildröhren"-TV, Mini-Bildröhre an Radio: die Abstimmmanzeige an antiken Radios

- FlipFlop eine Schaltung aus zwei Triodenröhren; zwei Röhren darin zu einem Regelkreis verschaltet, so daß der Output der einen als Input der anderen fungiert und zwar derart, daß sich jeweils auf einem bestimmten Spannungsniveau ein Gleichgewicht einstellt; dadurch möglich, einen binären Zustand so lange zu speichern, bis Veränderung eintritt

- kann die Röhre - vormals Durchgangsmedium für Elektronen- und Radioströme -, plötzlich geschaltet zu zweit als Eccles-Jordan-Trigger ("Trigger Relay", 1919), als in sich rückgekoppelter Schaltkreis zwei *stabile* Zustände annehmen und damit selbst als Speicher für eine Binärstelle dienen" = Johannes Arnold, Abenteuer mit Flipflop, Halle 1970, 16; in diesem Sinne auch Bernhard Siegert, Passagen des Digitalen, Berlin (Brinkmann & Bose) 2003, 405

- "Multivibrator" von Abraham / Bloch 1919 (für diskreten Takt, erzeugt im Elektrotechnischen)

- Photozelle im akustischen Dienst: Mediengeschichte von Artefakten her nicht nur auf menschliche Sinne bezogen schreiben; Changieren elektrotechnischer Kernelemente zwischen sonischem und visuellem Einsatz

## **Eine Welt für sich. Die Elektronenröhre als Modellfall von Medientheorie**

- Experimente zur Erdatmosphäre als quasi-Simulation von Makroelektronenröhren (Elektronenfluß darin); *Terrella* eine elektrisch

magnetisierte Stahlkugel, in einem hochverdünnten Gas aufgehängt und von Kathodentrajahen beschossen: gelang es Birkeland 1902, eine *Aurora borealis* naturähnlich im Labor zu erzeugen; auf dieser Grundlage eine einheitliche Theorie der Polarlichter entwickelt = Norbert Untersteiner, Theorien, Experimente und der Computer in den Erdwissenschaften, in: Valentin Braitenberg / Inga Hosp (Hg.), Simulation. Computer zwischen Experiment und Theorie, Reinbek bei Hamburg (Rowohlt) 1995, 126-147 (135 f.)

- Technologien im Vollzug als Test aller Medientheorien; aktuelle Epoche nicht schlicht die der Elektrizität (McLuhan), sondern der Elektronik, definiert durch die bewußte Steuerung des freien Elektronenflusses. Verdinglicht ist diese Epoche im Artefakt der Elektronenröhre und ihren diversen Manifestationen; sie ist damit einerseits in technischen Grundlagen präzise faßbar und andererseits Modellbildend für die Episteme der Elektronik selbst

- liegt Grenze der Elektronenröhre einerseits in quantenmechanischen Vorgängen, andererseits in der klassischen Makrophysik; schreibt Heinrich Barkhausens klassisches Lehrbuch das We(i)sen der Elektronenröhre einerseits in präzisen mathematischen Gleichungen an, andererseits in Begriffen, welche diese mithin zeitkritischen Ereignisse im Hochvakuum als dramatischen Mikrokosmos, als Weltgeschehen nach eigenem Recht beschreibt, in der die Elektronen "hinüberfliegen" wie kleinste Individuen und deren Schwingungen in ihrer "Resonanz" eine mikrokosmische Sphärenmusik induzieren; in diesen Momenten läßt sich die medienepistemische Implikation fassen

- Diode eher zufällig anhand der Glühlampe entdeckt ("Edison-Effekt"), wird die Elektronenröhre zunächst als Verstärkerelement in der Telephonie eingesetzt ("Lieben-Röhre"), dann mit Rückkopplung für Radiosendung und -empfang begabt ("Audion-Röhre"); andererseits erfolgt ihr Einsatz als zeitkritisches Meßmedium in Form der Braunschen Röhre (Kathodenstrahlröhre), die später zum Massenmedium Fernsehen wird. Daneben erfüllt die Elektronenröhre Funktion für in frühen Computern (die Schaltgeschwindigkeit der Elektrizität, ultrakurze Speicherprozesse)

- Elektronenröhre exemplarisches Artefakt der Medientheorie; als epistemisches Ding und den damit verbundenen Methoden anschluffähig einmal zur Makrowelt der Meßmedien und sogenannten Massenmedien (die "elektronischen" Medien Radio, Fernsehen, bis hin zum Computer;) andererseits zur Quantenphysik mit ihren mathematischen Verfahren (Photonik, Einstein, Molekularbewegung, Statistik mit Wiener)

- Modellierung der Röhre als Medienarchäologie: "Die Züchtung der Röhre zum ersten nicht-mechanischen Schaltelement der Mediengeschichte gilt als eine hauptsächlich praktische, rein technische Zäsur.

- Gaston Bachelard, Epistemologie. Ausgewählte Texte, Frankfurt / M., Berlin u. Wien (Ullstein) 1974, Teil III 200 ff. "Kontinuität oder Diskontinuität?" Die Dinghaftigkeit von Medienepistemologie zeigt sich an seiner Sprunghaftigkeit

- erlaubt elektronisches, nahezu trägheitsloses Schalten Kippvorgänge ohne materielle Abnutzung und erreicht Geschwindigkeiten, die herkömmliche, elektromechanische Relais um das zigtausendfache übertrifft; setzen zählende Röhrenschaltungen und FlipFlops das theoretisch längst entdeckte Paradigma diskreter Codierung und Berechnung – die 'Welt des Digitalen' – technikhistorisch durch; fordert die techno-logische und techno-mathematische Entwicklung von Röhrenschaltungen zeitliche Koordination und Synchronisation; eine zeitkritische "Welt für sich"

- "Wichtig im Universum ist nicht das organische Leben, sondern die Information. Wenn sich herausstellt, daß die Computer, daß die Maschinen, die Informationen besser transportieren können als der Mensch, der Mensch als Vehikel nicht mehr ausreicht, dann muß der Computerforscher oder \-spezialist beitragen zur Vernichtung der Menschheit, damit die Computer die Information übernehmen, den Transport der Information in Zeit und Raum [...]" = Heiner Müller im Dialog mit Alexander Kluge, unter: [http://muller-kluge.library.cornell.edu/de/video\\_exp.php?f=106](http://muller-kluge.library.cornell.edu/de/video_exp.php?f=106); entspreche passage im Transkript

### **Strom, Elektron und Ion. Die Differenz von Elektrik und Elektronik. Grundlagen der Elektronenröhre (techno-epistemische Ekphrasis)**

- DreifachRöhre (von Ardenne / Loewe) für Radioempfänger OE 333 "erste integrierte Schaltung der Welt" kommentiert DTMB; Patentgebührenersparnis ermöglicht Massenmedium

- Elektronen Elementarteilchen mit einer bestimmten negativen Ladung; "alle beobachteten elektrischen Ladungen sind ganzzahlige Vielfache dieser kleinsten Ladungsmenge [...] umkreisen den Atomkern auf Bahnen, deren Wechsel nur durch Energieaufnahme oder -abgabe möglich ist. [...] Als Leitungs-E.en ermöglichen sie den elektrischen Stromfluß durch Leiter und Halbleiter [...], als freie E.en (vgl. Elektronenemission) sind sie Grundlage der E.Röhren u. a. elektronischer Bauelemente. Foto-E. [...] durch Fotoemission [...] freigesetzt" = Conrad 1982: 95; Begriff der Elektronik selbst, im Unterschied zur (trivialen) Elektrizität (McLuhans unterkomplexe Begriffsverwendung für die Medienwelt, die vor allem elektronisch, nicht schlicht elektrisch im Sinne der Physik ist); unterscheidet Nachrichten- von Elektrotechnik.

"Elektronen, die an ein Atom oder Moleküle gebunden oder in einem kompakten Metall als Leitungselektronen enthalten sind, können durch experimentelle Maßnahmen in ihrer Bewegung nur wenig beeinflusst werden" <Gerthsen 9.1966: 278> - sind also als medienepistemisches Objekt / als medientheoretischer Wissen kaum zugänglich. "An *freien* Elektronen und Ionen [...] kann man mittels elektrischer oder magnetischer Felder Kräfte von praktisch beliebiger Größe und Richtung angreifen lassen" <ebd.>

### **Dingwerdung der Elektronenröhre (ihr historischer Index)**

- Transistor-Patent von 1930 (J. E. Lilienfeld); vorweg Ferdinand Brauns Kristalldetektor als Halbleiter; Einelektronen-Transistor als aktives Element elektronischer Medien; dienen Elektronen nicht mehr in Paketen als Ladungsträger einer Informationseinheit "Bit", sondern *verkörpern* dieselbe vollständig; nicht mehr physikalische Signale Träger von Information, sondern werden selbst informatisiert: mit der Physik rechnend; ein *re-entry* der "calculi" auf elektronischer Ebene (Zahlsteine); Marius Grundmann, Rechnet mit den Quanten!, in: *Wissen. Verarbeiten, Speichern, Weitergeben. Von der Gelehrtenrepublik zur Wissensgesellschaft*, hg. v. Gereon Sievernich / Hendrik Budde (= Bd. VI des Katalogs der Ausstellung *7 Hügel. Bilder und Zeichen des 21. Jahrhunderts*), Berlin (Henschel) 2000, 76-78
- unberechenbar das Verhalten von Elektronen hinsichtlich einer Entscheidung, einer Wegzweigung: "Wenn man das Elektron vor die Wahl stellt, an einer Verzweigung den linken oder den rechten Weg einzuschlagen, kann man, wenn es hinten angekommen ist, nicht sagen, welchen Weg es genommen hat. Wellenmechanik nennen wir Physik das" = Grundmann 2000: 77
- Edison-Patent auf Glühbirne einerseits; auf Edison-Effekt (unausgenutzt) andererseits; GleichrichterRöhre, die ihre Genese aus der Glühbirne verkörpert; Elektronenröhre als gleichursprüngliche Schwester der Glühbirne, aber mit anderer kulturtechnischen Biographie
- als technisches Element das Relais seit 1835 in seiner Ausdifferenzierung in Steuerkreis / Arbeitskreis; Patent *Kathodenstrahlrelais* Robert von Lieben 1906, zeitgleich de Forrest Triode
- ein elektronischer Verstärker verstärkt nicht, sondern steuert eine Energie; parametrische Verstärker bei Schwingungen, Oszillatoren, Takt, Synchronisation usw. (Schaukel) = Hinweis Horst Völz, Februar 2011
- historischer Index konkret eingebrannt: Röhre mit NS-Stempel; Markierung der elektrotechnischen Infrastruktur (Ideologie im Innenkosmos der Elektronik)

- Elektronenröhre und ihre Rolle auf dem Weg zum Tonfilm;  
Elektronenröhre als Verstärker: "Das lang umworbene Problem, das Telephonrelais, die formgetreue Verstärkung schwacher Wechselströme, ist gelöst, durch die Elektronenröhren" = Barkhausen 1926: 1, unter Bezug auf: ders., Zwei mit Hilfe der neuen Verstärker entdeckte Erscheinungen, in: Phys. Zeitschr. 20 (1919), 401

- Wie (nicht) eine "Geschichte" der Elektronenröhre schreiben; nicht *eine andere* Mediengeschichtsschreibung, sondern *das Andere* der Mediengeschichtsschreibung, ihre grundsätzliche Alternative oder zumindest neue Relation. Durchschlagend für Elektronik das an die Erfindung der Elektronenröhre schließende Rückkopplungsprinzip - sowohl für Verstärkung wie für HF-Technik; nutzt Alexander Meissner 1913 gasgefüllte Lieben-Röhren zur Erzeugung hochfrequenter Wechselströme durch induktive Rückkopplung; Patent vom 9. April 1913. "Am gleichen Tag meldete E. Reiss ein USA-Patent auf Rückkopplung zur Niederfrequenzverstärkung an. [...] Es bleibe hier unentschieden, wer die Priorität im juristischen Sinne beanspruchen kann, es sei jedoch hier bemerkt, daß nach einer gewissen physikalisch-technischen Vorgeschichte die Zeit für bestimmte Erfindungen offensichtlich reif und es dann mehr eine Frage des Zufalls ist, in welchem der verschiedenen Köpfe der entscheidende Gedanke formuliert wird" = Steinbuch 1968: 113 - medienarchäologische Inkubationszeit, nahe an Michel Foucaults Diskursanalyse; Kombination aus kulturellem Wissen und technophysikalischer Kontingenz

- Ausstellung Paris, Centre Georges Pompidou, 1985: *Les Immatériaux*; dazu Publikation Lyotard, Berlin (Merve-Verlag) *Postmoderne und Immaterialität*, xxx, 78: "Sanskrit *mâtram*: Materie und Maß (Wurzel *mât*: mit der Hand machen, messen, bauen). [...] Das Interesse für diesen semantischen Aspekt erlaubt es, die Erforschung der 'Immaterialien' in Richtungen auszuweiten, die ein soziologischer, psychologischer oder historischer (die Geschichte der Terminologie betreffender) Ansatz nicht berücksichtigen würde", etwa Elektronik, Suprematismus und Minimal Art in der Malerei, Serialismus in der Musik"

- erkennt Faraday in seinen Versuchen über die Stromleitung von Elektrolyten diskrete wandernde Teilchen, die er dementsprechend "Ionen" nennt; gerät die Metapher des "Stroms" in Konflikt mit der Einsicht in seinen diskreten Charakter; Bewegung hier eine Funktion von Zeit und Zahl (nur so kann Diskretes "fließen"). Zeitgleich zu Faraday Befund der Brownschen Molekularbewegung: "Das, was uns makroskopisch oder im zeitlichen Mittel als kontinuierlicher Strom erscheint, ist in Wahrheit eine diskontinuierliche Massenwirkung ungezählter kleinster Teilchen. Der Leser sieht leicht, daß hierin die alte Atomistik in neuer Form erscheint" = Heinrich Konen, Physikalische Plaudereien. Gegenwartsprobleme und ihre technische Bedeutung, Bonn

(Verl. d. Buchgemeinde) 3. Aufl. 1941, 294; nicht die kulturelle Akkumulation von Wissen über die Zeit hinweg (ihr negentropischer Aspekt); versagt hier das evolutionäre Modell; artikuliert sich vielmehr in einem neuen, wiederholten Anlauf ein Wissen, dessen Agentur die Physis selbst ist - diesmal buchstäblich *im Medium* der Elektrizität

- macht Michel Serres einen Unterschied zwischen Technik und Technologie: Er setzt den „harten“, auf entropischer Ebene arbeitenden Techniken der Industriellen Revolution, kurz: den Maschinen (Mechanik / Thermodynamik), die „sanfte“ Technologie der Datenträger auf negentropischer Ebene entgegen: „Daher behalte ich den Ausdruck `Technologie´ jenen / Artefakten vor, die mit Zeichen, also mit dem Logos umgehen, und stelle ihnen die „Techniken“ entgegen, deren energetischer Wirkungsbereich um den Faktor  $10^{16}$  höher liegt“ = Michel Serres, Der Mensch ohne Fähigkeiten. Die neuen Technologien und die Ökonomie des Vergessens, in: Transit 22 (Winter 2001/02), 193-206 (194 f.)

## **Elektr(on)ische Meßtechnik**

- Elektrophysiologie: Galvani, Forschschenkelexperiment ("tierische Elektrizität"); korrigiert von Volta; Differentialrheotom: Messung elektrischer Ströme in Körpern durch Bernstein 1868; Saitengalvanometer mißt erste EKG-Ströme; Funktion der Elektronenröhre in der Physiologie: Adrian, Problem: Elektrizität stand kaum zur Verfügung; über Autobatterie (wie bei Parry)

- "Fortunately for us [...] the advent of triode valve, or vacuum tube amplification has so altered the whole position that we can compare ourselves to a microscope worker who has been given a new objective with a resolving power a thousand times greater than anything he has had before" <Adrian 1932: 5>, nur daß die Vergrößerung nicht bis zur Quantenmikrophysik reichen darf, da sonst Heisenbergs Unschärferelation zum Zug kommt. Elektronenröhre einerseits eine medienarchäologische Bedingung für das binäre neurologische Hirn-Schaltmodell von Pitts / McCulloch; andererseits wird die Elektronenröhre selbst in der Flipflopschaltung zum binären Schaltelement im "Elektronenhirn"

- definiert ein elektrotechnisches Fachbuch "[u]nsere Umwelt" als "das, was wir sehen, hören, messen können" - letzteres besonders signifikant in der Klimawandeldebatte = Rainer Eckl / Leonhard Pütgens / Jürgen Walter, A-D- und D-A-Wandler. Grundlagen, Prinzipschaltungen und Applikationen, 2., verb. Aufl. München (Franz) 1990, 11; tritt damit neben menschliche Sinnesphysiologie eine messtechnische Phänomenologie

## Oszilloskopie

- "Magisches Auge", die Elektronenröhre als optisches Meßmedium, eine durch den zweiten Kennbuchstaben „M“ erkennbare Abstimmungsanzeige, Hilfe zur trennscharfen Radiofrequenzeinstellung; Auge sieht hier, was das Ohr nur unzureichend zu differenzieren vermag. Schaltbild: Sonderzeichen „Steuersteg“. Zunächst Elektronenweg von Kathode durch Steuergitter zur Anode; dann werden die derart beschleunigten Elektronen durch die Steuerstege und das Anzeigegitter auf den Leuchtschirm gesandt (Schema der AM2). Nachfolger EM4: Anzeige durch Veränderung zweier Schattenwinkel. Moderne Version EM84 („Magisches Band“): Leuchtstoffschicht direkt auf Innenseite des Glaskolbens aufgetragen; gebündelten, aufprallenden Elektronenbringen dort ein schmales, unterbrochenes Band zum Leuchten = Büscher 1967: 164 f. - Prinzip TV-Bildschirm, ander(e)s fernsehen

- Gerät liefert keine direkten diskreten Meßwerte; Information entsteht erst durch Betrachter

- Prinzip Modulation (Radio) *als /in der Zeit*: "Im Elektronenstrahloszilloskop wird ein Momentanwert als Ablenkung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre dargestellt. In der vertikalen Achse (y-Achse) wird dabei der Momentanwert aufgetragen, in der horizontalen Achse (x-Achse) eine zeitproportionale Grösse. Diese Ablenkung wird auf einem phosphoreszierenden Schirm (Emission von Licht beim Auftreffen von Elektronen) sichtbar gemacht" = Skript ETH, 234 - am Ende ein quantenphysikalischer Effekt

- Abb. LXVIIa in Siegert 2003: 570 = Jonathan Zenneck, Photographie des Luminiszenzflecks auf dem Schirm einer Braunschen Röhre bei einem Nullsignal, aus: ders., Eine Methode zur Demonstration und Photographie von Stromcurven, in: Annalen der Physik und Chemie, N. F., 69 (1899), 847, Nullmoment als Dirac-Impuls - im Unterschied zur Photographie der Sinuskurve des Wechselstroms auf dem Schirm einer Braunschen Röhren, in: Zenneck 1899: 850 = Siegert 2003: 570, Abb. LXVIIb

- Elektronenröhre als verdinglichte Epistemologie (Einstein 1905)

- BildspeicherRöhre im Unterschied zur Nipkow-Scheibe: Diskretisierung in Bild"punkte" (tatsächlich Mosaik aus idiosynkratischen Körnern); heute CCD-Technologie (Chips mit winzigen Lichtzellen)

- Differenz zu kinematographischer Ganzbildfrequenz: *interlacing* von Halbbildern

## **Kosmos, Quanten und Vakuum (quintessentielle Fiktionen)**

- Grenze zur Quantenphysik: Schrotrauschen. "Wenn das verrauschte Lichtsignal auf die Photodiode trifft, wird es in ein verrauschtes elektrisches Signal umgewandelt. Die Erzeugung eines Ladungsträgerpaares durch ein Photon ist ein Quantenprozess und unterliegt damit den Gesetzen der Statistik. Selbst ein perfektes optisches Signal führt zu einem statistisch verteilten elektrischen Strom (Poissonverteilt bei ideal kohärentem Licht). Das so entstandene Rauschen wird Schrotrauschen genannt (engl. shot noise). Die sog. Quantenrauschgrenze trifft dann Aussagen wie "19 Photonen pro Bit ergeben ein BER von  $10^{-9}$ ". In den allermeisten technisch relevanten Systemen wird die Quantenrauschgrenze nicht annähernd erreicht" = Gerthsen 9.1966 <?>: 193

- "Schroteffekt"; Brownsche Molekularbewegung (Norbert Wiener)

- Wiener betont, daß "ein geeigneter Versuchseingang für die Untersuchung nichtlinearer Systeme eher statistischen Charakter besitzt, wie etwa die Brownsche Bewegung, als die gesetzmäßige / Gültigkeit trigonometrischer Funktionen. Diese Brownsche Bewegungsfunktion kann im Falle elektrischer Netzwerke physikalisch durch den Schroteffekt der Elektronen erzeugt werden. Dieser Schroteffekt ist das Phänomen der Regellopsigkeit elektische Ströme, welches dadurch etnsteht, daß ein solcher Strom nicht ein kontinuierlicher Fluß von Elektrizität ist, sondern eine Folge von unteilbaren und gleichartigen Elektronen. Daher sind elektrische Ströme statistischen Unregelmäßigkeit unterworfen, die selbst eien gewissen gleichwertigen Charakter haben und bis zu dem Punkt, an dem sie ein merkliches diffuses Geräusch verursachen, verstärkt werden können" = Norbert Wiener, Kybernetik AO 1948; dt. mit ergänzenden Kapiteln von 1961 = Ausgabe Rowohlt 1968, Vorwort zur zweiten Auflage, 12 f.

- Und was, wenn auch die Zeit kein Fluß, sondern ein solches Rauschen ist? Mittelwerte werden hier mathematisch operativ. Wiener nennt als unabdingbar für seine Analysen "ein Instrument, das Mittelwerte liefert und das wir auf der Tastache aufbauen können, daß das Potential in einem Kondensator proportional zu der im Kondensator gespeicherten Elektrizitätsmenge und daher zum Zeitintegral des durch ihn fließenden Stromes ist" = xxx: 14 - mithin eine Definition von Zeit(prozessen) selbst

- Rauschen in der Röhre (Schrotteffekt; Null-Sendung auf TV-Bild); im TV-Rauschen "sichtbar"

- erlaubt "Benutzung des Wortes `Lichtgeschwindigkeit´ zur Kennzeichnung der Geschwindigkeit der elektromagnetischen Strahlung im freien Raum (d. h. in einem unbegrenzten Vakuum)" = J. H. Sanders, Die Lichtgeschwindigkeit. Einführung und Originaltexte, Berlin

(Akademie), Oxford (Pergamon) / Braunschweig (Vieweg) 1970, Vorwort, 8, den Mikrokosmos der Vakuum-Elektronenröhre (im Unterschied zum gasgefüllten Thyatron mit signifikant - für das Digitale, plötzliches Schaltverhalten - anderen Eigenschaften) als Modellfall von Lichtgeschwindigkeit zu verhandeln

- Elektronenröhre zeitkritisch: Verstärkung und Erzeugung höchstfrequenter Schwingungen (GHz-Bereich); Problem: "Die Laufzeit der Elektronen zwischen Kathode und Anode ist von der gleichen Größenordnung wie die Periodendauer der zu verstärkende Wechselspannung; dies hat eine Phasenverschiebung zwischen Anodenspannung und Anodenstrom zur Folge" = Gerthsen 9.1966: 290 - die zeitkritische Grenze der Elektronenröhre zur Lichtgeschwindigkeit, an der sich auch die elektronische Höchstgeschwindigkeit als eine *endliche* erweist

- erreicht Elektronengeschwindigkeit in Röhre bei Spannung von 30.000 Volt etwa ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit

- werden Elektronen in der Klystron-Schaltung einem longitudinalen Wechselfeld ausgesetzt, wird der Elektronenstrom dadurch "geschwindigkeitsmoduliert" = a. a. O., 290 - ein Begriff in der Zeit.

- TV-Bildschirm ohne Sendung, ein dramatisches Gewimmel von Elektronengeschehen; geschieht hier etwas (reine Medienbotschaft), aber die dramatische Struktur erhält es erst durch Modulation (Sendung); TV-Bilder als *mikrodramatische* Modulation des Kathodenstrahls; NF-Dramaturgien gegenüber konstanten HF-Spannungsverläufen

- Schrot-Effekt (Mathematik der Stochastik, Braunsche Molekularbewegung, Thermodynamik); Vorlesungsausarbeitung *Elektronenröhren* nach der Vorlesung von H. Barkhausen, hg.v. d. Arbeitsgemeinschaft Elektrotechnik VI der Technischen Hochschule Dresden, Typoskript, 4: „Glühende Metalle emittieren Elektronen. Elektronentheorie der Metalle - analog der kinetischen Gastheorie“; „Maxwellsche Geschw. Verteilung Zahl der Elektronen“; ferner TS, 57: „wilde Schwingungen“ (Selbsterregung, Frequenzen)

- "Wir nehmen eine Ausgangsschwingung an, berechnen die durch sie veranlaßte Veränderung in der Elektronenbewegung und überlegen, ob die veränderte Elektronenbewegung geeignet ist, die Ausgangsschwingung aufrechtzuerhalten oder anzufachen" <Möller 1930: 411>

- TS, 56: Selbsterregung durch Wärmerauschen (im Unterschied zum äußeren Anstoß): „Die Schwingung wächst dann eine zeitlang unmeßbar`unterirdisch'“.

- Tanz der Moleküle: Barkhauschen-Schwingungen; medienepistemische *mousiké*

- freie Elektronen und Ionen an den Grenzen der *klassischen* Mechanik und Elektrodynamik; kann man Elektronen und Ionen so stark beschleunigen, daß ihre Geschwindigkeit sich der Lichtgeschwindigkeit nähert, "dann gelten die Gesetze der Relativistischen Mechanik" = Gerthsen 9.1966: 278 - Anschluß Einstein (1905)

- Elektronenoptik im Speziellen; hier manifestiert sich (nicht direkt beobachtbar, sondern durch Rückschluß *ex negativo*) die Welleneigenschaft von freien Elektronen und Ionen; Interferenzerscheinungen nur bei Wellen möglich. "Dieser Versuch ist völlig analog zu einem Experiment, das Fresnel an sichtbarem Licht mit Hilfe eines Biprismas ausgeführt hat und mit dem er die Wellenlänge des Lichts bestimmt hat" = Gerthsen 9.1966: 311

- Prinzip *camera obscura*: "Ganz analog wie bei Elektronen und Ionen verrät sich die Wellennatur des sichtbaren Lichts infolge der kleinen Wellenlänge nur in Phänomenen von kleinstem Ausmaß. Bei allen Experimenten großen Stils scheint Licht sich in Gestalt geradliniger Strahlen auszubreiten [...]. Im Laboratorium demonstriert man die geradlinige Ausbreitung z. B. mittels der *Lochkammer*" = ebd. 312 - wobei das umgekehrte projizierte Bild im Innern der Kammer nicht grenzenlos schärfer wird, je kleiner das Loch in der Wand ist: "Unterhalb einer gewissen Größe [...] wird das Bild wieder unschärfer [...]. Diese 'Beugung' des Lichtes ist eine Folge seiner Wellennatur" = Gerthsen 9.1966: 312

- Huygens' Passage über Rømer, der nachweist, daß Licht Zeit braucht; Descartes geht noch von instantanem Licht aus; Huygens' Zeichnung von Kerzenlichtemission nach (schallartigem) Wellenmuster; Äther bei Huygens gleichzeitig fest und elastisch; Young bringt Nachweis des Wellencharakters von Licht

- Longitudinalwellen in Ausbreitungsrichtung (Impulsfortpflanzung); Transversalwelle senkrecht zu Richtung (Wellenform Wasseroberfläche)

- Entdeckung der Photoempfindlichkeit des Selen (Berzelius); Intensität der Lichtwellen (nach Wellenmodell) setzt theoretisch je nach Steigerung der Amplituden mehr Elektronen frei; geschieht aber nicht: hängt von Frequenz, nicht von Amplitude des einfallenden Lichts ab; für Einstein der Nachweis, daß Licht Teilchencharakter hat, nicht Wellencharakter

- "Das Vakuum ist die Semantik der Elektronenröhre" = Hartmut Petzold, Deutsches Museum, München, im Rahmen einer Spezialführung, 20. Februar 2008

## **Elektronen und Gedächtnis: Spezialfall BildspeicherRöhre (Williams Tube)**

- aus der Radartechnologie des II. Weltkriegs Williams-Tube entwickelt, mit Blech als Kondensator vor "Bildschirm"; Datenpunkte gerade nicht sichtbar, wenn aufgeklappt, daher Oszilloskop parallelgeschaltet, zur sichtbaren Kontrolle / "Monitor"

- SichtspeicherRöhre ("Sicht", nicht Bild); schreibt ein Elektronenstrahlssystem die Signale der Speicherschicht ein; ein anderes System "liest" sie aus; Vorgang an sich ganz und gar anikonisch, sondern "techisches Bild" im nicht-bildanthropologischen Sinn

- im Fall von elektronischem Video (und Fernsehen) gar nicht genuin ikonisches Signal; werden optische Muster, um sie technologisch aufzunehmen, zu speichern, zu übertragen und wiederzugeben, in elektrische Signale gewandelt, "die dann etwa in Form von Rillen in einer Schellackplatte oder von Magnetisierung auf einem Band oder von elektrischen Ladungen in einem Mikrochip gespeichert werden können" = Heinz Stolze (Institut für Stimme und Kommunikation, Bremen), Artikel "Frequenz" = <http://www.forum-stimme.de/pages.1/frequenz.htm#Anchor-Zur-49745>; Zugriff 8. Juli 2007; diese Informationen nicht das klassische Bild, sondern eine Aufzeichnung desselben

- SichtspeicherRöhre imstande, "ein Signal aufzunehmen, es zu speichern und anschließend der Auswertung zugänglich zu machen" = Rost 1965: 194; fehlt zur vollständigen Definition für die gegenärtige Medienkultur das "Berechnen"

- elektronische Speicherung diskreter Informationen durch Röhren die kurzfristige Aktualität von Zuständen, nicht emphatisches Gedächtnis; ist die Semantik des *remembering*, kulturwissenschaftlich statt medienarchäologisch gelesen, eine Verfehlung: "The first general type of circuit needed in electronic computing is one capable of remembering. Both digital and programmatic information must be stored: the machine must be able to remember both the numbers that are operated on and the instructions for performing the operations. [... It] consists of an Eccles-Jordan trigger circuit or flip-flop; information can be both registered in it and read out of it electronically, and hence at high speed. This form of memory [...] requires two triodes per binary digit" = Arthur Burks, in: *Electronic Computing of the ENIAC*, 1947

## **In die Röhre gucken (Fernsehen, Radar, Computer)**

- Besonderheit der Kathodenstrahlröhre vom Typus Braunsche Röhre, die dann (mit dem fokussierenden Wehnelt-Zylinder ergänzt) zur Fernsehbirne weiterentwickelt, also von einem optischen Interface für Meßzwecke (Analyse) zum zentralen Darstellungsmedium für elektronische Bilder; Zwischenstück ist die Lieben-Röhre (gerade im Kontrast zur Triode von De Forrest, ebenfalls 1906 entwickelt), die zwar eine Kathodenstrahl-Röhre darstellt, aber nicht zu bildgebenden Zwecken eingesetzt, sondern als Relais für Telephonleitungs-Verstärkung; Oskar Blumtritt über Manfred von Ardenne "Flying Spot Scanner"; inwieweit die digitale Flachbildschirme Funktionen der Braunschen Röhre weiter vollziehen oder technologischer Bruch in Bildgenerierung und -wahrnehmung

- Ausdifferenzierungen der Röhre im Sinne von Simondon. Gründe dafür, daß diese Röhre sich von anderen Röhren abhebt; ist die Technologie janusköpfig; einerseits ein internes Bauteil, andererseits ein Interface, der Bildschirm am Oszilloskop / Fernseher; "magisches Auge" am Radio; aktives Element der Elektronik stülpt sich nach außen; wird sie am Ende zu Metapher für digitale Videos: YouTube

- (nicht metaphorisch) "Magisches Auge" an Testgerät für Kondensatoren; der analytische Blick, "medienarchäologisch Fernsehen", optisches Interface; Werbung zum Vermona Re-tube-verb (Sparrows-Corner.Com, Katalog "Gitarren Effekte"): "Die Indikatorröhre (PM 84), [...] als 'Magisches Auge' bekannt [...], dient nicht (nur) zur optischen Verschönerung des ReTubeVerbs, sondern hauptsächlich als Aussteuerungsanzeige: Berühren sich beide Balken in der Mitte, kommt das Signal in den verzerrten Bereich." Dieser "verzerrte Bereich", ansonsten für Toningenieure ein zu minimierender Defekt der Elektronenröhre (im Vergleich zum weitgehend verzerrungsfrei arbeitenden Transistor) wiederum war für den spezifischen Sound frühen Rock'n Roll konstitutiv

- eigentliche technische Revolution: erhebt Elektronik sich (wie vormals allein der Geist) über die (Trägheit der) Materie; wird die Kathodenstrahlröhre im Museum aber in seiner Trägheit bewegungslos

- symbolisiert Wort RADAR selbst das Ereignis: Buchstaben R und A werden gesendet, an D gebrochen, und kehren unter verkehrten Vorzeichen als A und R zurück (Kittler)

- zwei Radartypen: Pulsradar (Flugsicherung); eine einzige Antenne für Sendung und Empfang; alternatives Verfahren (etwa "Blitzen" von Seiten der Verkehrspolizei): zwei Signale hintereinander gesendet / empfangen, dann hinsichtlich der Zeitdifferenz verglichen;  $r = c \times t / 2$

- zentral für Radar hochfrequente Senderöhren

- Unterlaufen der Radar-Ortung durch Stealth-Bomber, der nur noch von Computern geflogen werden kann
- Begriff des "Direktfernsehens" (Urszene Horst Bredekamp)
- Die Elektronenröhre als zeitkritisches Ding; temporale Ökonomie innerhalb der Röhre / als Funktion der Röhre im Einsatz, etwa TV und Video (Definition Viola)
- Röhre als Projektionsmedium (vollelektronisches Fernsehen: von Ardenne
- Norbert Wieners *Kybernetik* über Fernsehen als Differential
- "Beim Gehirn oder einem Nervenfaserbündel (z. B. Sehnerv) ist das Aktionspotential nur für die Zeitsteuerung, den Rhythmus, Takt oder die Frequenz, da. Die Frequenz aller Fasern wird synchronisiert (y-Achse). Durch die einzelnen Nervenfasern läuft die eigentliche Information. Sie wird transportiert (x-Achse oder Raum)", hat ein Neuron zahlreiche Eingänge. "Es gibt nur einen Ausgang (Axon) analog einem Elektronenstrahl. Über die Frequenz werden die einzelnen Dendriten angesteuert und ein allgemeines Bild geliefert, während der Ausgang die eigentliche Information in die Welt trägt. Ein Neuron ist wie ein Bildschirm, der punktförmig abgetastet wird" = <http://www.dichteswasser.de/printable/lexikon/al/g/gauebene.html>; Zugriff 28-4-07
- Bildröhre a) Fernsehen, b) am Computer: Vektorgraphik *versus* Pixelbild; gemeinsamer Kontext ist die zuende gehende Epoche der Bildröhre im/als Fernsehen und die Transformation des analogen ins digitale Fernsehen; interne Funktion von Elektronenröhren (als Gleichrichter, als Audion-Schaltungen u. a.) war sukzessive zugunsten einer Optimierung (nämlich Miniaturisierung und Abkühlung) durch Transistoren ersetzbar, nicht aber die Funktion der Röhre als Interface (die Bildröhre im/am Fernseher, das Magische Auge als Sendeabstimmungskontrolle am / im Radio); Bildröhre am oder im Fernseher? Sie ragt aus seiner internen Verschaltung heraus, bricht heraus, reißt ein Loch (bildschirmgroß) in die Umkleidung (das eigentliche Möbelstück Fernseher) - weshalb die Gestaltung früher Fernsehkästen oft noch eine zuschiebbare Holzblende vorsieht (etwa am Fernseher Leningrad). Wie ein beharrlicher Anachronismus überlebte die Bildröhre bis vor Kurzem die Transistorisierung und das IC-Werden der Fernsehschaltungen; durch Transistoren erst ersetzbar mit Erschaffung eines medienepistemologisch andersartigen Äquivalents, den Matrix-Bildschirm (Geometrisierung / Mathematisierung)
- Röntgenstrahlen (die Kathodenstrahlröhre an den Grenzen zur Quantenphysik)

- System A-Scope für Fernsehen; im Unterschied zu Schaltung für Radar (Rundsichtgerät); im Unterschied zum Rasterscanmonitor
- Sägezahngenerator für Zeilensprung; Rechteckspannung für Bildhelligkeitsauslenkung bei Rücksprung; ist halb-digital (*avant la lettre*)
- elektrostatische Ablenkung durch elektrisches Feld; im Unterschied zu elektromagnetischer Ablenkung; Ursprung Videokunst aus Bildmagnetisierung: Nam June Paik, Galerie Parnaß (Wuppertal) 1963
- In SAGE Radarüberwachung Einführung des "Interrupt": Computer wartet auf Eingabe durch Menschen (Lichtgriffel); Bildschirm wird interaktiv (nicht mehr nur reine Sichtbarkeit)

### **Oszillationen: Die Röhre als Zeitgeber / Taktgeber**

- ergibt sich Eigenschwingung aus Produkt von Masse und Elastizität; zeitigt elektrischer Schwingkreis quasi-mechanische Trägheitswirkungen, obgleich elektromagnetisches Feld selbst nicht mechanisch
- Schwingung als "periodischer Austausch zwischen zwei Energieformen" (Barkhausen); damit Zeit impliziert / zugleich aufgehoben; Schwingungen nicht nur Funktionen von Zeit, sondern können (in Telegraphenleitungen) synchrone Zeit an jedem Abschnitt erzeugen (Wechselstrom als Zeitgeber); "Einsteins Uhren" (Peter Galison)
- astabiler Multivibrator als Takterzeuger; Flipflop als Speicher
- Quarzoszillator seit 1919 dient einerseits zur Stabilisierung von Frequenzen im Rundfunk; zunächst verbunden mit Triode; Eigenschwingung des Quarzes bestimmt die Frequenz der Elektronenröhre
- Taktgeber im Computer ("clock") erzeugt Rechtecksignale durch zwei verschiedene Spannungen; Zeit selbst wird zum Medium des Rechnens; *time base*
- Atomfrequenzzeit löst sich von planetarischer Zeit; Ablösung von "absoluter" Newtonscher Zeit
- Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen mittels Elektronenröhrenschaltung nach A. Meissner (Triode)
- „Dank dem elektrischen Stromkreis und dem mit sich selbst verschalteten Induktionskreis, das heißt dank dem, was man ein feed-

back nennt (...) erzeugen Sie das, was man eine Oszillation nennt“  
(Lacan)

- Vakuum-Elektronenröhre zwischen elektronischem Bauelement und Interface (Meßmedium): Im röhrenbasierten Oszilloskop (Architektur Marke Funk-Werke Berlin-Köpenick), angeschlossen mit Meßspitzen an den Lautsprecherausgang eines Röhrenradios (KW-Sendungen), sind die elektronischen Schwingungen einmal hochfrequent zum Betrieb des Oszilloskops selbst eingesetzt, einmal niederfrequent sichtbar - eine geschlossene "Schwingungslehre" (Barkhausen)

## **Der Einfluß der Röhre auf die Genese der elektronischen Musik**

- elektronischer Sinuston-Generator

- entdeckt Heinrich Barkhausen infolge von Experimenten mit Elektroakustik zur Detektion feindlicher Schiffe an der Hafeneinfahrt von Kiel im Ersten Weltkrieg, daß Eisen beim Ummagnetisieren ein Geräusch gibt. "Bei ganz gleichmäßiger Änderung der magnetomotorischen Kraft klappen die Molekularmagnete sprungweise in ihre neue Lage und erzeugen dadurch in einer darüber geschobenen Spule unregelmäßige Induktionsstöße, die sich im Telephon als Geräusch erkenntlich machen§" = Heinrich Barkhausen, Zwei mit Hilfe der neuen Verstärker entdeckte Erscheinungen, in: Physikalische Zeitschrift Bd. XX (1919), 401-403 (401); vergleicht dieses akustische Phänomen mit anderen Formen akustischen Wissens, das sich mithilfe des Vakuumröhren-Verstärkers eröffnete, weil damit eine 10000fache Strom-, d. h. eine 100-millionenfache Leistungsverstärkung erzeugen läßt: "Dadurch können noch elektrische oder magnetische Wechselfelder wahrnehmbar gemacht werden, die sich sonst wegen ihrer Schwäche unserer Kenntnis vollkommen entziehen würden. Es ist für sie gewissermaßen ein Mikroskop erfunden worden" = Barkhausen 1919: 401 - eine elektronische Variante des Stethoskops. Auskultation nicht nur am Körper des (medizinischen) Patienten, sondern am elektrotechnischen Artefakt: "So hat W. Schottky kürzlich darauf hingewiesen, daß man bei großen Verstärkungen die Elektronen in den Verstärkerröhren selbst gewissermaßen fliegen hören kann, da der durch sie gebildete Strom gemäß der kinetischen Gastheorie spontane Schwankungen ausführt" = ebd., unter Rekurs auf: Scottky, in: Verh. d. D. Phys. Ges. 20, 71, 1919

- kann der Begriff genuiner "Medienkunst" im Theremin geerdet werden, hier nicht Medien schlicht Prothesen menschlicher Imagination, sondern der Mensch selbst zur Prothese des Mediums, buchstäblich verbracht ins elektromagnetische Feld, positioniert dort, gestellt; Steven Martin, Theremin, an electronic Odyssey, USA 1993

- macht die Elektronenröhre zwischen "elektrischer" und "elektronischer Musik" den ganzen Unterschied

- konzipiert Brinkmann eine Apparatur zur Umsetzung farbiger Lichterscheinungen in tonfrequente elektrische Schwingungen auf der Basis von Newtons Farbspektralanalyse als Lichtzerlegung; Raoul Hausmanns "Optophon"; liegt das Sonische hier im Wesen der Elektronenröhre selbst, nicht erst als Bedingung von Musikproduktion: "Grundprinzip der Anordnung ist die optische Analyse zusammenhängender farbiger Lichterscheinungen und die Verwendung dieses zerlegten Lichtes zur Erzeugung sinusförmiger tonfrequenter Schwingungen in Röhrensendern, Wechselstromgeneratoren oder dgl. Durch wechselnde Bestrahlung lichtelektrischer Zellen werden die verschiedenen Stromkreise dieser Röhrensender [...] geschlossen bzw. unterbrochen, wobei gleichzeitig die Amplitudenregelung der entstehenden Schwingungen erfolgt. Es können hierzu Schwingungskreise Verwendung finden, deren Eigenfrequenzen musikalisch brauchbar ist - als Grundton oder geradzahlige 'Harmonische' -, oder aber solche, die nach der Methode der Frequenzvervielfachung ganze Farbgemische erzeugen" = Walter Brinkmann, Spektralfarben und Tonqualität, in: Farbe-Ton-Forschungen, Bd. 3 (1931), 355-388 (355)

- Elektronenröhre zur Erzeugung von HF-Schwingungen; Begriff des Rhythmus, definiert als "Fließen im Duktus der Regelmäßigkeit" (Schwingungen, Oszillationen) = Werner Seidel, Eintrag "Rhythmus", in: Das neue Lexikon der Musik in vier Bänden, Stuttgart 1996, 31-34 (31)

- entwickelt Theremin aus Versuchen mit Metalldetektoren; biographische Daten Theremins *systematisch* anschließen (Querverweis Barkhausen, Gründung Institut für Schwingungsforschung); in elektronischen Schaltplan einschreiben; "Lab"-Diagramm Anthony Moore

## **Transformation oder Bruch? Elektronenröhre versus Transistor**

- Röhre versus Transistor; Ära der Elektronenröhre in der zweiten Hälfte der 50er Jahre durch den Transistor abrupt beendet; ab 1955 dreibeinige Transistoren im Handel verfügbar, 1959 erstes planares Transistor vorgestellt. "Damit begann die Zeit der monolithischen Schaltkreise und gleichzeitig wurde der Deckel des Computers geschlossen. Da alle Funktionen auf winzigen Siliziumplättchen mit einer Grundfläche von weniger als einem Quadratzentimeter integriert sind, ist es nicht mehr möglich, selbst Hand an die Hardware zu legen, sie zu verändern oder zu reparieren" = Georg Fleischmann, Hardware-Einfalt: Von der verlorengegangenen Kunst, Computer zu bauen, in: Lab. Jahrbuch 1996/97 der KHM, Köln (Walther König) 1997

- Einzelelektronentransistor buchstäblich ein "Elektronenrechner", sobald mit einzelnen Elektronen gerechnet; Bit-Speicher auf atomarer Basis

- grenzt Medienwissen(schaft) einerseits an die Fragen der Kommunikationswissenschaft und Publizistik (Massenmedien), andererseits an die Quantenphysik - sowohl als Gegenstand (Elektronen als Elementarteilchen) wie operativ (die Messmedien der Quantenphysik verbleiben ihrerseits im elektrophysikalischen Bereich). Obgleich der Transistor funktional schlicht die Variable füllt, welche die Elektronenröhre eröffnet hat, stellt er seinem Wesen nach einen Bruch mit derselben dar; Elektronenröhre bleibt in der klassischen Elektronik, während der Transistor bereits mit Quanteneffekten auf Halbleiterbasis arbeitet - etwa die Leitfähigkeit für Elektronen, deren Sperrung sich unter Lichteinfluß (photonisch) aufhebt (Selen u. a.); photonischer Effekt auf Bildschirm

- verdinglichte Elektronik (Elektronenröhre, Transistor); Mythen der Elektronenröhre *versus* Transistor ("warmer" Klang der Verstärker); die Herausforderung der Röhre durch den Transistor

- Wärme-Empfindlichkeit des Transistors in Mikroelektronik; Transistoren in ihrer Materialität an der *transitiven* Grenze zur *physis*; Quantencomputer: mit der Materie selbst buchstäblich *rechnen*; kein intransitiver Einsatz von Bauteilen mehr möglich (analog zur symbolischen Operation von Schrift und Zahl gegenüber der materiellen Welt)

- Dezember 1947 Bell Laboratories: Transistor (W. Shockley); Namensgebung Vorschlag Bell-Mitarbeiter J. Pierce: Eigenschaft des Transistors als steuerbarer, kybernetisierter Widerstand zu Kunstwort Trans(fer)(res)istor als "Widerstandsübertrager"; Dirk Brauner, Gedanken über die Zukunft einer Achtzigjährigen. Röhrentechnik heute, in: StudioMagazin 3, Dezember 1995, 18-31 (24)

- Emitter - Basis - Kollektor funktional äquivalent zu Triode; bipolarer Transistor als Verstärker oder als Schalter; MOS-Feldeffekt-Transistor als Metal Oxide Semiconductor Halbleiter; entsteht zwischen "Quelle" und "Senke" ein elektrisches Feld als Kanal; fungiert als Schalter. Vorteil nahezu leistungslose Steuerbarkeit; kybernetisches Kredo: Information anstelle von Energie; Theorie des Metall-Halbleiter-Übergangs Schottky 1939; Modell "Ionenwanderung als Modell einer Halbleiterdiode" in: Teichmann et al. 1999: 31

- Halbleiter kristalline Werkstoffe, "deren elektrische Eigenschaften durch gezielte Verunreinigung (Dotierung) stark verändert werden können. Insbesondere an Kontaktflächen unterschiedlich dotierter Halbleiter können interessante Quanteneffekte auftreten, welche für die Herstellung

von Halbleiterbauelementen genutzt werden = Skript "Elektrotechnik",  
ETH Zürich, 97

- Kriterium für Differenz zwischen Röhren- und Transistormedienkultur  
das Kippen in eine andere Dimension; wird aus dreidimensionaler  
Anordnung im Raum, eher skulptural (Röhrenradio), eine Fläche, fast: in  
etwa zweieinhalbdimensionaler Raum; dotierter Halbleiter Elektronik im  
physikalischen Medium selbst

- "Volksempfänger" und Wiederauflage Otto Versandt 70er Jahre  
(transistorisiert); Gehäuseform bleibt Zitat, darin aber fast Leere

- zwischen (dreidimensionaler) Hardware und logischer Software  
mikroelektronische *Firmware*: "ROM-Lesespeicher, die eigentlich  
kombinatorische Schaltungen sind. In ihnen können unveränderliche  
Funktionsteile des Betriebssystemes und andere Steuerfolgen abgelegt  
werden" = Wolfgang Coy, Speicher-Medium, in: Wolfgang Reisig / Johann-  
Christoph Freytag (Hg.), Informatik. Aktuelle Themen im historischen  
Kontext, Berlin / Heidelberg / New York (Springer) 2007, 79-104 (87),  
beispielsweise Basic Input Output System (BIOS) in Personal Computern

- überdauert die Elektronenröhre in der "Zählröhre" (zur  
Strahlungsmessung, siehe Geigerzähler) unersetzbar durch Transistor,  
weil Funktion der Gasentladungsröhre physikalisch nicht durch einen  
Halbleiter ersetzbar

## **Nerven und Elektronenhirn**

- Gedanke, Neuronenfunktionen und Elektronenrechner zu korrelieren,  
von der spezifischen Eigenart der Elektronenröhre im Computer  
suggeriert; korreliert deren Signalspannungs"steilheit" mit  
Aktionspotential in Nervenzellen

- differieren Neuroinformatik und -biologie nicht nur begrifflich; McCulloch-  
Pitts-Zelle simuliert zwar die logischen Gatter AND, OR, NOT; erst wenn  
dieses Modell mit dem Gedanken der Rückkopplung versehen wird, ist  
das System lernfähig (im Sinne des Operationsverstärkers im  
Analogcomputer)

- Hirn rechnet parallel; der von-Neumann-Computer dagegen strikt seriell

- operiert Nervensystem mit geringer Genauigkeit als der numerische  
Digitalrechner, der beliebig genau skalieren kann; vermag das Gehirn  
präzise zu arbeiten, nicht im Sinne arithmetisch präziser Markierungen;  
ersetzt logische Zuverlässigkeit Mangel an arithmetischer Präzision

- "feuern" neuronale Aktionspotentiale ("the nerve-pulse part of the system" digital, die endophysikalischen chemischen Abläufe in der Zelle analog = John von Neumann, *The Computer and the Brain*, New Haven: Yale University Press 1958, 68; insofern ein Hybrid-Computer

- besteht Neuron aus Dendriten, Zellkern und Axon; am Ende des Axons Synapsen. Ab einem bestimmtem Schwellenwert feuert Nervenzelle; Schmitt-Trigger (*latch*)

- Hochlin-Huxley-Modell der Biokybernetik: Simulation von Neuronen durch Widerstände und Kondensatoren; neuronales Netz 1952; erstes mathematisches Modell McCulloch / Pitts (1943) "A Logical Calculus immanent in nervous activity"; praktisch denkbar vor dem Hintergrund der Arbeitsgeschwindigkeit der Elektronenröhre statt träger Relais (ENIAC)

- Elektronenröhre im (elektro-)physiologischen Einsatz; Adrian 1932; Elektronenröhre als physiologisches und neurobiologisches Meßmedium;

- unternimmt Giulio Panconcelli-Calzia am Hamburger Institut für Experimentelle Phonetik apparative Untersuchungen zum Taktschlag beim Deklamieren von Versen mit dem Ziel, die so gewonnenen Daten mit der rhythmisch-metrischen Vorgabe abzugleichen; Trägheit elektromechanischer Meßapparaturen versagt hier, bis seit 1906 die Elektronenröhre (und die daran gekoppelte Elektroakustik) "Eine Anwendungsmöglichkeit des Niederfrequenzverstärkers in der experimentalphonetischen Praxis" erlaubt (Titel eines Beitrags von Leo Hajek in der Phonetik-Zeitschrift *Vox* 1931); unterstreicht Panconcelli-Calzia die neuen Registriermöglichkeiten im elektromagnetischen Feld: "Erst mit Hilfe eines elektro-akustischen Apparates war es möglich geworden, die Aufgabe in befriedigender Weise zu lösen. Die rhythmischen Äußerungen der Vpn wurden durch ein Reiß- bzw. Bändchenmikrofon über einen Vorverstärker und Hauptverstärker auf eine Schallfolie aufgezeichnet" = zitiert nach Stefan Rieger, *Schaltungen. Das unbewußte des Menschen und der Medien*, in: Stefan Andriopoulos / Gabriele Schabacher / Eckhard Schumacher (Hg.), *Die Adresse des Mediums*, Köln (DuMont) 2001, 253-275 (257); während also Milman Parry die Gesänge der Guslari zu philologischen Zwecken auf Schallfolie bannt, geschieht dies in der Phonetik nur als Zwischenmedium: "Von dieser übertrugen wir die Glyphen auf dem heute üblichen Wege auf die berußte Trommel des Kymographions" <ebd.>. Und ganz so, wie Albert Lord Parrys phonographische Forschungen auf Wire Recorder fortführt, unternimmt später auch Eberhard Zwirner "Silbenverständlichkeitsmessungen am Srtahldrahttelegraphon" (sein Aufsatz in *Vox*) - in einem Medium, das dann seinerseits mit Elektronenröhren betrieben wird

- Elektronenröhre als zeitkritisches Meßmedium (Oszilloskop) / als Vermessung des Zeitkritischen

- besteht zwischen einem Computer und einem Hirn, welche die gleiche einfache Rechnung durchführen, ein "Quasi-Iso/morphismus auf der rechnerischen Ebene, aber weder auf einer strukturellen noch auf einer differenzierten funktionalen, weil es auf dieser eben keine Entsprechung zwischen den Neuronen und ihrem Feuern einerseits und den Schaltkreisen und Elektronenflüssen andererseits gibt" = Giuseppe O. Longo, Die Simulation bei Mensch und Maschine, in: Valentin Braitenberg / Inga Hosp (Hg.), Simulation. Computer zwischen Experiment und Theorie, Reinbek bei Hamburg (Rowohlt) 1995, 26-43 (33 f.)

- daß "Elemente wie die Neuronen, die Atome des Nervenkomplexes unseres Körpers, ihre Arbeit unter fast den gleichen Bedingungen wie Vakuumröhren verrichten, mit ihrer relativ kleinen Energie, die von außerhalb durch die Zirkulation ergänzt wird" - gleich Schwingkreis - "und daß die Bilanz, die sehr wesentlich ist, ihre Funktionen zu beschreiben, keine Energiebilanz ist" = Wiener 1948/1992: 79; ebd., 176 f. über Synapsen; logischer Anschluß: Flipflop-Schaltung

- Konsequenzen der Computer-Hirn-Analogie für die Semantik von Gedächtnis: "Aus dieser kybernetisch beeinflussten Frage verschob sich im amerikanischen Sprachgebrauch die Interpretation des Speichers zum Gedächtnis - von Computer Storage zu Computer Memory. Im deutschen Sprachgebrauch blieb freilich das einfache Wort Speicher haften, wie es schon in den ersten Schriften Konrad Zuses verwendet wurde" = Wolfgang Coy, Speicher-Medium, in: Wolfgang Reisig / Johann-Christoph Freytag (Hg.), Informatik. Aktuelle Themen im historischen Kontext, Berlin / Heidelberg / New York (Springer) 2007, 79-104 (85); schreibt Zuse in einer Tagebuchnotiz vom 20. Juni 1937 vom "mechanischen Gehirn" <zitiert ebd., Anm. 11>

- in John von Neumann, First Draft of a Report on the EDVAC, 30. Juni 1945, ausdrücklich Passage, in der an die von McCulloch/Pitts entworfene Modellierung menschlicher Hirn-Neuronen durch Elektronenröhrenschaltung angeknüpft wird; formuliert zudem ein zeitkritisches Element: erst Elektronenröhre in der Lage, mit ihrer Geschwindigkeit die Informationsverarbeitung in menschlichen Hirnzellen zu emulieren

### **Flip-Flop: Die Elektronenröhre als digitaler Schalter**

- kam im Computer ein vollelektronisches Bauteil zum Einsatz, wiederum aus einem anderen Einsatz vertraut: die Radoröhre. Zwei unterschiedliche Zustände sind mit Hilfe von aus Elektronenröhren

gebauten FlipFlops stabil realisierbar. In ihr kommt es zu einer Bifurkation: der aus der mathematischen Nachrichtentheorie entlehene Begriff der Information; in ihrer physikalischen Form die gleichen Röhren ein Risiko, denn an ihnen bricht das Reale der Welt (Unfall und Störung) ein: "Im Gegensatz zu heutigen Computern, in denen Halbleiter bzw. ICs eingesetzt werden, treten [...] in Röhren-Anlagen vergleichsweise häufig Hardwarefehler auf, wenn altersschwache Röhren nicht rechtzeitig durch vorbeugende Wartung erkannt und ausgetauscht werden" = Horst Zuse, in: Günter Mußtopf (Hg.), Als die Computer laufen lernten, Hamburg (perCamp) 2005, 16 Erkenntnis war buchstäblich: Bei Inbetriebnahme des Z22 etwa (der Röhrengroßrechner der Zuse KG, Hünfeld) zunächst die verkleidenden Schranktüren geöffnet um zu sehen, ob die Heizfäden der Röhrenkathoden tatsächlich glühten = ebd., 17

- wird es manifest im E-Röhren-Baustein (FlipFlop) der Z22; Abb. in Mußtopf (Hg.) 2005: 17, Abb. 1.2.2: Computer operieren nicht einfach digital (das war Telegraphie auch schon, und das ist längst die alphabetische Schrift), sondern spezifisch binär, nämlich mit einer Schaltungslogik, welche die Boolesche Mathematik (von wahr/falsch-Werten) physikalisch implementiert - eine Überführung, die Claude Shannon als Ingenieur Ende der 1930er Jahre leistete. Es war die Physik elektrotechnischer Bauteile (vom elektromechanischen Relais an), welches die binäre Operation für Rechenautomaten nahelegte: vermögens ihrer (ansonsten in der Telephontechnik eingesetzten) Fähigkeit, eindeutig zwischen zwei Zuständen schalten zu können. Damit läßt sich (seit Boole) auch rechnen - eine epistemologische (nicht physikalische) Transformation dergleichen Funktion. Die zentrale Eigenschaft unserer Computer ist also von der Logik der Materialität selbst suggeriert.

- Zuse-Rechner Z22: verwendet DoppelRöhre als Flip-Flop; die Elektronenröhre in der Rolle der Relais; elektromechanisches Relais aus Telegraphie- und Telephonvermittlungstechnik; Flipflop-Schaltung hat eine ebenso logische Funktion, wie sie auch ein 1-Bit-Speicherelement darstellt (von Neumann, "Draft")

- wird bei der digitalen Nutzung analoger Röhren zugunsten der binären-Information - das Wissen um die ansteigende Spannung (bis zum Kippunkt) vergessen; Qualität des Analogen als zusätzliche Information zu retten die Aufgabe einer eingebetteten Turing-Maschine

- Dreifach-Röhre von Ardenne in Loewe OE 33 ("integrierte Schaltung", mitsamt Widerständen und Kondensatoren zu Radiozwecken)

- späterer Einsatz der Röhre als Relais im Computer: von der Energie zur binären Information

- gasgefüllte (nicht-Vakuum-) Röhren; abrupte Zündung als Bedingung diskreter Zustände; Hans Grossmann, Glimmröhre und Fotozelle in Hand des Funktechnikers, Minden (Philler) o. J.

- als elektronischer Verstärker, Gleichrichter und Detektor (Audion-Verbund) im Einsatz, läßt sich die Röhre als Mikrowelt, in der Elektronen strömen, beschreiben; als Alternative zum mechanischen Relais eingesetzt (digitaler Schalter, Kippschaltung), zählt nicht mehr ihr Innenleben, sondern nur noch die entscheidende Nachricht, die nach außen dingt (0/1)

- "The most common forms of storage in electrical circuits are the flip-flop or trigger circuit. [...] *The flip-flop again is truly a binary device.* [...] Each stage of a dynamic accumulator consists of a binary counter for registering the digit and a flip-flop for temporary storage of the carry. [...] This principle has already demonstrated its usefulness in the ENIAC" = Burks, zitiert nach Robert Dennhardt, Die Flipflop-Legende, 2009

- Verschränkung der hochanalogen Röhre mit binärer Informationsverarbeitung eine widerstrebige Fügung; über die Macy-Konferenzen 1946–1953: "You begin with the rather highly digital electron, conclude the next step with rather analogical hard vacuum tube, use it as a „flip-flop“, which is primarily a digital element, and so on. When you have gone through enough stages, what you are finally dealing with depends upon function" = Gerard 2003, 182; Flipflop als Binärspeicher; sprunghaftes Übertragungsverhalten, verursacht durch Rückkopplung mit je zwei stabilen oder quasi-stabilen Zuständen

- entscheidend ist hier nicht die Möglichkeit der Speicherung eines binären Zustands (leisten Konrad Zuses Relais oder gar Eisenplatten im Z1 und Z3), sondern Geschwindigkeit (Burks: "at high speed"), mit der sie umgeschaltet, ein- und ausgelesen werden können - also koppelbar an die Geschwindigkeit der Elektrizität selbst (auf Seiten der Gesetze des Elektromagnetismus und seiner Verschiebungsströme, Maxwell)

- Schaltplan des Trigger Relay (Flipflop) in William H. Eccles / F. W. Jordan, A Trigger Relay Utilising Three-Electrode Thermionic Vacuum Tubes, in: The Electrician 83 (1919), 298

- Rückkehr der analogen Röhre in der digitalen Verschaltung: von der Röhrenmathematik zur technomathematisch aktiven Simulation der Röhre

- initiale FlipFlop-Schaltung: nicht vorhersagbar, welcher Zustand nach Einschalten eingenommen wird; *quasi* Quantenzustand; für Flipflop zwei Schalter "setzen", "rücksetzen"

- ENIAC rechnet 10 Zustände durch Hintereinanderschaltung von binären Flipflops; alternativ dazu: integriertes Bauteil zur Speicherung von 10 Zuständen auf Elektronenstrahlbasis, ablenkbar; trifft auf einen von 10 Löchern oder auf Zwischenraum. Durch Rückkopplung wird Strahl auf Löcher gezogen (Strahl bestreicht Skala); jeder Stellung eine Spannung zugeordnet. Elektronenstrahlzählröhre E1T, in Rußland für Speicherung von 256 Bit-Speicherung eingesetzt, als A/D-Wandler: analoge Spannung angesetzt, dann digital (zwischen)gespeichert

- Verfahren der dekadischen Kathodenstrahl-Zählröhre;  
<http://www.emsp.tu-berlin.de/lehre/lehre/mixed-signal-baugruppen>, Kurs Henry Westphal: "DIGITALTECHNIK - BACK TO THE ROOTS: Digitale Schaltungen mit einfachen Bauelementen unmittelbar und sinnlich erleben"

## **Verklärungen der Elektronenröhre und ihre Rückkehr als technomathematische Simulation**

- medientechnische Begründung der subjektiv empfundenen Klangwärme von Röhrenverstärkern gegenüber Transistorverstärkern

- frühes elektro-mechanisches Instrument, der Neo-Bechstein-Flügel, im Technischen Museum Wien: "Was den Klang anbetrifft, ist er im Technischen Museum Wien wieder nachvollziehbar geworden" = Peter Donhauser, Elektrische Klangmaschinen. Die Pionierzeit in Deutschland und Österreich, Wien - Köln - Weimar (Böhlau) 2007, 93; Saiten tatsächlich angeschlagen, Resonanzboden aber nicht als klangabstrahlendes Element, sondern Saitenschwingungen von elektromagnetischem Tonabnehmer abgetastet und in ein elektrische Signal verwandelt: "Tonsignal" (signal "processing"); Manipulation wandert vom Körper (Anschlag) in die Elektronik; am Ende der Synthesizer; technische Artefakte Medien erst im Signalvollzug; ihre non-historische Medienerfahrung liegt also im Nach-Vollzug; "Verstärker wurde sorgfältig schaltungstechnisch untersucht und konnte nach Abwägen des zu erwartenden Informationsgewinns im Vergleich zu den Risiken wieder in Betrieb genommen werden" <ebd.>; verwendet der originale Lautsprecher, der kaum Abstrahlung hoher Oberte zuläßt. "Entscheidend aber ist die Wahl der originalen Verstärker" - sonische Einbildung oder objektive Klangqualität? Klangbild "gegenüber der Verwendung eines modernen Halbleiterverstärkers (mit dem das Instrument schon mehrfach mit großem Erfolg gespielt wurde) deutlich anders [...]. Es ist signifikant weicher, vergleichbar etwas mit dem Unterschied zwischen Mittelwellen- und UKW-Radios. Der Frequenzgang des Verstärkers weist teils starke Schwankungen auf" <ebd.>.

- Klirrfaktor. In E-Röhren entstehen mehr Obertöne als in Halbleitern; letztere haben dadurch einen klareren Ton; gerade die Unklarheit, die

Verzerrung - obgleich ein elektrotechnischer Mängel - konstitutiv für die Ästhetik frühen Rock'n Roll; Präsenzerzeugung durch elektroakustische Medien; zeitigt Gegenkopplung in Röhrenschaltungen Verzögerungen: das zeitkritische Element, das an der Materialität der Elektronenröhre haftet

- Klirrfaktor, engl. Total (Harmonic) Distortion, Maß für eine nichtlineare Verzerrung; Verhältnis der hinzukommenden Schwingungen (Kombinationston) zum Originalsignal = Enders 1997: 147; nichtlineare Verzerrung eine solche, "bei der zum Originalklang neue Schwingungen (Kombinationston) hinzutreten" = ebd., 352. "Ungewollte Verzerrungen werden mit dem Equalizer ausgeglichen."

- Gitarrenverstärker kein Verstärker im herkömmlichen Sinne, sondern ein klangbildendes Teil des Instruments (Henry Westphal); konkretes Beispiel dafür, daß "technisch besser" eben nicht klanglich besser ist; FENDER Bassman 5F6-A, der Gitarrenverstärker; warum Handverdrahtung wirklich besser klingen kann

- Hallspirale / Federhall-Modul; mit sechs Einzelfedern, jeweils zwei miteinander verbunden, parallel angeordnet: Hybrid aus Mechanik und Elektrotechnik; Barkhausen, *Schwingungslehre*: eine prinzipielle Analogie zwischen mechanischer und elektrotechnischer Schwingung

- "Betrachtet man das Bild vom meßtechnisch auf den ersten Blick scheinbar besseren Verhalten der Transistor- und vor allem der Digitaltechnik, relativiert sich dieses Bild beim tieferen Eintauchen in die Röhrentechnik [...]. Die Entwicklung der Übertragungstechnik beschäftigt sich zu sehr mit sich selbst, spricht: mitelektronisch meßtechnischen Idealen, die mehr das Auge mit scharfen Bildern auf dem Oszilloskopbildschirm beglücken, als daß sie sich an gehörophysiologisch relevanten Tatsachen orientieren" = Brauner 1995: 19; beruhen Oszilloskope ihrerseits auf einer Röhre: dem Bildschirm, ebenso wie etwa als Meßgeräte mit Magischem Auge zur Fixierung von Widerstandswerten

## **Rückkehr der Elektronenröhre als technomathematische Simulation**

- gibt "Durchgriff" an, in welchem Maße die an der Anode liegende Spannung durch das Gitter hindurch auf die in dem Raum zwischen Gitter und Kathode befindlichen Elektronen einwirkt; bestimmt Differentiation die Änderungsrate oder Steigung einer Kurve (etwa die Röhren-Kennlinie) an einer bestimmten Stelle, durch Bildung des Differentialquotienten in einer Abbildung (Funktion); macht demgegenüber Integration das Ergebnis einer Differentiation wieder rückgängig, damit von der Änderungsrate zur ursprünglichen Kurve; Differentialrechnung eine neue Episteme des technischen Mediendenkens: Veränderungen

mathematisch beschreiben, wie sich Wärme, Wellen, Licht, Schall, Elektrizität und Magnetismus ausbreiten; beharrt Wissenschaftshistoriker Alexandre Koyré unerbittlich darauf, daß "die Theorie in erster Linie Mathematisierung" ist = Georges Canguilhem, Der Gegenstand der Wissenschaftsgeschichte, in: ders., Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1979, 22-37 (32 u. 27)

- sind Röhrenprüfgeräte "echte elektrische Analogrechner, wenn auch mit einem scharf begrenztem Einsatzgebiet. Sie besitzen eine Dateneingabe in Form des Prüflings, eine Programmiermöglichkeit (durch Programmierkarten oder Schiebeschalter), eine schrittweise Programmabarbeitung durch den Prä<sup>1</sup>/<sub>4</sub>fschrittschalter, eine Datenausgabe durch Zeigermessinstrumente" = <http://www.robotrontechnik.de>; Zugriff 4. Februar 2008

## **Elektronenröhren als epistemische Dinge**

- Elektronenröhre als medienepistemologisches Erkenntnisobjekt und als Brückenmedium: aktives Bauteil, das quer zu den vertrauten Klassifizierung von Mediengruppen im Einsatz ist, zur Verstärkung und / oder Steuerung; daran hängt Begriff der Elektronik selbst; Speicherung (FlipFlop) und Bildspeicherröhre Fernsehen / Computer, Radar; digitales Schaltelement

- diskursiv nicht als "aktives Bauteil" der Elektronik vertraut, sondern als Interface, als Erfahrung massenmedialer Bildübertragung: die TV-Bildröhre; ein nach Außen gestülptes technisches Innenteil, der Übergang von technischer Immanenz zur Nutzerschnittstelle; dazwischen das Oszilloskop: wird das optische Signal nicht als "Bild" im ikonologischen (kulturellen) Sinne wahrgenommen, sondern als "Meßbild"

- ist die Semantik der Elektronenröhre ihr Vakuum (Paetzold, Dt. Museum München)

- erfindet Edison - in ausdrücklicher Absetzung gegenüber spiritistischen *mediums* - eine *valve*, die in der Lage sei, auf Schwingungen / Vibrationen der Geister von Toten zu reagieren. "The degree of material of physical power possessed by those in the next life must be extremely slight [...] therefore, any instrument designed to be used to communicate with us must be super-delicate" - wie nur elektronische Bauteile es zu leisten vermögen (was später auch für *computing* gilt, als Umschaltung von Relais- auf Röhrenrechner, das Argument Norbert Wieners). Edison greift hier auf die elektrischen Formen der Klangaufzeichnung zurück, das Kondensatormikrophon

- Ablösung des elektromechanischen Relais (Telephontechnik) durch die Elektronenröhre, die dann ihrerseits durch den Transistor und dessen Miniaturisierung in der integrierten Schaltung funktional ersetzt wird
- hat die Elektronenröhre eine besondere medienepistemische Qualität; Frage nach Stromfluß im Vakuum die Testfrage für oder gegen die Existenz einer Quintessenz namens "Äther" (Albert Einstein)
- hat Elektronenröhre in verschiedenen Technologien verschiedene Konjunkturen und Verweildauern gehabt, bis hin zu ihrer aktuellen Renaissance etwa Röhrenmikrofon; Friedrich Fehse, Die Röhre und ihre Verwendungen (1960er Jahre); beschleunigt die Ablösung des Telegraphen durch das Radio und ersetzte das elektromechanische Relais auf übertragungstechnischer Seite
- erschließt sich das Wesen der Röhre nicht artefaktuell - nicht einmal, wenn ihre Kathode erglüht; Glühen gibt Ahnung vom Elektronenfluß / Edison-Glühbirne
- etwas fließt? "Da der elektrische Strom, der in einem Leiter fließt, auch aus sich bewegenden Elektronen besteht, entsteht zunächst die Frage, ob man die durch die Röhre fliegen/den Elektronen ebenfalls als einen elektrischen Strom betrachten kann oder ob hier andere Gesetze maßgebend sind" = Hanns Günther (Hg.), Fortschritte der Funktechnik und ihrer Grenzgebiete, Bd. 1, Stuttgart (Franckh) 1936, Kapitel X: Der heutige Stand des Fernsehens, 93-106 (93 f.); verhalten sich Elektronen nur im magnetischen Feld ähnlich wie ein elektrischer Strom; in der Vakuumröhre stoßen sie sich (negativ geladen) gegenseitig ab und vergrößern als Strom ihren Querschnitt / Schrotrauschen
- steht Elektronenröhre metonymisch für den Begriff der Elektronik selbst; von daher ihre prinzipiell fortdauernde (medienarchäologische) Erkenntnisfunktion für die Medienkultur der Gegenwart

### **Zur funktionalen Äquivalenz von Elektronenröhre und Transistor**

- Transistoren aus Halbleitern der Elektronenröhre funktional (im Sinne der Schaltungen) äquivalent, unterscheiden sich aber dadurch, daß sie (falls nicht zu dicht komprimiert) keine nennenswerte Hitze erzeugen - keine leuchtenden Drähte (Glühkathode) für die Elektronenemission; erledigt der Transistor *en arché* die gleichen Aufgaben, was an der elektrophysikalischen Koppelbarkeit manifest wird: Fetron-Röhre, die einen Transistor-Baustein auf einem Elektronenröhrensockel zu setzen erlaubt
- deckt die funktionale Ersetzung der E-Röhre durch Halbleiter (Transistor) nicht alle Weisen derselben ab; Transistor vermag keine Bildröhre zu

bilden (auch der ansonsten volltransistorisierte Fernseher nicht); ändert sich gegenwärtig erst mit dem Flachbildschirm.

Die Janusköpfigkeit der Elektronenröhre im / als Fernsehen: Auf der Platine generieren E-Röhren die zur elektronischen Bildübertragung notwendigen Funktionen wie etwa Zeilentransformator und Sägezahnimpuls; sichtbar aber ist bestenfalls das Glühen der Kathode. Elektronendynamik in Vakuumröhren, recht verschaltet und kombiniert mit Widerständen und Kondensatoren, sind die latente Vor-Form (die *arché*), das Vor-Bild dessen, was dann linear konsequent in der Bildröhre beim Aufprall der Elektronen auf den Bildschirm als Fernsehbild auf- und erscheint

### **Barkhausen-Kurz-Schwingung**

- engl. Retarding-Field Tube (Reflex Tube); Transit Microwave Tube; transit-time tube

- an das Gitter eine positive und an die Anode eine negative Spannung angelegt; werden von von der Kathode emittierten Elektronen von der Gitterspannung beschleunigt und gelangen in das Gegenfeld der Anode, dort abgebremst und zum Gitter zurückgelenkt, fliegen dort zumeist hindurch und vor der Kathode wieder umgelenkt; pendeln Elektronen mehrmals um das Gitter hin und her. "Durch komplizierte Vorgänge kommt eine geordnete, phasenrichtig sortierte Pendelschwingung der Elektronen um das Gitter herum zustande. Sie ist als Wechselstrom nachweisbar. [...] ohne dass ein äußeres Resonanzsystem dabei mitwirkt. Die Trägheit der Elektronen ist also ausschlaggebend für die Schwingungserzeugung" = Eintrag in: Dresdner Universitätsjournal, 18. Jg. Nr. 17 v. 30. Oktober 2007, 8; Effekt des B-K-Oszillators in der Hoch- und Höchsthochfrequenztechnik (über 10 MHz, bis GHz) zum Einsatz: Wellen im Dezimeterbereich (WK II: UHF-Sender); wenden Barkhausen / Kurz ihrerseits das Phänomen für eine drahtlose Telephonie-Verbindung über mehrere hundert Meter an; verwenden Barkhausen / Kurz nach außen gelegte (externe, angekoppelte) Lecherleitungen (zwei parallele Drahtstücke) zur Messung; diese dienen zugleich als Resonator; Laufzeit bestimmt die Pendelfrequenz der Elektronen. Raumladungswolken; Rhythmus, daraus entwickelt: LaufzeitRöhren, Klystron-Oszillator, Magnetron

- konnten Zeilenendröhren in TV-Geräten in B-K-Schwingungen geraten: "Erkennlich war das Fehlerbild auf dem Bildschirm als senkrechte schmale Gardinen am Bildrand über die ganze Bildhöhe - während des Durchlaufens des sägezahnförmigen Stromverlaufes jeder Zeile treten die Schwingungen immer gleich auf und stören je nach Frequenz und Amplitude den Empfang" = Wikipedia-Artikel "Barkhausen-Kurz-Schwingung" (Januar 2016)

- können B-K-Schwingungen in Vakuum-Glühlampen mit langen, glatten, in Form einer Reuse geführten Glühfäden in benachbarten UKW-Rundfunkempfängern zu Störungen führen

## **Die Elektronenröhre**

- G. F. J. Tyne, Saga of the vacuum tube, 1977

- Robert von Lieben, März 1906: Patent für die elektrische Verstärkerröhre; kurz zuvor Lee de Forest; "Paradigmenwechsel des Verständnisses von Elektrizität" (Lars Überland, Info-Radio Erinnerung an Patent von Lieben, 25. Oktober 2006)

- verdichten sich in der Elektronenröhre kosmischen Theorien als technisch operativ gewordener, domestizierter Modellfall

- Elektronenröhre zunächst schlicht ein luftleeres Gefäß mit zwei oder mehreren metallischen Elektroden, "zwischen denen ein gesteuerter Elektronenstrom fließt"; Elektronen wiederum bewegen sich im Stoff frei = Adolf Melezinek, Physikalische Grundlagen der Elektronenröhre, Berlin / München (Siemens) 1971, 72 f.; Definition von Elektronik im Unterschied zur Elektrizität die Steuerbarkeit von Elektronenflug im Raum: "Der Elektronenstrahl ist 'programmierbar', d. h., man kann ihn nahezu beliebig in Ort und Zeit steuern" und dadurch auf dem Oszilloskop verschiedenste Ablenkbilder erzeugen" = Ardenne / Bartel: 179

## **Barkhausenschwingungen**

- zunächst Einfluß des Emissionsstromes bzw. der Heizung, der Einfluß der Amplitude und der des angekoppelten Schwingungskreises qualitativ erläutern "und in einem 2. Teil diese Einflüsse mathematisch formuliert und quantitativ mit Versuchen verglichen" - Mathematisierung der Röhre. "In gleichen Zeitabständen vom Glühdrahte abfliegende und gleiche Pendelungen ausführende Elektronen führen zu einem stationären Strömungs- und Raumladungszustand, der keine Barkhausenschwingungen erregen kann. Wir müssen zunächst den Mechanismus kennen, nach dem sich die Elektronen 'zu gemeinsamen Tänzen ordnen'" = H. G. Möller, Über die Frequenz in Barkhausenschwingungen, in: Elektronische Nachrichten-Technik (ENT) Heft 11, November 1930, Bd. 7, 411-419 (411); Theorie der Selbsterregungsprobleme: "Wir nehmen eine Ausgangsschwingung an, berechnen die durch sie veranlaßte Veränderung in der Elektronenbewegung und überlegen, ob die veränderte Elektronenbewegung geeignet ist, die Ausgangsschwingung aufrechtzuerhalten oder anzufachen" = ebd.

## Die Röhre in der Rolle der Relais (digital)

- technische Anordnung des Relais "artikulierte" die Differenz von analog / digital; in Elektronenröhre eine Frage von Hoch- und Niedrigfrequenzen; Vorbereitung durch Telegraphie / Radio
- digital zählt (buchstäblich) das nicht mehr elektromagnetische Relais
- angesichts röhrenelektronischer Schaltungen "wurde es uns klar, daß die ultraschnelle Rechenmaschine, so wie sie abhängig war von aufeinanderfolgenden Schaltern, beinahe ein ideales Modell der sich aus dem Nervensystem ergebenden Problemen darstellen mußte. Der Alles-oder-nichts-Charakter der Neuronenladung ist völlig analog zu Auswahl einer binären Ziffer" = Norbert Wiener, *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*, Düsseldorf u. a. (Econ) 1992, 42 [Cybernetics or control and communication in the animal and the machine, MIT Press, Cambridge, MA, 1948, erw. Ausgabe 1961]
- kann die Elektronenröhre, geschaltet als Zwillings in einem Eccles-Jordan-Schaltkreis - vormals Durchgangsmedium für Elektronen- und Radioströme - selbst als Speicher für eine Binärstelle dienen = Johannes Arnold, Abenteuer mit Flipflop, Halle 1970, 16; in diesem Sinne auch Bernhard Siegert, *Passagen des Digitalen*, Berlin (Brinkmann & Bose) 2003, 405; 27. April 1918 berichtet Michail Alexandrovich Bonch-Bruyewitch vor der Russischen Gesellschaft der Radio-Ingenieure über den von ihm (erstmalig) erfundenen vollelektronischen Flip-Flop; October of the same year, Bonch-Bruyevich published his report in the technical monthly *Wireless Telegraph and Telephone Engineering* [russ. Zeitschrift, St. Petersburg]
- "Bonch-Bruyevich introduced the term "cathode relay" for a single valve circuit (prototype of the valve triode). With "combined characteristics of cathode relays", he means a more complicated circuit, namely a combination of two "relays" (electron valves) which was actually the first flip-flop (electronic trigger)" = xxx, in: Nitussov / Trogemann / W. E. (Hg.), *Computing in Russia*

## Röhren im TV

- "In den Entwicklungslaboratorien der ganzen Welt erobern die Transistoren die bisher von den Röhren eingenommenen Funktionen langsam aber sicher. Beim Fernsehen scheint der Transistor zunächst weniger erfolgreich zu sein als auch dem Gebiet des Rundfunks" = Meldung Sigle "-tt-" in: *Radio und Fernsehen* 22 (1957), 709, nach: *La Télévision Professionnelle* Nr. 260, April 1957; auf dem Chassis von Rafena-

Fernseher *START 1A/1B* aber hält sich hartnäckig die Röhrenbestückung; was die längste Zeit auch im volltransistorisierten Fernseher überlebte: die *BildRöhre*, nicht aus intern technologischen Gründen, sondern als notwendiges Interface

## **Elektronenröhren, zeitkritisch (LaufzeitRöhren)**

- Magnetron im Speziellen operiert mit Hohlraumresonatoren also einem dynamischen Gestell, wie es seit Hermann von Helmholtz ("Helmholtz-Resonatoren") zur (Fourier-)Analyse von Klängen zum Einsatz kam. Nicht im Sinne der Akustik (als physikalischem Schallereignis), sondern der (erweiterten Epistemologie von) *mousiké* ist im Magnetron der Hohlraumresonator im Einsatz - quasi-musikalisch, sonisch. Im Begriff des Resonators wird dieser erweiterte Begriff des Klang (im technischen Einsatz) manifest

- weitere Spezies der Laufzeitröhren, die Wanderfeldröhre, beruht auf dem Energieaustausch zwischen einem Elektronenstrahl und einem sich längs einer Verzögerungsleitung fortbewegenden Höchstfrequenzfeld = Walter Conrad, BI-Taschenlexikon Elektronik - Funktechnik, Leipzig (VEB Bibliographisches Institut) 1982, Eintrag "Wanderfeldröhre", 390 f.> und erinnert damit strukturell an den Vorgang der Klanganalyse im menschlichen Innenohr nach der Interpretation von Bekesy (Wanderwellen mit lokalen Amplitudenspitzen)

## **Oszilloskop**

- das Oszilloskop permanentes Ur-Fernsehen, eine medienarchäologische Anamnese, Erinnerung an den Ursprung der Bildröhre im Meßmedium (Ferdinand Braun, der sie als oszillographische Funktion, nicht als ikonische Bilddarstellungsröhre entwarf)

- medienarchäologisch fernsehen: Signale aufzeichnen mit dem Oszilloskop; mit der Braunschen Röhre Signale messen, nicht Unterhaltungsshows empfangen

- Während ein interner A/D-Umwandler von Klangwellen auf dem Mac G4 die Waveform eines Oszillographen simuliert, leidet die Betrachtung darunter, daß analoge Signalflüsse vorgetäuscht werden, wo es sich doch immer schon um gesampelte Daten handelt

## ***BildRöhre* / KathodenstrahlRöhre**

- Ferdinand Braun, Ueber ein Verfahren zur Demonstration und zum Studium des zeitlichen Verlaufes variabler Ströme, in: Annalen der Physik und Chemie, Bd. 60, Heft 1, 1897

- "Vielleicht hat die Braunsche Röhre schon längst gegenüber dem Ereignis gesiegt. [...] In der unendlichen Wiederholbarkeit der elektronischen Medien stürzt der Zeuge des Ereignisses von dessen Einmaligkeit quasi simultan in die gekühle Welt der DATs und RAMs" = Programmheft GIANNOZZO Live Festival 3, 27. bis 30. August 1992

- Elektronenstrahl nicht direkt sichtbar, vielmehr anhand seiner Phänomene; experimentiert Julius Pflücker 1859 mit dem von ihm benannten Kathodenstrahl. Beim Experiment mit Gasentladungsröhren trifft er auf Strahlen, die sich, von einer geheizten Kathode her kommend, geradlinig ausbreiten und im gasverdünnten Raum des Glaskolbens (oder Vakuum) zu Leuchterscheinungen führen; tauft G. J. Stoney diesen Korpuskelstrahl "Elektronen"

## **Röhre *versus* Transistor**

- besitzen Feldeffekttransistoren (FET) anders als die klassischen Transistoren, "röhrenähnliche Eigenschaften" = Siegfried Wirsum, Radiobasteln mit Feldeffekt-Transistoren, 5. Aufl. 1973, 7; FET besteht aus einem Halbleiterstäbchen, dessen Enden mit sperrschichtfreien Kontakten (Source und Drain) versehen sind. "Obwohl der Leitungsmechanismus bei der Vakuumröhre ein anderer ist, kann Source mit der Katode und Drain mit der Anode einer Elektronenröhre veranschaulicht werden. Die Kontakte Source und Drain sind also durch einen Strompfad, dem sogenannten Kanal, miteinander verbunden" <S. 9>. Dieser Kanal besteht aus einem Halbleitermaterial mit N- oder P-Dotierung bzw. Leitfähigkeit, "in das ein elektrisches Feld, im Gegensatz zu Metall-Leitern, tief eindringen kann" <ebd.>: eine andere Physik, doch gleiche Verhältnisse (samt Schrot-Effekt?) wie in Elektronenröhre

## **Röhren messen**

... mit Meßgeräten, die ihrerseits auf Röhrenbasis arbeiten (die röhrenbetriebene Variante des Oszilloskop etwa, intern wie extern als Interface)

- YAESU-Allband-Kurzwellenempfänger; nostalgisches Gegenstück ein alter Marineempfänger von Telefunken. Was der YAESZ zu leisten vermag, ohne daß man es seinen Innereien wirklich ansehen kann, ist beim Marineallbandempfänger aus der 1950er Jahren in schierer Materialität faßbar und daher einer medienarchäologischen Analyse

anschaulich zugänglich: die Röhren, die Kondensatoren, die Schalter, die Skala

- Ratschlag Anselm Garten, September 2006, beim Kauf antiker Elektronik: "immer ein kleines Multimeter (am besten als Zeigerinstrument) in der Tasche haben um wenigstens die Heizfäden der D-Röhren auf Durchgang prüfen zu können"; dazu Röhrentaschenbuch, um sich jeweilige Sockelbelegung ansehen zu können

## **100 Jahre Röhrenrauschen**

- 100 Jahre Mikroradio: waren es das Rauschen und Flimmern der Elektronen in der Vakuumröhre, die Albert Einstein um 1905 und später und Norbert Wiener dazu anregten, es mit dem vertrauten Phänomen der Braunschen Molekularbewegung (etwa von Blütenpollen) und der Thermodynamik (Gasteilchen) gleichzusetzen, um diese Unordnung und Zufälligkeit nicht mehr nur elektromagnetisch-kybernetisch (Gitterröhrensteuerung als "Elektronik"), sondern vor allem mathematisch in den Griff zu bekommen; P. R. Masani, Norbert Wiener 1894-1964, Basel / Boston / Berlin (Birkhäuser) 1990, bes. 78ff

- beendet Ludwig Boltzmann, Begründer der statistischen Physik, im September 1906 freiwillig sein Leben. Boltzmanns Entropieformel ( $S = k \cdot \log W$ ), die zwischen der klassischen Physik und der Atom- und Quantenphysik eine erste tragfähige Brücke schlägt, in seinen Grabstein auf Wiener Zentralfriedhof gemeißelt; Abb.

[http://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig\\_Boltzmann](http://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Boltzmann); Zugriff 8-12-06

- Zeitpfeil unerbittlich; Unumkehrbarkeit molekularer oder atomarer Bewegungen; Emission und Fluß von Elektronen in der Vakuumröhre; wurde Wiener Mitte der 1920er Jahre auf den treffend so genannten Schroteffekt in der elektronischen Verstärkung aufmerksam; hatte Einstein theoretisch abgeleitet, daß thermische Agitation von Elektronen in einem Konduktor Zufallsfluktuationen erzeugt; 1918 entwickelte Walter Schottky das Modell dieses Effekts weiter; sogenannter "tube noise" zu gering für die damals zur Verfügung stehenden Meßinstrumente; theoretisch behaupteter Schrot-Effekt experimentell erst um 1927 nachgewiesen; Norbert Wiener, The harmonic analysis of irregular motion (Second Paper), in: J. Math. and Phys. 5 (1926), 99-121, § 6

- Analogie zwischen diesem "shot effect" und der Brownschen Molekularbewegung organischer Substanzen, unter Zugrundelegung einer im Wesentlichen gleichen mathematischen Analyse; von Wiener gedeutet als "result of the discreteness of the universe" = Norbert Wiener, I Am a Mathematician. The Later Life of a Prodigy, New York (Doubleday) 1956, 40; Elektronenröhre damit quasi Makro-Monade; konnte Leibniz in seiner Monadologie gegenseitige

Wahrnehmungsfähigkeit entfernter Monaden nur mit Hypothese einer "prästabilen Harmonie" erklären; sieht Wiener die "analogy between this mirroring activity of the monad [...] and the modern view in which the chief activity of the electrons consists in radiating to one another" = Norbert Wiener, Back to Leibniz! (Physics reoccupies an abandoned position), in: Tech. Rev. 34 (1932), 201ff. 222, 224 (202)

## **Intervallschachtelungen: eine alternative Genealogie der Triode**

- Gilbert Simondons Technikgeschichtsschreibung am Beispiel der Triode; stoßen die Relationen in geschlossenen technischen Systemen bisweilen an ihre interne Grenzen, von daher sprunghafte, non-lineare Modifikationen: "aufgrund ihrer Natur kann diese Überschreitung sich nur in einem Sprung vollziehen" = Simondon 1958 / 2012: 26: "man muss noch präzisieren, dass sich diese Genese durch wesentliche, diskontinuierliche Weiterentwicklungen vollzieht, die bewirken, dass sich das interne Schema der technischen Objekte durch Sprünge modifiziert und nicht entlang einer kontinuierlichen Linie" = Simondon 1958 / 2012: 37 - medienarchäologisch definiert; im Sinne Foucaults eine diskontinuierliche Genealogie; technisches Objekt durchläuft nicht schlicht eine stetige Genese vom Abstrakten zum Konkreten" <37>

- morphologischer, anachronistischer Zugang, der auf ein latentes Wissen des technischen Artefakt selbst zielt; Crookes-Röhre "enthält potentiell die Coolidge-Röhre, denn die Intention, die sich in der Coolidge-Röhre organisiert und stabilisiert und dabei reiner wird, existierte bereits in der Crookes-Röhre in konfusem, aber wirklichen Zustand" <37> - wissensarchäologisch gleich der Fourier-Analyse implizit schon mit Pythagoras' Monochord als analytischem Gerät

- "Bedingung für die Konkretisation der technischen Objekte ist das Schrumpfen des Intervalls zwischen Wissenschaften und Techniken" = Simondon 1958 / 2012: 33, mithin zwischen Theorie und Handwerk (*téchne*) als Operieren mit Hardware

- betont Simondon den für technische Objekte charakteristischen "Übergang von einer analytischen zu einer synthetischen Ordnung" = Gilbert Simondon, Die Existenzweise technischer Objekte [FO 1958], Zürich / Berlin (diaphanes) 2012, Erster Teil, Erstes Kapitel ("Entstehung des technischen Objekts"), 24; Elektronenröhre, die zunächst dazu dient, das Verhalten von Elektronen *avant la lettre* zu erforschen; die gleiche Triode, die später Elektronik als sanfte Steuerung von Spannungen durch minimale Ströme (Schwachstrom) ermöglicht und überhaupt erst definiert, hier noch das Medium zur Erforschung der Elektronen

- "Bis zu welchem Anfangspunkt kann man die Entstehung einer spezifischen technischen Wirklichkeit zurückreichen lassen?" vor Pentode

und Tetrode Lee de Forests Triode; davor die Diode Flemings - aber vor der Diode? "Ist die Diode ein absoluter Ursprung?" thermische Elektronenemission unbekannt, aber Phänomene, bei denen es durch ein elektrisches Feld zur Wanderung von Ladungen im Raum kommt, seit langem bekannt: "Um die Elektrolyse wusste man seit einem Jahrhundert" = Simondon 1958/2012: 37 f.; "Edison-Effekt"

- die Diode ist eine Vakuumröhre, in der es eine heiße Elektrode und eine kalte Elektrode gibt, zwischen denen ein elektrisches Feld entsteht. "Darin liegt sehr wohl ein *absoluter Anfang* [...]. Die Diode ist eine asymmetrische Leitfähigkeit" = Simondon ebd.

- elektrotechnischen Signalverstärkung nach Siegert 2003, Kapitel "Echos": *signal intelligence* (Peilen, Orten, Leitsignale, wo die Signale sich immer schon mitkommunizieren), vs. *communication intelligence* (Hermeneutik)

- de Forrest entwickelt die Triode in Hinblick auf drahtlose Telegraphie; von Lieben hingegen hat die Telephonverstärkung im Blick. 1906 Patententwürfe a) de Forrest b) von Lieben; Triode bei von Lieben erst wirklich 1910; de Forrest-Patent schreibt ausdrücklich von "Verstärkung für Telephonie" - läßt sich kaum als linear geordnete Technikgeschichte erzählen; stattdessen (mathematischer Begriff) "Intervallschachtelung" (methodischer Vorschlag Sebastian Döring), vom Ziel her (die finale tatsächliche Triode) im Krebsgang rückgreifend; unabhängig von den Biographien der Erfinder eine Archäologie der Elektronenröhre entlang ihrer konkreten medientechnischen Existenzweisen schreiben (Simondon) - was auf Bifurkationen, also: eine diagrammatische Genealogie hinausläuft

## **Die Röhre als Gegenstand der (musealen) Kultur**

- technische Objekte in einem philosophischen Kontext verstehen; Menschen werden zu Zeugen der Medienentwicklung in ihrer eigenzeitlichen Logik; wählt Medienarchäologie den direkteren Weg (kein Umweg über Diskursanalyse sozialer, ökonomischer, kultureller Kontexte): Erkenntnisfunken aus der detaillierten Analyse der technischen Parameter schlagen

- wird die Elektronenröhre genau dann durch Simondon thematisiert, als ihre technisch aktuelle Epoche sich dem Ende zuneigt, sie also museal wird, zugunsten von Transistoren, später hochintegrierten Schaltkreisen in Mikroprozessoren; Epoche des Transistors noch in direkter funktionaler Nachfolge der E-Röhre

- Gang durch verschiedene Abteilungen: das Deutsche Museum "quergelesen", anhand des medienarchäologischen Leitfossils aller

Elektronik, der Elektronenröhre; Abteilungen unter dem Aspekt der diversen Ausdifferenzierungen / "Hypertelien" (Simondon) von Elektronenröhren kurzschließen

- Elektronenröhre als plastisches Anschauungsobjekt der mit ihr verbundenen Elektronik - im Kontrast zum Transistor, der in Mikrochips als Black Box verschwunden ist; Loewe-Radio OE 333 mit integrierter Dreifachröhre

- Forschungsanliegen Martin Carlé, die sieben Röhrentypen (6SN7, 6L6, 6Y6, 6V6, 6J5, 6SA7, 6L7) des ENIAC, dessen Schaltungen mit MatLab/Simulink modelliert und in Echtzeit mit der Musikprogrammiersprache SuperCollider zum Klingen gebracht, eigens nachzumessen

- davon ausgehen, daß die recht alten Objekte die Messung, selbst wenn sie völlig korrekt vorgenommen werden, den Meßakt nicht überleben; die jeweiligen technischen Daten zusammensuchen aus Literatur; Unterschied zwischen den schematischen und mathematisierten Beschreibungen in der Fachliteratur und den konkreten Objekten (Hinweis Petzold, Januar2008)

## **Medienarchäologie entlang der Elektronenröhre**

- anhand der Liebenröhre die medienarchäologische Ekphrasis üben: wie solch ein Artefakt beschreiben, in welcher technischen und nicht-technischen Sprache, inwieweit trägt sie ihren historischen Index an sich, wie sie ausstellen, d. h. wie einem weiteren Kreis klarmachen, was an diesem Teil wissenswert (über Elektrotechnik hinaus) ist

- Kontakt mit realen medienarchäologischen Objekten; Frage nach der "Geschichtlichkeit" technischer Medien mit ahistorischen Invarianzen techno-mathematischer Prozesse konfrontieren; gehen Medienprozesse in ihrer kulturhistorischen Beschreibung nicht vollständig auf

- Latours Begriff von "factish" zu Mediengeschichte und Ausstellbarkeit von technischen Artefakten im Museum; eine reale Elektronenröhre wortwörtlich ins Zentrum der Diskussion stellen, d. h. als Objekt hineinholen; Oskar Blumtritt, "The Flying Spot Scanner"; methodische Fragen darin angesprochen

- realer "Einstieg" in den leibhaftigen Innenraum des UNIVAC in der Ausstellung des Deutschen Museums, München, an welchem Programmiersprache »Simula« als Vorläufer des Programmierparadigmas der Objektorientiertheit zu Simulationszwecken in Europa und hernach ALGOL allererst entwickelt

- Elektronenröhren in verschiedensten Kontexten, als Leitfossilien einer Medienarchäologie; damit auch eine andere Museologie verbunden

- von Zuse spät vollzogene Umstellung von Relais auf die von Schreyer (zeitgleich zu Mauchly in USA) projektierten "Röhrenrelais" (Z22), dann Transistor (Z23); Theorie und Rechnung; von "elektronische Modellierung" (Helmut Hölzer) mit Röhren zur zeitkritischen Simulation von Röhrenrechnern selbst (Faltung von Medienzeit)

### **Eine Welt für sich. Der Mikrokosmos der Elektronenröhre als Modellfall von Medientheorie**

- Epoche technologischer Medien ist nicht schlicht die der Elektrizität (McLuhan), sondern der Elektronik, definiert durch die bewußte Steuerung des freien Elektronenflugs im luftleeren Raum. Verdinglicht ist diese Epoche im Artefakt der Elektronenröhre und ihren diversen Manifestationen, insofern sie einerseits in technischen Grundlagen präzise faßbar ist und andererseits Modellbildend für die Episteme der Elektronik selbst ist. Heinrich Barkhausens klassisches Lehrbuch schreibt das We(i)sen der Elektronenröhre einerseits in präzisen mathematischen Gleichungen an, andererseits in Begriffen, welche diese mithin zeitkritischen Ereignisse im Hochvakuum als dramatischen Mikrokosmos, als Weltgeschehen nach eigenem Recht beschreibt, in der die Elektronen "hinüberfliegen" wie kleinste Individuen und deren Schwingungen in ihrer "Resonanz" eine mikrokosmische Sphärenmusik induzieren; in diesen Momenten die medienepistemische Implikation fassen. Zufällig anhand der Glühlampe entdeckt ("Edison-Effekt"), wird die Elektronenröhre zunächst als Verstärkerelement in der Telephonie eingesetzt ("Lieben-Röhre"), dann mit Rückkopplung für Radiosendung und -empfang begabt ("Audion-Röhre"); andererseits ihr Einsatz als zeitkritisches Meßmedium in Form der Braunschen Röhre (Kathodenstrahlröhre, später Fernsehen); schließlich die Funktion der Elektronenröhren für ultrakurze Speicherprozesse in frühen Computern (die Schaltgeschwindigkeit der Elektrizität selbst); hat die Elektronenröhre auch hochtheoretische Reflexion erfahren, von Albert Einstein bis Norbert Wiener; medientheoretisch konkretisieren

- Dramaturgie und Melancholie einer zuende gehenden Epoche; Massenmedium Fernsehen heißt nicht mehr "in die Röhre gucken", sondern Anverwandlung an die Plasmabildschirm-Ästhetik des Computers, einhergehend mit "Digitalisierung" der Signalübertragung selbst

### **Flip-Flop: Die Elektronenröhre als digitaler Schalter**

- sogenannter Zeitkipper (Dennis Gábor); dazu Dennhardt 2009

- Übergang von den klassischen analogen Röhrensaltungen, wie von Verstärkern und Radios her bekannt, zu digitalen Röhrensaltungen; entstehen aus den vorgenannten durch Rückkopplungspfade; durch deren Wirken können Schaltungen dann nur noch bestimmte, diskrete, d. h. abzählbare stabile Zustände annehmen; binäre Schaltungstechnik, mit zwei Zuständen, "wahr"/"falsch" "High"/"Low", "die sich im Flipflop (Eccles-Jordan-Schaltung, erfunden ungefähr 1913) zeigt" (Hinweis Henry Westphal); Mißbrauch der anfänglich analogen "Verstärker"Röhre zu abrupt-diskreten Zwecken: numerische Zählung

## **Implizite und explizite ZählRöhren**

- die ZählRöhre er/zählen? "Zu / erzählen wäre [...] die dramatische Geschichte, wie Elektronenröhren seit 1920 mühsam dazu gebracht worden sind, ihre Eingangssignale nicht mehr einfach und das heißt analog zu verstärken, sondern vielmehr zu zählen und das heißt in digitalen Ziffern auszugeben" = Friedrich Kittler, Hardware - das unbekannte Wesen, in: LAB. Jahrbuch der Kölner Kunsthochschule für Medien, 350 f.

- Digitalcomputer zunächst nur implizit ein elektronischer "Ziffern"rechner; tatsächlich keine ablesbaren "Bit"-Ketten, sondern Spannungswerte; wird dieses Rechnen mit Nutzung der Nixie-Röhre zur Ziffernanzeige explizit

- vollzieht eine Flipflopschaltung (als jeweils statischer Zustand) mit einer periodischen Schwingung gekoppelt einen Takt, der als Zählung auf der Zeitachse begriffen werden kann; Parametron: Digitalrechner auf Schwingkreisbasis

- analoges (nicht-diskretes), stetiges Gegenstück zur Nixie-Röhre: das *Magische Auge*; Abstimmanzeigeröhre, mit Leuchtschirm ausgerüstete Hochvakuum-Elektronenröhre. Unter Anlegung einer veränderlichen Gleichspannung wird eine Fläche variabel erhellt; Spannungsstärke proportional der je leuchtenden Fläche; Fernseh"bild"Röhre: fungiert ein elektronisches aktives Bauelement aus dem Innern des Apparats zugleich als Interface, als Mensch-Maschine-Schnittstelle; vom Meß- zum Darstellungsmonitor (Oszilloskop / TV)

## **Die Elektronenröhre**

- Elektronenröhre zunächst schlicht ein luftleeres oder gasgefülltes Gefäß mit zwei oder mehreren metallischen Elektroden, "zwischen denen ein gesteuerter Elektronenstrom fließt" = Adolf Melezinek, Physikalische Grundlagen der Elektronenröhre, Berlin / München (siemens) 1971, 72 f.;

Definition von Elektronik im Unterschied zur Elektrizität - die Steuerbarkeit von Elektronenflug im Raum: "Der Elektronenstrahl ist `programmierbar´, d. h., man kann ihn nahezu beliebig in Ort und Zeit steuern" und dadurch auf dem Oszilloskop verschiedenste Ablenkbilder erzeugen" = Ardenne / Bartel: 179

- "hat noch kein Mensch einen Elektronenstrahl gesehen, geschweige denn ein einzelnes Elektron. Jedoch begegnen täglich Millionen von Menschen seinen Wirkungen, z. B. beim Fernsehen oder am Terminal eines Computer" = Alexander von Ardenne / Rainer Bartel, Der Elektronenstrahl - ein modernes Werkzeug, in: Urania-Universum Bd. 35 <1989?>, 171-179 (172); Fernseher als Operator des Elektronenstrahls, Interface seiner Visualisierung

### **Den Namen buchstabieren: Tesla (Schwachstromtechnik)**

- untersucht Nikola Tesla zwischen 1899 / 1900 in Colorado Springs in 2000m Höhe Effekte von Hochfrequenzströmen im Weltmaßstab; Erde als riesiges elektrisches System reagiert wie ein großer Kondensator und besitzt ein eigenes, in Form von stationären Wellen gestaltetes elektromagnetisches Feld

- kam es in 1930er Jahren zu einem juristischen Prozeß gegen Kleingärtner, die über Hochantennen Rundfunk als Energiequelle für Glühlampen anzapften - je als Medium oder als Inhalt

- "Experimente mit drahtloser Energieübertragung nach Tesla", in: Günter Wahl, Experimente mit Tesla Energie, 2. Ausg. Poing (Franzis) 2004, 55-100; u. a. Glühlampen-Sender; ferner: Hubschrauber-Kreisel; Funksteuerung eines kreiselgesteuerten viermotorigen Flugobjekts, das selbst einen Mini-Weltempfänger in die Schwebelage bringt und die Töne des Kreisels sowie der Elektromotoren und die der Steuerung hörbar macht im MHz-Bereich, Experimentier-Frequenz ca. 27 MHz

- Rundfunktechnik, solange noch auf Vakuumröhren beruhend, energieintensiv; mit Transistors stellt sich die Frage, ob die von einer Antenne aufgefangenen elektromagnetischen Wellen außer zur Signalübertragung nicht auch zur Energieversorgung sparsamer Transistorempfänger nutzbar sind; "Sendeenergie eines `Mutterstation´ könnte schwache `Tochtersender´ auf gleicher oder anderer Frequenz speisen, die nur dann antworten, wenn der Muttersender sie abfragt" = Walter Conrad, Elektronik einmal anders, in: Urania-Universum Bd. 35 (1989), 285-291 (290) - Bojen, Markierungssender; RFD-Technologie

- Unterschied weniger zwischen Starkstrom und Schwachstrom denn zwischen Energie und Information. "Auch Radiosender, die Kilowattstunden fressen, liefern nicht Kräfte, sondern Nachrichten" =

Friedrich Kittler, Der zerstreute Mathematiker. Er hat das Rauschen auf seine Formel gebracht: Norbert Wiener und die Berechnung des Unvorhersehbaren, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung v. 26.11.1994, Nr. 275, B4

- Nikola Tesla bestrebt, Elektrizität in Größenordnungen von Megawatt über große Entfernungen drahtlos zu übertragen. "In Teslas Vorstellung war die Erde ein riesiger Leiter, in dem sich Ströme sehr niedriger Frequenz durch spezielle horizontal angeordnete Spulen induzieren ließen" = Günter Wahl, Experimente mit Tesla Energie, 2. Ausg. Poing (Franzis) 2004, 55; experimenteller Aufbau eines Sende- und Empfangssystems mit Kugelelektroden: "Nun stellt sich natürlich die Frage, mit welchem Medium die Energie übermittelt wird. Der Verfasser ist aufgrund eigener Versuche der Meinung, dass die Energieübertragung über die Erdleitung zustande kommt" = 59; dem konträr gegenüber steht eine andere Lesart des Buchstabenstrings "Tesla" als (tschechisch) Schwachstromtechnik

- waren es Kurzwellenamateure, die im November 1923 erstmals den Atlantik überbrückten, nachdem sie zufällig entdeckt hatten, daß im Funkverkehr auf einer Wellenlänge zwischen 15m und 100m unerwartete große Reichweiten erzielt wurden, mit einem Minimum an Leistungsbedarf gegenüber den Längstwellensendern ( $\lambda$  15 km); August 1929 nimmt erster deutscher Kurzwellenrundfunksender (von Telefunken) seinen Betrieb auf Funkerberg Königs Wusterhausen

- dramatische Differenz gegenüber Tesla, nach 100 Jahren: Informationsverarbeitung und Tele-Funken prozessiert über Schwachstrom (nicht "Teleblitze"); Schwelle der Energie sinkt unter die informationskritische Grenze; 19. Jahrhundert Epoche der Energie (Hochenergie, Dampfkraft, Starkstrom), verlagert sich im 20. Jh. auf minimalste Energiemengen, die ihrerseits kein / kaum (kritisch bei Miniaturisierung) Einfluß auf den Charakter der gerechneten Information haben - *computing*

### **Tesla-Installation Douglas Gordon, San Francisco**

- Doug Halls Installation *The Terrible Uncertainty of the Thing Described*, <http://doughallstudio.com/1987-the-terrible-uncertainty/the-terrible-uncertainty-of-the-thing-described/19880077>; im Raum: Tesla-Spule, während medienarchäologisch eher radikal das techno-epistemologische Element an Tesla interessiert, von seiner Zweitverwertung als Kunst entkoppelt; medienarchäologischer Imperativ: Tesla vor den esoterischen Diskursen retten; Tesla-Medienkunst: Metapher oder technischer Klartext? metonymische Verschiebung vom Erfindernarrativ zum Akronym für Schwachstrom- und Kommunikationstechnik: Tesla / TESLA; Übertragung von Tesla-Energie und gekoppelte elektrische

Schwingkreise: Dingwissen; Labor und / oder Medienkunst:  
Inszenierungen von Elektrizität im Deutschen Museum München / Doug  
Hall / Jan-Peter Sonntag

*Operative Diagrammatik / Kybernetik:*

OPERATIVE DIAGRAMMATIK

## **Das Diagramm**

- macht das Diagramm zeitliche und logische Zusammenhänge anschaulich. "Das Diagramm breitet vor unseren Augen aus, was sprachlich nur mit erheblichem Aufwand als Kette von Feststellungen beschrieben werden könnte" = Ernst H. Gombrich, *Bild und Auge. Neue Studien zur Psychologie der bildlichen Darstellung*, Stuttgart (Klett-Cotta) 1984, 146 [The image and the Eye Oxford 1982]; stattet NASA die beiden Raumsonden Pioneer 10 und 11, die nach ihrem Vorbeiflug am Planeten Jupiter unser Sonnensystem mit unbestimmtem Ziel verlassen, mit einer diagrammatischen Bildbotschaft an potentielle Intelligenz im All aus = ebd., 147, Abb. 128

- Charles S. Peirce: *Semiotische Schriften*, Bd. 1. Frankfurt a.M. 1986: "Viele Diagramme ähneln im Aussehen ihren Objekten überhaupt nicht. Ihre Ähnlichkeit besteht nur in den Beziehungen ihrer Teile" = MS 595 (1895), Peirce, Sem. Schr. 1, 205

- Fähigkeit eines Diagramms, Relationen zu stiften, an die im Moment der Einschreibung niemand gedacht hat; Funktion eines geometrischen Beweises. Relationen einer Figur werden nach bestimmten Vorschriften konstruiert; werden weitere geometrische Relationen aus der Figur abgeleitet, die vorab nicht explizit gefordert waren; Modell für jede Form des Schlussfolgerns; Verwendung von Diagrammen in Mathematik und Logik. "Alles notwendige Schließen ist diagrammatisch" = Vorlesungen über den Pragmatismus; Papier als materieller Träger eines Diagramms in die "geistige" Operation mit einbezogen; Konzept Turingmaschine; Peirce: „Kommen Sie, Leser, wir wollen ein Diagramm konstruieren, um den allgemeinen Verlauf des Denkens zu veranschaulichen"

- Kalkulieren vs. Diskurs / Sprache: Flusser sieht das kalkulatorische Denken als Funktion des diskreten Alphahefts: "Wenn wir einem Problem gegenüberstehen [...], dann versuchen wir nicht mehr, es zu beschreiben, sondern uns davon ein Diagramm zu machen" = Vilém Flusser, *Die Schrift. Hat Schreiben Zukunft?*, Göttingen (Immatrix) 1987, 30

- Visualisierung des quantenmechanischen Formalismus über zwei- bis dreidimensionale Diagramme der mathematischen Formeln = Roland

Brock, Realität durch Visualisierung oder visualisierte Realität. Die Darstellung von Molekülstrukturen, in: Michael Fehr / Clemens Krümmel / Markus Müller (Hg.), Platons Höhle, Köln (Wienand) 1995, 107-120 (114); "diagrammatische Ikonizität" (Peirce, himself practicing cartographer) / Isographie

- Chip-Schaltungen schon "maps"? Flow-Charts der Programmierung auf Seiten der Diagramme

- Aby Warburgs *Mnemosyne-Atlas* ein "Werk"? Serie aus Tafeln (Holzrahmen, mit grobem schwarzen Leinen bespannt), auf denen motivisch Reproduktion von Kunst- und Kulturmotiven zu einem visuellen Atlas mnemischer Energien zusammengefaßt, beständiger Änderung unterworfen; Zusammenhang der jeweiligen Konstellationen nur in Anwesenheit des erklärenden Gelehrten transparent. "Atlanten sind wesensmäßig Revisionen unterworfen" = Werner Rappl, MNEMOSYNE: Ein Sturmloch an die Grenze, in: Aby M. Warburg, Bildersammlung zur Geschichte von Sternkunde und Sternkunde im Hamburger Planetarium, Katalog zu den Ausstellungen *Aby Warburg. Mnemosyne* in Wien (1993) und *Aby Warburg. Bildersammlung zur Geschichte von Sternkunde und Sternkunde* in Hamburg (1993), hg. v. Uwe Fleckner, Robert Galitz, Claudia Naber u. Herwart Nöldeke, Hamburg (Dölling u. Galitz) 1993, 363-389 (365)

## **Eine neue Lesekunst: operative Diagrammatik**

- "Eine Photographie der Kruppwerke oder der A.E.G. ergibt beinahe nichts über diese Institute. Die eigentliche Realität ist in die Funktionale gerutscht" = Bertolt Brecht, zitiert nach: Walter Benjamin, Kleine Geschichte der Photographie, in: ders., Gesammelte Schriften, hg. v. Rolf Tiedemann / Hermann Schweppenhäuser, Bd. II.1: Aufsätze, Essays, Vorträge, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 2. Aufl. 1989, 368-385 (384)

- materielle und logische Schaltung - etwa der elektische Schwingkreis aus Spule und Kondensator - die medientechnische Eskalation (oder gar Antwort) kulturell vertrauter Erscheinungen: die harmonisch erklingende Saite des Monochords als epistemisches Objekt und das schwingende Pendel in der physikalischen Mechanik

- erfordert Lesen von Schaltplänen eine operative Diagrammatik im zweifachen Sinne; stellt die Verdrahtung elektronischer Bauteile zu medienaktiven Apparaturen (etwa das klassische Radio) und ihre industrielle Form - die gedruckte Platine, dann der integrierte Schaltkreis - Verdinglichungen (Implementierungen) von Diagrammatik dar. Zum Anderen wird ein Diagramm, Charles S. Peirce zufolge, erst im mentalen Mitvollzug aktiviert: (Mit-)Vollzug aber wird im technologischen Gefüge an

die Apparatur (ihre logischen Gatter und Algorithmen) deligiert; Frieder Nake, das algorithmische Zeichen als Peircescher "Interpreteant"

- transitive Diagrammatik als Verschränkung von materieller Bewegung und symbolischer Notation (*diagrammatic reasoning*, mit Peirce) definiert Techno/logie; Prinzip des Llectron-Systems

- existiert die symbolische Ordnung niemals an und für sich; immer schon im Realen implementiert, neuronal, oder auch als Bleistiftskizze einer elektrischen Schaltung auf Papier (die ihrerseits als Graphit unter Strom, und damit in Vollzug gesetzt werden kann)

- Operativwerden diagrammatischer Notationen ein Grundmerkmal technologischer Medien; praktische Elektrisierung des Diagrammatischen ist dasjenige, was Peirce zwar vom Prinzip her entwickelte und auf dem Papier zum Laufen brachte, aber erst im 20. Jahrhundert elektrophysikalisch wird; hat Peirce mit seiner Diagrammatik bereits die logischen Voraussetzungen dafür geschaffen: die temporale Operativität von Schaltkreisen, die Medien zu Zeitmaschinen werden läßt; Papiermaschine kann nur in der Zeit operativ werden

- spezifisch medienwissenschaftliche Blickverschiebung der Frage nach dem Diagrammatischen fokussiert die Phänomene von Diagrammatik im Vollzug; "akustische Diagrammatik"; Datenklang strukturell identisch mit der Verlaufsform; Thomas Hermann, Sonifikation hochdimensionaler Daten. Funktionaler Klang zum Erkenntnisgewinn, in: Georg Spehr (Hg.), Funktionale Klänge, Bielefeld (transcript) 2009, 69

- lassen sich Kittlers Schriften nicht neu schreiben, aber seine Schaltungen nachvollziehen; asymmetrisches Verhältnis von Historizität und Logik in Medientechnik

- entfaltet sich das Diagramm zwischen Mathematik und Zeit antike "Medien"begriff ließ kaum technologische Anwendung zu; nicht in logische Maschinen implementiert; Denken eher verbildlicht (Rico Hartmann); wurden aus entdecktem Verhältnis von Kathode und Hypothenuse im Dreieck keine Sinuskurven gebildet, keine Schwingungen; gab es noch keine geometrische Verzeitlichung; eher Geometrie denn schematisches Diagramm; Nikolaus von Oresme bringt im 14. Jh. mit graphischer Darstellung von Geschwindigkeit und Beschleunigung fester Körper Zeitverlauf in die Geometrie; Mathematik entdeckt eine Variable abhängig von einer anderen:  $y = f(x)$ ; diese geometrischen Zeitbilder noch nicht in logische Maschinen implementiert; diagrammatisches Denken noch nicht operativ

- Maxwells Begründung der Elektrodynamik; Nachvollzug / -weis von Faradays Kraftlinien mit mathematischen Gleichungen; Wahrheit nicht in den mechanischen Abbildern als "Repräsentanten der magnetischen

Kraft, [den] punktierte[n] Linien, Erscheinungen, Curven", sondern in unanschaulichen, mathematischen Symbolen = Faraday, Michael (2004): Experimental-Untersuchungen über Elektrizität in drei Bänden, Bd. 3 (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. 294, Reprint Harri Deutsch), 298- 301 (Ueber magnetische Kraftlinien), 298- 301; James Clerk Maxwell; On Physical Lines of Force, 1861; Heinrich Hertz, Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft, Leipzig (Barth) 1892, 23: "Die Maxwell'sche Theorie ist das System der Maxwell'schen Gleichungen"; Replikation einiger Experimente von Heinrich Hertz zur Ausbreitung der elektrischen Kraft ungleich Simulation / Emulation = Diplomarbeit Roland Wittje 1995

- aktuellen Blick auf ein antikes Diagramm auf Papyrus trennt nicht eine historische Distanz von zwei Jahrtausenden; vielmehr extrem gestauchte Wissenszeit im gleichursprünglichen Nachvollzug; medienwissenschaftlich verdichtet (und eskalierend als technische Implementierung) im *re-enactment* von elektrotechnischem Schaltplan oder algebraischer Argumentation für logische Maschinen; Algorithmus zwischen symbolischer Maschine und Diagramm

- Feynman-Diagramme: "in der Teilchen- und Festkörperphysik standardmäßig verwendete bildliche Darstellungen quantenfeldtheoretischer Wechselwirkungen, die 1949 von Richard Feynman am Beispiel der Quantenelektrodynamik entwickelt wurden.[1] Die Diagramme sind streng in mathematische Ausdrücke übersetzbar" = <https://de.wikipedia.org/wiki/Feynman-Diagramm>, Abruf 18. Januar 2018

- Durchlauf eines *diagrammatic reasoning*; Shannons *Mind reading machine* (mit Gedächtnis des Verhaltens) = inkorporierte Diagrammatik; Maschine erkennt menschliche Lesemuster

- Ferritkernspeicher: in Matrix-Form gespeicherte Signale gehen in Laufzeit über; Shintaro Miyazaki: Algorhythmik vs. Diagrammatik - wenn [Speicher]-Fläche in Zeit übergeht

- graphische Notation für Web-Muster diagrammatisch generativ; Reduktion der Bildsemantik auf syntaktische Funktionen, Verschränkung von Partitur und Maschine (Birgit Schneider). Gewebten = gerasterten Bildern ist eine zeitliche Struktur (ihre sukzessive Bildung) eingeschrieben, die aber vom Bild vergessen wird

- Web-Bücher in der Nähe zur musikalischen Notation (Birgit Schneider); Notation als Spezialform von Diagramm; Nähe zu Symbolsprachen (Goodman); "form into existence" (Peirce)

- 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; interessierten ihn Diagramme als symbolische Werkzeuge des Denkens; 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; Martin Carlé, xxx, in: xxx Georg Klaus zum 90., xxx, xxx-xxx

- oszilliert "Papiermaschine" (Alan Turing) 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 Zeit; hat Charles Babbage mit seiner "Mechanical Notation" eine Analytische Maschine auf Papier in Bewegung gesetzt

## **Diagramm und Trajekt**

- konstruiert Firma Sperry in den USA unter dem Namen T-6 ein Richtgerät für die Artillerie, das in zwei getrennte Rechenoperationen zerfällt; modelliert Prädiktion die Bewegung des Ziels und extrapoliert mithilfe der Annahme von konstantem Kurs, Geschwindigkeit und Höhe dessen zukünftige Position" = Teresa Busjahn, Der Analogcomputer als Medium der Zeitmanipulation (Mai 2009); online xxx, 29; in Polarkoordinaten erfaßte Daten für die Extrapolation der Zielposition gegenüber dem sich in kartesischen Koordinaten bewegenden Flugkörper bedürfen eines Analogrechners zur Umrechnung. Auf der anderen Seite berechnet Ballistik, wie das Geschuß die rechnerisch bestimmte Stelle zu einem zukünftigen Zeitpunkt erreichen kann, um dort zur Explosion zu kommen; entspricht dem traditionellen Gebrauch von vorausberechneten Abschußtafeln, um die Waffe entsprechend auszurichten; enthält der T-6 eine Nockenscheibe, welche die vorherbestimmten ballistischen Funktionen ab- resp. einbildet - eine Form von materialisierter, mechanisierter Tabelle (als operatives Diagramm). Die statische, vorausberechnete, also gespeicherte Tabelle ein Archiv der möglichen Zukunft, eine Variante des Futur II gleich dem elektronischen Fahrplanservice der Deutschen Bahn; demgegenüber rechnet die vollständig technomathematisierte Ballistik den künftigen Zeit/punkt jeweils aktuell neu aus (das vollelektronische Nachfolgemodell T-15, das jedoch Prototyp blieb)

- Photo aus WKII zeigt den Abschuß einer Fieseler Fi 103 ("V1") durch die Kombination des alliierten Radars SCR-584 und dem Richtgerät M-9 = Mindell 2002: 256. Ein operatives Diagramm wird in dieser Photographie gleichsam festgefroren (*Gefrorene Blitze* als Bezeichnung für die Kondensstreifen der "V2" und Buchtitel von Ruth xxx); das Diagramm hier tatsächlich ikonisch; stellt der damit festgehaltene Moment ein bemerkenswertes Zusammenspiel von analogen und digitalen Signalen; Fi 103 von einem Geschoss getroffen und ist abgestürzt, weiße Linie zeigt ihren kontinuierlichen Pfad nach unten; diskrete weiße Punkte dagegen weitere Granaten, die an vorausberechneten Positionen der Fi 103 explodieren, welche diese nicht mehr erreichen wird" = Mindell 2002: 254

## **Experimentelle Diagrammatik**

- experimentelle Diagrammatik der Verkabelung: Vorgehensweise von Biologen, wenn sie mit einem defekten Radio konfrontiert werden = Gedankenexperiment Zellforscher Y. Lazebnik 2002, Beitrag Fachzeitschrift *Cancer Cell*: zunächst verschiedene Radios zerlegen, vergleichen und kategorisieren; "dann auf gut Glück Bestandteile des Radios entfernen, um zu sehen, ob es weiterhin Musik spielt, und schließlich gewissenhaft alle Komponenten des Radios und deren Interaktionen katalogisieren"; Verständnis der Funktionsweise eines Radios dadurch eher verschleiert als gefördert = Sibylle Anderl, "Space Invaders entzaubern die Hirnforschung"; <http://www.faz.net/aktuell/wissen/was-kann-big-data-14672419.html>; Frankfurter Allgemeine Wissen 19. Januar 2017; Abruf: 23. Januar 2017

## **Für eine diagrammatische Medientheorie**

- das operative Diagramm als Brücke zwischen Kulturtechniken und techniknaher Medientheorie; definiert Sybille Krämer das Diagrammatische als "ein operatives Medium"; Rede von "Kulturtechniken des Diagrammatologischen" = Sybille Krämer, Operative Bildlichkeit. Von der "Grammatologie" zu einer "Diagrammatologie"? Reflexionen über erkennendes "Sehen", in: Martina Hessler / Dieter Mersch (Hg.), Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft, Bielefeld (transcript) 2009, 94-122 (106) - der Unterschied zum wirklichen Medien(technik)werden des Diagramms. Techno-logische Medien entfalten sich im Feld operativer Diagrammatik, d. h. von algebraischen Formeln als techno-mathematischen Un-Dingen (gleich Software) bis hin zu konkret gelöteten Schaltungen.

- Frederik Stjernfelt, Diagrammatology. An Investigation on the Borderlines of Phenomenology, Ontology, and Semiotics, Dordrecht (Springer) 2007

## Die Input / Output-Relationen in "Black Boxes" aus diagrammatischer Sicht

- reklamiert techniknahen Medienarchäologie im Widerstreit zum Black Box-Modell das Wissen um interne Verarbeitungsschritte (der nicht-trivialen Maschine zumal), um Input / Output-Relationen zu begreifen

- Blackbox als Zeitobjekt: das Intervall; was in der unwahrnehmbaren Zwischenzeit geschieht ("time of non-reality", Norbert Wiener), der eigentlich signaltechnischen Zeit. Wie geht das Blackbox-Modell mit un stetigen Signalen um, worin Zeitabschnitte nicht bekannt sind? einfachste Darstellung eines Prozesses ist die Black Box als Sinnbild für "Eingang-Verarbeitung-Ausgang" (EVA-Prinzip) = <http://de.wikipedia.org/wiki/Prozessvisualisierung>; Zugriff 16. Februar 2009

- Eintrag "Black-box-Methode" in Klaus (Hg.), Wörterbuch d. Kybernetik, Bd. I, Ffm/HH 1971, 107-112; daran anschließend, S. 112: Eintrag "Block", definiert als "Darstellungselement in Signalflußplänen (Blockschaltplan), wobei die einzelnen Übertragungsglieder einer Steuerung oder Regelung durch Quadrate, Rechtecke usw. symbolisiert werden" - eine Form von *black box* als Diagramm; Einsatz der Kybernetik: die "beiden Kulturen" (Snow) von Geistes- und Naturwissenschaften konvergieren in (operativen) Diagrammen

## Sich diagrammatisch orientieren (symbolische Maschinen)

- im *computing* je nach Befehl mehrere Maschinenzyklen vonnöten; der erste heißt Befehlslesezyklus (*instruction op code fetch*); *Zeitdiagramm* zeigt einen gesamten Befehlszyklus

- Alexander Schnell, Das Problem der Zeit bei Husserl. Eine Untersuchung über die husserlschen Zeitdiagramme, in: Husserl Studies 18 (2002), 89-122

- diagramme comme machine (*Schaltplan*) / le diagramme entre machine ("circuit diagram") et calcul

- Sprung zur analytischen Geometrie (verkörpert im kartesischen Achsensystem) bis hin zur vollständigen Mathematisierung der Bewegung; Archiv der Bewegungsformeln, mithin: der Differentialrechnung anlegen, ansatzweise vollzogen durch die Brüder Weber, als sie die Mechanik des menschlichen Gangs kinetisch zu berechnen suchten und mit der Analyse die Grundlage für künstliche Bewegungssynthese (im Umkehrschluß) schufen; beigefügt

chronometrische und mathematisierte, weil Schrittlänge und Schrittdauern diagrammatisch überlagernde Darstellungen = Eduard Weber und Wilhelm Weber, Die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge [\*1836], in: Wilhelm Weber's Werke, hg. v. d. Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. 6, Berlin (Springer) 1894; stellt sich bei ihrer Durchsicht ein geradezu proto-kinematographischer, buchstäblich kinästhetischer Effekt ein, den keine verbale Beschreibung (*ekphrasis*) zu erreichen vermag

## "Papiermaschinen" (Babbage, Turing)

- Wesen der Maschine nichts nur Technisches, *we(i)st* darüber hinaus: ihr Zeitvollzug.

- operative Diagrammatik: sucht medienanalytischer Blick der symbolischen Maschine (ob nun Mathematik, Schaltplan oder reale materielle Anordnung) das (Zeit-) "Wesen der Maschine" (Reuleaux Bd. I) zu entlocken, indem sie als Maschine in Vollzug gesetzt wird; deutet Hilberts formale Mathematik jene *Mechanisierbarkeit* bestimmter Klassen mathematischer Operationen an, die Turing dann realisiert

- ist es der *daimon*, der einer reinen Maschinenzeichnung bzw. einem Schaltplan ermangelt: "Die Beschreibung einer Maschine mithilfe von Zeichnungen kann diese jeweils nur in einem einzigen Zustand ihrer Abläufe darstellen" = Babbage 1826: 205, zitiert nach: Bernhard Dotzler, Diskurs und Medium. Zur Archäologie der Computerkultur, München (Fink) 2006, 183; von daher seine Entwicklung einer algebraischen statt geometrischen "Nothirungsmethode" = Franz Reuleaux 1875: 205; erlaubt die Darstellung eines über das Abbild "daimonisch" (Alunni) hinausweisenden Zeitzugs, indem sie an einem Mechanismus alle "gleichzeitigen wie aufeinanderfolgenden Bewegungen", also die "Bewegungsabfolge" selbst, die Verkettung ihrer Operationen, ablesbar macht = Babbage 1826:207, zit. nach Dotzler 2006: 183; mathematische Prozedur des Algorithmus und die Operativität der Maschine konvergieren

- oszillieren Papiermaschinen zwischen symbolischer Notation und physikalischer Implementierung, zwischen Punkt, Fläche und Raum; operativ werden sie erst in der Zeit

- Turing 1936; können die Operationen der symbolischen Maschine auf dem traditionellen Speicher- und Übertragungsmedium von (alphanumerischen) Symbolen, nämlich Papier, schrittweise ausgeführt werden. Das auf Rechenpapier aufgeschriebene Programm einer Turing-Maschine *ist* die Turing-Maschine, und das Diagramm einer Universellen Turing-Maschine insofern identisch mit der Maschine, insofern sie ein in beliebiger Materie implementierbares Modell darstellt

## Eine "diagrammatische" Mediendefinition

- Media Archaeology concerned with media not only on their structural but as well on their operative level, thus becoming post-structural or "diagrammatic"; as diagrammatic media theory beyond semiotics, closer to signal analysis, with a signal being the physical representation of a message respectively information which takes places on the time axis. Any media event thus is a temporal signal function: "Zeitfunktionen der Signale" = Karl Küpfmüller, Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung, Stuttgart (Hirzel) 1974, 393

## Medienoperative Diagramme

- Diagramme im Sinne von Heideggers "Weltbild" (operative Bilder) als Gebilde des "vorstellenden Herstellens"; Inge Hinterwaldner, Simulationsmodelle. Zur Verhältnisbestimmung von Modellierung und Bildgebung in interaktiven Echtzeitsimulationen, in: Ingeborg Reichle / Steffen Siegel / Achim Spelten (Hg.), Visuelle Modelle, München (Fink) 2008, 301-314

- stehen Diagramme *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" = Hartmut Birett, Funktionsmodelle. Versuche zur biologischen Nachrichtenverarbeitung, Frankfurt a. M. / Berlin / München (Diesterweg) 1974, 1; kommt im letztgenannten Feld der Analogcomputer zum Einsatz

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

- ist Zeitachsenmanipulation auditiver oder visueller Artikulation auf technomathematischer Basis erst dann möglich, wenn zeitserielle Datenströme (Signale) auf Raumkoordinaten bezogen werden können; klassische Darstellung physikalischer und damit zeitvarianter Prozesse in einem kartesischen Koordinatensystem, wo Zeit  $t$  als Abszisse und eine ihrer Funktionen (Geschwindigkeit oder Beschleunigung, Spannung oder Strom) als Ordinate figurieren. "Aber es macht einen Unterschied ums Ganze, ob dieser Trick nur eine Darstellung wie in der Physik oder, wie in der Informationstechnik, eine Schaltung ist" = Friedrich Kittler, Real Time Analysis, Time Axis Manipulation, in: ders., Draculas Vermächtnis.

Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1999, 182-207 (183) - operative Diagrammatik

- Graphen eine Instanziierung oder eine Differenz zum Diagramm? "In diesem Diagrammtyp geht es um Objekte und deren Beziehungen untereinander. Den mathematischen Unterbau bildet die Graphentheorie. In diese Kategorie fallen demnach auch Diagramme, die zur Veranschaulichung von Strukturen, beispielsweise Organisationsstrukturen (Organigramme), Verwandtschaftsbeziehungen (Stammbaum), Flowcharts, Concept-Maps oder Datenstrukturen (Baumdiagramme: Dendrogramm und Entscheidungsbaum) verwendet werden" = Wikipedia, Eintrag "Diagramm"

## Zeit und Diagramm

- das Diagramm für Peirce immer ein Zeitbild; Diagramme in diesem Sinne immer auf Vollzug angewiesen, ob als Denkschemata oder Graph: "[...] in our system of graphs, we shall be obliged still further to introduce the idea of time [...]. hypothetical propositions, unlike categoricals, essentially involve the idea of time. When this is eliminated from the assertion, they relate only to two possibilities, what always is and what never is." = CP 4.523; operative Zeitlichkeit von Diagrammen

- schlußfolgernde Syllogistik sequentiell angelegt

- operative Diagrammatik; Babbage im Entwurf seiner Analytical Engine: "Alle 'gleichzeitigen und aufeinanderfolgenden Bewegungen, die 'jedes bewegliche Teil der Maschine zu jedem Zeitpunkt tat', sollen mit seinem Plan auf einen Blick sichtbar werden" = Charles Babbage, "Über eine Methode Maschinenabläufe als Zeichen auszudrücken" (1826), in: Babbages Rechen-Automate. Ausgewählte Schriften, Wien / New York 1996, 205-221, zitiert nach: Wolfgang Schäffner, Electric Graphs. Charles Sanders Peirce und die Medien. In: Michael Franz / Wolfgang Schäffner / Bernhard Siegert u. a. (Hg.), Electric Laokoon. Zeichen und Medien. Von der Lochkarte zur Grammatologie, Berlin (Akademie Verlag) 2007, 316

- Peirces Diagrammatik "fixiert das Analogische im Logischen" (Rico Hartmann); Präfix *ana-* indiziert den Zeitvollzug am ansonsten rein logischen Denkbild; Zeitvollzug schnell in der digitalen Signalverarbeitung (und Logik) zur "time of no reality" zusammen, zum Dirac-Impuls; manifestiert noch minimalster Zeitverzug die Arbeit der Physik am Digitalen *abstractum* "Information"

- "Wasserfalldarstellung" für Spektrographie (Spectrum Analyzer) von HF-Trägern im Radio- und Funkbereich: *dynamische Diagrammatik*

- Korrelogramm als graphische Darstellung der Autokorrelation einer Zeitreihe; werden dazu die Korrelationskoeffizienten gegen die Dauer der Zeitverschiebung abgetragen =  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Korrelogramm>; Zugriff 16. Februar 2009

## **Die diachronische Dimension des Diagramms**

- meint Diagrammatik allgemein den Umriß, die gezeichnete geometrische Figur; das Präfix "dia" aber meint auch die zeitliche (diachronische) Dimension; Verb *diagraphein*: durch Zeich(n)en etwas darzustellen; Gestus zugleich ein temporaler Akt, ein Darstellungsprozeß (von daher eine genuine medientechnische Eigenschaft: im Vollzug, Durchführung)

- Diagramm im erweiterten Sinne nicht nur die graphisch-geometrische, sondern auch die algebraische Durchführung; analytische Geometrie

- Platons Dialog *Menon*: diagrammatische Operation als Anamnese, das (geometrische) Wissen im Menschen bereits angelegt, vs. Charles Sanders Peirce: diagrammatische Argumentation = abduktiv, die ohne Vorwissen sich aus der diagrammatischen Operation selbst ergibt

- Geometrie an sich diagrammatisch im Sinne jener "Disziplinen, die sich mit den in der reinen Raumzeitlichkeit mathematisch existierenden Gestalten beschäftigen" = Edmund Husserl, *Der Ursprung der Geometrie*, in: Jacques Derrida, *Husserls Weg in die Geschichte am Leitfaden der Geometrie*, München (Fink) 1987, 205 - was nachträglich den operativen Computer als technomathematische Maschine mit umfaßt

## **Zwischen Anamnese, Gleichursprünglichkeit und Tradition: Zeit der Diagrammatik (Platon, Husserl)**

- "demonstriert" Sokrates in Dialog *Menon* (82b-84c) den anamnetischen Prozeß eines gleichursprünglichen Wissens (die Wiedererinnerung) anhand einer buchstäblich diagrammatischen Operation = Sybille Krämer, *Operative Bildlichkeit. Von der "Grammatologie" zu einer "Diagrammatologie"?* Reflexionen über erkennendes "Sehen", in: Martina Hessler / Dieter Mersch (Hg.), *Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft*, Bielefeld (transcript) 200xxx, 94-122 (112); Demonstration hat etwas Daimonisches, das sie mit allem erkennenden Sehen (*theoría*) teilt, sofern es als Medientheorie operativ, also als Zeitvollzug (respektive mit einem temporalen Vektor versehen) über die reine Anschaulichkeit hinausweist. Durch rein sprachliche Anweisungen läßt Platon hier aus einem Quadrat auf der Grundlage seiner Diagonalen ein Quadrat doppelten Flächeninhalts entstehen. Heute graphisch nachvollzogen, handelt es sich nicht um eine "Zeichnung aus *Menon*" - so

die Legende von Abb. 1. in: Krämer ebd., 113 -, sondern um ein Diagramm *nach* Menon; diagrammatischer Algorithmus vermag - invariant gegenüber der historischen Zeit, die zwischen Platon und dem heutigen Lesen des Textes verstrichen ist - negentropisch Wissen aufzuheben, weil es a) symbolisch, also weitgehend entropieunanfällig, kodiert wurde und b) an ein Wissen appelliert, das implizit in der Lage der Dinge selbst bereits angelegt ist (die euklidische Geometrie). Diagrammatische Überlieferung ist auch die Methode, mit der Alberti den Grundriß der Stadt Rom über alle Abzeichnungsfehler hinaus als Information verlustfrei überliefern wollte: indem die Zeichnung ins (günstigenfalls) kartesische Koordinatensystem übertragen wird; im Unterschied zu Platons Anamnese ist für Charles Sanders Peirce das geometrische Wissen eine Hervorbringung des *diagrammatic reasoning* selbst

- das Dazwischen von Platon und Peirce mit dem Begriff historischer Differenz nicht gefaßt; im Feld der techno-mathematischen Operationen nahegerückt durch das gemeinsame Objekt; Begriff "geschichtliche" also skalieren, zwischen physikalisch-objektiver Zeit und "flacher", transitiver Zeitlichkeit

- Edmund Husserl: Ein historischer Anfang (ein "Sinn-Ursprung" = Edmund Husserl, Der Ursprung der Geometrie, in: Jacques Derrida, Husserls Weg in die Geschichte am Leitfaden der Geometrie, München (Fink) 1987, 206 ff.) wird aktuell implizit vollzogen (schlichte Anwendung), nicht aber bewußt als ursprünglicher Sinn reaktiviert; dann ist "die ursprünglich evidente Erzeugung als reine Erfüllung ihrer Intention das Erneute (Wiedererinnerte)" = Husserl 1987: 211. Hier scheint Gleichursprünglichkeit auf: "das jetzt original Verwicklichte ist dasselbe wie das vordem evident Gewesene" = ebd. Aktiver Nachvollzug und Wiedererinnerung stehen im operativen Verbund; eine mikrozeitliche Handlung spannt zugleich den historischen Horizont auf (bzw. schließt ihn kurz); Husserl auf Seiten der Tradition und des historischen Verstehens als Enthüllen wesensallgemeiner Strukturen = 224

- medienarchäologisch begriffene Diagrammatik weiß, daß ihre Operation nach eigenem Gesetz zu Erkenntnis gelangt, ohne auf ein ursprüngliches Wissen zurückgreifen zu müssen (ob nun anamnetisch im Sinne Platons oder historisch im Sinne Husserls)

## **Das regenerative Wissen und die visuelle Evidenz der Geometrie**

- entstammt der sogenannte Papyrus Rhind, der im wüstentrockenen Sand Ägyptens die Hinfälligkeit der Antike überdauert hat, datiert auf ca. 1700 v. Chr., einem altägyptischen Handbuch der Mathematik. Thema ist *offensichtlich* der Flächeninhalt eines gleichschenkligen Dreiecks. Werfen wir einen Blick auf dieses archäologische Fragment; Abb. 3 in:

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 (404). Während die symbolische Notation der altägyptischen Schrift in hohem Maße kulturell und historisch relativ ist und vom Wissen und dem Code abhängig ist, erschließt sich das schlichte Diagramm unmittelbar und invariant gegenüber "Wissensgeschichte"; gleich einem diagrammatischen Monument ragt es aus dem schriftlichen Dokument heraus; gehört es zur Eigenart des Diagramms, daß es über die optische Anschauung hinaus auch eine zeitlich-dynamische Verweisung hat - der "Daimon" der diagrammatischen Demonstration (Charles Alunni). Zum Anderen behauptet sich die diagrammatische Argumentation invariant gegenüber der historischen Translation *in* der Zeit.

- Platons anamnetische Ideenlehre von der geometrischen Praxis altgriechischer Mathematik inspiriert; Figuren der Geometer durchaus veränderlich und akzidentiell = Inhetveen xxx: 407; ein logisches Urbild und dessen realen Implementierungen (das "Abbild"); die Beziehung von Abbild zu Urbild ist buchstäblich "ikonisch" (im Sinne von Charles Sanders Peirce); Deutung *medieninduzierter* Gleichursprünglichkeit verschiebt diese Lesart hin zum Indexikalischen; "diese Ähnlichkeit liefert die 'gewissermaßen materielle Verbindung' zwischen Anzeichen und Anzuzeigendem" = Inhetveen 414; und weiter: "Die Struktur der Wirklichkeit verträgt sich mit der Struktur der Theorie" = ebd., 421

- Platons Höhlengleichnis; Wirklichkeit der Idee vergleichbar mit mathematischen oder logischen Geltungszusammenhängen; "Sätze wie  $2*2=4$ , die Winkelsumme im Dreieck o. ä. können nicht verändert werden. Sie stehen nicht zeitlich gebunden" = <Poseidon>, Platon und die Welt der Idee, in: Ronahî. Zeitschrift des Verbandes der StudentInnen aus Kurdistan (YXK) Nr. 17 (Juli 2000), 30 ff. (30); mit einem Kreis nicht das gemeint, was an einer Tafel gezeichnet ist, sondern der ideale Kreis, für den als einzigen die Kreisgesetze gelten; Kreide-Kreis weist stets geringe Abweichungen auf = ebd.. Bleibt also eine Differenz zwischen *mundus intelligibilis* und sichtbarer Welt (*mundus sensibilis*) als bloßem Abbild; neue Welt der statistischen Mittelwerte: "wird errechnet, so dass hier eine ideale Welt an die Stelle des positiv Gegebenen gesetzt wird" = ebd., 31

- Drucklegung von *Euclidis quae supersunt opera omnia* (Oxford 1703, hg. v. Gregory David); zeigt ein Kupferstich, wie sich Schiffbrüchigen am Strand die Anwesenheit von Menschen in Form geometrischer Sandzeichnungen kundgibt = reproduziert in: Stefan Hildebrandt, Wahrheit und Wert mathematischer Erkenntnis, München 1995, 8. Oder ist es die Welt selbst, die sich hier diagrammatisch schreibt, gleich dem Quader im Weltall zu Beginn von Stanley Kubricks *2001 - A Space Odyssey*? Bildlegende: "Aristippus Philosophus Socratus, naufragio cum ejectus ad Rhodiensium litus animadvertisset Geometrica schemata

descripta, exclamavisse ad comites dicitur, Bene speremus, Hominum enim vestigia video"; Anekdote aus Vitruv. Architect. Lib. 6 Praef.

## **Diagramme von Dynamik / dynamische Diagramme**

- "Zur Veranschaulichung sinusförmiger Größen dient in Anlehnung an die Wechselstromtechnik das Zeigerdiagramm. [...] Die Projektion des Zeigers, der mit der Wechselgeschwindigkeit  $\langle \omega \rangle$  um den Koordinatenursprung gegen den Uhrzeigersinn rotiert, auf die imaginäre Achse ergibt den Augenblickswert der Wechselgröße" = Josef-Hermann Bernhard / Bruno Knuppertz, Analoge Informationsverarbeitung - kurz und bündig, Berlin (Verl. Technik) 1974, 14 - im Unterschied zum Zeigertelegraphen (Wheatstone, Siemens), der diskrete Werte (Buchstaben) indiziert

## **Kurvendiagramme**

- mechanische Vorform oszilloskopischer Verfahren die rechnende Analyse von Kurven durch das Planimeter, eine veritable analog-digital-Umsetzung von Werten. Ist für die Fourier-Analyse der Kurve eines Schwingungsvorgangs die Funktion  $f(x)$  nicht durch einen analytischen Ausdruck gegeben, muß ihre Auswertung numerisch oder graphisch erfolgen, vermittelt sogenannter harmonischer Analysatoren, welche die Kurve in Grundfrequenz und Obertonanteile zerlegen = Friedrich Vilbig, Hochfrequenz-Meßtechnik, München (Carl Hanser) 1953, 279; erfolgt elektronische Fourier-Analyse eines gegebenen Kurvenzuges mit oszilloskopischen Mitteln

- Funktionsgeber wesentlicher Bestandteil von Analogcomputern zum Zweck der Behandlung allgemeiner gewöhnlicher Differentialgleichungen; für langsamere Analogrechner Funktionstische mit der aufgezeichneten Funktion  $f(U_1)$  in Gebrauch, "wobei  $U_1$  über eine Servosteuerung eingestellt wird und die zugehörige Ordinate  $f(U_1)$  der Kurve entsprechend automatisch durch eine Folgeregelung nachgeführt und nach außen abgegeben wird. Die Kurve wird optisch oder elektrisch abgetastet. Im letzteren Falle muß die Kurve mit einer leitfähigen Tinte aufgetragen werden, liegt an einer Spannung oder führt einen Strom" = E. Kettel, Übersicht über die Technik der elektronischen Analogrechner, in: Telefunken-Zeitung Jg. 30 (Juni 1957) Heft 116, 129-135 (135)

- Prinzip der Welte-Klaviernotation, die von der passiven Lektüre zum aktiven automatischen Spiel führt, mithin zur operativen Schrift wird

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

- Charles Sanders Peirce, Prolegomena zu einer Apologie des Pragmatizismus [\*Prolegomena to an Apology for Pragmaticism, P 1128 im Verzeichnis der publizierten Schriften; erschien 1906 in: The Monist, vol. XVI, 492-546, in: Charles S. Peirce, Semiotische Schriften Bd. 3 1906-1913, hg. u. übers. v. Christian Kloesel und Helmut Pape, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1993, 132-192

- unterscheidet Peirce zwischen "immediate interpretant" (für "conduct" / Verhalten), "final interpretant" ("habit" / Gewohnheit) und - hier schon operativ - "dynamical interpretant" ("action" / Handlung); weitere Übersetzung von Frederike Roth, unter Titel "graphen und zeichen - prolegomena zu einer apologie des pragmatizismus", als *text 44* 1971 herausgegeben von Max Bense und Elisabeth Walther

- für Peirce diagrammatische Ikonizität keine abbildende, sondern eine entwerfendew = Matthias Bauer / Christoph Ernst, Diagrammatik, Bielefeld (transript) 2010, 44 - ein Wissen im Vollzug, Trajekt, wie es Englischen anklingt: "Kant is entirely right in saying that, in drawing consequences, the mathematician uses what in geometry, is called a 'construction', or in general a diagram, or visual array of characters of lines" = Luis Radford, Rescuing Perception. Diagrams in Peirce theory of cognitive activity, Université Laurentienne, [www.icme-organisers.dk/tsg28/rescuing.pdf](http://www.icme-organisers.dk/tsg28/rescuing.pdf), 9

- "Hier ist ein Beispiel:  $a_1x + b_1y = n_1$  /  $a_1x + b_2y = n_2$ . Dies ist insofern ein Ikon, als es Quantitäten ähnlich aussehen läßt, die in analogen Beziehungen zum Problem stehen" = Charles Sanders Peirce, Über das Folgern im Allgemeinen, in: ders., Semiotische Schriften, Kurze Logik, Frankfurt / M. 2000 [1895], 205 f.; Julian Rohrhuber, Das Rechtzeitige. Doppelte Extension und formales Experiment, in: Volmar (Hg.) 2009; mathematische Ästhetik des Analogcomputers

## **Diagrammatische (Rechen-)Maschinen**

- stellen Kohonenkarten im Darstellungsfeld angenäherte, "ähnliche" Werte dar (Self-Organizing Maps): *quasi* diagrammatische Skulpturen. Zur Dreidimensionalität gesellt sich als vierte Dimension die zeitliche Erstreckung.

- Block- respektive Flußdiagramme

- Sandrina Khaled, Pikturale Graphismen der Technik, 1569-1870, in: Bildwelten des Wissens Bd. 1/1, 64-78; darin bes. Abb. 6 Robert Willis, Principles of Mechanism, mechanical notation, 1841; Abb. 4 Jean Pierre Nicolas Hachette, Traité élémentaire de machines, Tafel in: Machine élémentaire, 1811

- Ökonomie von John Maynard Keynes (*General Theory*, 1936) zunächst durch eine Reihe abstrakter mathematischer Modelle (graphisch und algebraisch) veranschaulicht; mangelt es zweidimensionalen Graphen an Darstellungsmöglichkeiten des Wesens von Prozessen, wie sie - im Sinne von Lessings *Laokoon*-Theorem - im sprachlichen Text darlegbar war: "The Keynesian verbal approach presented the economy as a dynamic system, but these little mathematical models tended to be static, so that to understand the system, or show the implications of changes in its, required using 'the method of comparative statics'. This involved comparison of 'before' and 'after' situations by shifting curves on diagrams or by making a change in one equation and / following the causal impact through the series of equations in the system" = Mary S. Morgan / Marcel Boumans, *Secrets Hidden by Two-Dimensionality: The Economy as a Hydraulic Machine*, in: Soraya de Chadarevian / Nick Hopwood (Hg.), *Models. The Third Dimension of Science*, Stanford (UP) 2004, 369-401 (372 f.). Ein Drittes, zwischen symbolischem Diagramm und operativem physikalischen Modell, ist die Mathematik des Dynamischen: "Proposals to create dynamic mathematical models had been made during the 1930s by the econometricians who introduced both lags and differential terms into their model equations" = 373 - Zeitfaktoren, wie sie in Elementen des Analogcomputers (Kondensatoren zur Signalverzögerung) quasi-mathematisch operativ werden; Phillips' hydraulische Maschine; deren Vorzug "is not only its three-dimensionality, but also that in use it shows processes through time and so is, in effect, a 4-D model" <ebd., 379>

- Begriff des algorithmischen Zeichens: "zunächst ein Zeichen wie jedes andere auch, bei uns so wie bei Peirce so aufgefasst. Es wird aber doppelt interpretiert, von zwei Instanzen, von uns, den Menschen, und von ihm dem Prozessor. Das führt zu zwei Interpretanten, einem kausalen und einem intentionalen" = Frieder Nake / Susanne Grabowski, *Ein Bild. Zwei Sichten. Betrachtung einer Zeichnung aus der Geschichte der Computerkunst*, Vorlage zur Tagung *analog digital. Kunst und Wissenschaft zwischen Messen und Zählen (HyperKult 12)*, Rechenzentrum der Universität Lüneburg, 24.-26. Juli 2003; Frieder Nake / Peter Bogh Andersen, *Informatics and Semiotics*

- Computer als symbolische Maschine "separated function from physical form; if the wiring was correct, it did not matter how the computer was laid out mechanically. The design inhered not in the components, which [...] were standard telephone relays, but in the wiring between them" = Mindell 2004: 304; *Telephon-Nebenstellenschaltwerk zum Computer umnutzen*

- ermöglicht Einsatz der Elektronenröhre als Verstärkerelement (*electronic repeater*) in den USA 1915 die erste transkontinentale Telephonleitung; geht mit dieser neuen Quantität von telephonischer

Distanzüberbrückung eine neue medientechnische Qualität einher: "The network became machine. No longer was the network a passive device, for repeater amplifiers actively added energy along along the route. This change decoupled the wave that represented the conversation from its physical embodiment in the cable" = David A. Mindell, *Between Humans and Machine. Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*, Baltimore / London (Johns Hopkins University Press) 2004 [Erstausgabe 2002], 112

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

- Raimundus Lullus' kombinatorische Scheiben eine Mechanisierung des Diagrammatischen (hier: kombinatorische Logiktabellen), ein maschineller Vollzug des Syllogismus
- zeichnen sich Diagramme durch syntaktische Diskretheit aus; diskrete, mit Elementen (etwa Buchstabensymbolen) rechnende operierende Diagramme und kontinuierliche Funktionen, Graphen, Spannungswerte im Analogcomputer unterscheiden
- "Eine Maschine ist eine Anordnung von Regeln und Gesetzen, durch die gewisse Tatbestände in andere transformiert werden" (Heinz von Foerster, zitiert nach: Werner Künzel / Peter Bexte, *Maschinendenken / Denkmachines*. An den Schaltstellen zweier Kulturen, Frankfurt / M. (Insel) 1996, 13)
- Zustandsmaschinen (reine Kombinatorik, gedächtnislos) von Maschinen, die Ergebnisse (zwischen-)speichern, unterscheiden. Im Falle der reinen kombinatorischen Maschinen (Lullus' *Ars Magna*) ist die Tabelle selbst der Speicher.
- ist es im ENIAC "der Umriß einer Programmablaufs, der in Diagrammen festgehalten wird eine graphische Schnittstelle zwischen der Mathematik der zu berechnenden Formel und dem elektronischen Plan ihrer numerischen Lösbarkeit. Solche Diagramme konkret zu implementieren, wurde im ENIAC lakonischerweise 'programming proper' genannt" = 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) - nahe der Hardware selbst
- Entwurf eines Programms, der von der Dynamik des Vorgangs selbst her denkt, bereits ein virtuelles operatives Diagramm
- Definition des Flußdiagramms (Flowchart) "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" =  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow\\_charts?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow_charts?uselang=de);  
Zugriff 16. Februar 2009

- Diagramme / Flowchart-Beispiele unter:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow\\_charts?uselang=de](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Flow_charts?uselang=de)

- Prozeßvisualisierung die graphische Darstellung auf einer Benutzerschnittstelle in Automatisierungstechnik , Verfahrenstechnik, auch Simulation von Abläufen

- Frank Gilbreth: *Prozeßtabelle* für die analytische, chronographengestützte Arbeitswissenschaft

- kommt das Präfix "dia-" in einer wirklich *dynamischen* Diagrammatik 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

- Metapher? Im "Flußdiagramm" (*flow chart*, entwickelt durch John von Neumann) kommt der Algorithmus als dynamisches Ereignis zu logi(sti)schen Evidenz; einzelne Programmbefehle darin als Symbole, als Black Boxes. Sofern ein Flußdiagramm in realer Hardware implementiert wird, kommt es zum (Voll-)Zug; ist ihm ein chrono-logischer Vektor eingeschrieben (Schleifen, Rekursionen, Terminierung)

## Das Blockdiagramm

- Lösung eines Problems im Analogcomputer durch Zusammenschalten der Rechenelemente gemäß den aus den Gleichungen sich ergebenden Rechenoperationen. Die Vorschrift für die Aufstellung des 'Programms' wird so unmittelbar durch die Gleichung gegeben. Insofern spiegelt das Schaltbild auch direkt die Struktur der Gleichungen wider" = Knorre 1971: 23; S. J. Morris / O. C. Z. Gotel, "Flow Diagrams: Rise and Fall of the First Software Engineering Notation", in: Dave Barker-Plummer / Richard Cox / Nik Swoboda (Hg.), *Diagrammatic Representation and Inference*, Berlin / Heidelberg (Springer) 2006, 130-144

## Diagrammatik und Schaltplan

- Schaltplan englisch *circuit diagram*. "Allan Marquand, in about 1885, saw the value of operating his logic machine electrically and even drew a circuit pattern for it, but there is no evidence that this version of his device was ever actually constructed" = Gardner 1958: 216; war es

Peirce, der in seinem Briefverkehr mit Marquand diese Zeichnung anfertigt

- Charles Sanders Peirce: "Logical Machines", in: The New Elements of Mathematics, hg. v. Carolin Eisele, Bd. III/1: Mathematical Miscellanea (Mouton/Humanities Press 1976), 625-632; auf Seite 632 als Anhang: Peirces Brief an Allan Marquand: "I think electricity would be the best thing to rely on", darin Schaltkreise gezeichnet, die verwendet werden können; führen Schaltpläne vom ikonischen zum logischen (diagrammatischen) "Bild" der Elektrotechnik

## Die Verdinglichung des Schaltplans

- Peirces *diagrammatic reasoning* kein rein theoretischer Entwurf; in seinem Brief an Marquand als elektrischer Schaltkreis gezeichnet

- verlangt Diagramm nach / bedarf der Invollzugsetzung / Vollendung durch den Menschen (als "Medium"); im Fall von Quellcode dann an den Rechner deligiert; verlangenauch die Buchstaben eines Textes nach Lektüre als *diagrammatological* (buchstäbliches) *decoding*

- Steckmodul ("Steckbaustein"), vertraut aus frühen Computern (Zuse Z22)

Was zunächst noch einen körperlichen, materiellen, dreidimensionalen Eindruck mit diskreten Bauelementen macht, wird in Dünnschichthybridschaltkreisen mit eingebondeten Transistor-Halbleiterchips bereits 2/12-dimensional.

- reale physikalische Implementierung einer "gedruckten" Schaltung (einmal als Buchdruck, einmal als Platine)

## Zeitweisen operativer Diagramme

- meint der Informationsbegriff im Sinne Shannons nicht allein die Wandlung von Unwahrscheinlichem in Wahrscheinliches (Stochastik, Markov-Ketten, Entropie), sondern ebenso die Auswahl von Potentiellem in Aktuales

- Geradeausempfänger, die im Gegensatz zum später üblichen Superhet keine Zwischenfrequenz benutzen. "Mittelwellensender gab es schon am Anfang der Rundfunkgeschichte. Deshalb können historische Radios auch heute noch betrieben werden, und auch dieses Radio hätte die Sender von damals empfangen können. Die Technik ist ähnlich wie die der ersten Rundfunkempfänger" = Kainka 2008: 2; steht Retro-Radio also in einem gleichursprünglichen Verhältnis zum "historischen" Vorbild; Gegenfrage:

Warum empfängt dieses Retro-Radio eigentlich nicht auch heute die Sendungen von damals?

## Symbolische Rechenmethode und Analogrechner

- Versinnbildlichung dessen, was gemeinhin mit "Wissen" bezeichnet wird: sogenannte semantische Netze, eine nonlineare, nicht-hierarchische, also unbaummäßige graphische Verknüpfung von Begriffen in multiplen Relationen

- Heinrich Hertz: "Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände [...] von solcher Art, daß die denotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände" = Heinrich Hertz, Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt, in: Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 263, hg. v. D. Goetz, Leipzig (Geest & Portig) 1984, 67; kommt eine Form der Gleichursprünglichkeit zum Zug, das Prinzip der Analogie und der Resonanz: "Damit diese Forderung erfüllbar sei, müssen gewisse Übereinstimmungen vorhanden sein zwischen der Natur und unserem Geiste. Die Erfahrung lehrt uns, daß [...] solche Übereinstimmungen in der Tat bestehen. [...] Die Bilder, von welchen wir reden, sind unsere Vorstellungen von den Dingen; sie haben mit den Dingen die *eine* wesentliche Übereinstimmung, [...] aber es ist für ihren Zweck nicht nötig, daß sie irgendeine weitere Übereinstimmung mit den Dingen haben" <ebd.> - das Prinzip des Analogcomputers, die epistemologische Form der Modellierung und die Praxis des *diagrammatic reasoning* im Sinne von Peirce; hat Hertz in einen Grundriß des Vorlesungssaals der Universität von Karlsruhe, den er für seine Experimente nutzt, die Koordinaten der Funkenwirkungen eingetragen (Labortagebuchblatt von 1887) - eine Überlappung von Diagramm und Abbild; oszilliert das derart kartographierte Wellenfeld zwischen beiden Weisen phänomenologischer und epistemologischer Existenz

- wird *diagrammatic reasoning* auf der Basis einer Vorschrift bzw. Algorithmus auf den Begriff gebracht: "By diagrammatic reasoning, I mean reasoning which constructs a diagram according to a precept expressed in general terms, performs experiments upon this diagram, notes their results, assures itself that similar experiments performed upon any diagram constructed to the same precept would have the same results, and expresses this in general terms" = Charles S. Peirce, The New Elements of Mathematics, hg. v. Carolyn Eise, Bd. IV: Mathematical Philosophy, Den Haag (Mouton) 1976, 47f - "think analogue" (Ulmann); Analogrechner Diagramm, das unter Strom gesetzt mathematisch operativ wird

- lassen sich Zahlen und physikalische respektive technische Größen durch Strecken darstellen; implizit das Prinzip des Analogrechners / Rechenschieber

- Symbolisierung einer schwingenden Bewegung durch eine kreisförmige Bewegung; Otto Schmid, Die Mathematik des Funktechnikers. Lieferung 4: Symbolisches Rechnen I, 290

## **Der springende Punkt**

Oliver Byrne, The first Six Books of the Elements of Euclid in which Coloured Diagrams and Symbols are used instead of Letters, London (Pickering) 1847. Reprint Köln (Taschen) 2010; *online*-Ausgabe: <http://publicdomainreview.org/collections/the-first-six-books-of-the-elements-of-euclid-1847/>

- ändern sich Stromrichtung und Polarität bei Wechselstrom und -spannung in einer bestimmten Frequenz; Darstellung erstmals durch die Braunsche Röhre für den Fall des Straßburger Stromnetzes); Fiktion einer Abtastbarkeit des Zeitpunkts, wo es sich tatsächlich (d. h. physikalisch reell) um infinit stetige Änderungen handelt: "Die Augenblickswerte der Spannung und des Stromes sind mit der sogenannten Sinusfunktion verknüpft, d. h. sie verlaufen in Abhängigkeit von der Zeit nach der Sinuslinie" = Herbert Scheidt, Kleintransformatoren. Berechnung und Selbstbau, München (Albrecht Philler) o. J., 12 f.; Fiktion des Bildpunkts / "springenden Punkts" am elektronischen Fernsehen; Sampling-Theorem; Gabor, "akustische Quanten"; löst Sampling eine Schwingung in zeitdiskrete Werte auf, doch diese Zeit-Punkte nicht dimensionslos

- "Denkt man [...] an die eindimensionale Bewegung eines Massenpunktes, so wird man in einer Kontinuumstheorie eine Bahnkurve  $x(t)$  für die Bahn des Teilchens (genauer: dessen Schwerpunktes) zeichnen können [...], die Tangente gibt jeweils die Geschwindigkeit. In einer Diskontinuumstheorie dagegen wird etwa an Stelle dieser Kurve eine Reihe von Punkten endlichen Abstandes treten [...]. In diesem Falle ist es [...] sinnlos, von der Geschwindigkeit an einem bestimmten Orte zu sprechen, weil ja die Geschwindigkeit erst durch zwei Orte definiert werden kann" = Werner Heisenberg, Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, in: Zeitschrift für Physik, Bd. 43, Heft 3/4 (1927), 172-198 (173)

## **Diagramm und Isomorphie**

- Vergleich zwischen mechanischen Schwingungen und elektrischem Schwingkreis

- "Die Gesamtheit der Signale in einem kybernetischen System ist das isomorphe Abbild bestimmter Seiten des realen Ereignisses. Wir sagen deshalb 'bestimmter Seiten', weil keine noch so ausführliche Beschreibung des Ereignisses durch eine Gesamtheit von Signalen alle Merkmale des realen Ereignisses widerspiegeln kann" = Poletajew 1962: 22; jedoch Sampling-Theorem im Zeitbereich, obgleich nicht in der exakten Amplitudenreproduktion; illustriert Poletajew diesen Vorgang am Beispiel eines Direktschneidegeräts für Tonaufnahmen, also der Umwandlung akustischer in elektrische Schwingungen und ihre Fixierung in einem Speichermedium (samt Rückwandlung), im Unterschied zur diskreten Aufzeichnung in Symbolen (Notation, die Willkür bei der Wiederaufführung in Musik zulässt)

- Albertis Methode zur fehlerfreien Überlieferung des Stadtplans von Rom: nicht als Zeichnung des Grundrisses, sondern aufgelöst in diskrete Punkte, die in einem Koordinatensystem dann wieder eingetragen werden können; unterläuft Numerik das postalische Dispositiv

## **Operative Diagrammatik / diagrammatische Operatoren**

- wird aus einer elektrotechnischen Schaltung, einmal unter Strom gesetzt, ein Diagramm im Vollzug; das Operativwerden diagrammatischer Notationen und die Dynamisierung des Topologischen als wesentlicher Zug technomathematischer Medien; setzt operative Diagrammatik nicht schlicht Erzeugungsprozesse symbolisch ins Bild, sondern auch in die Welt, d. h. in die Zeit, indem die symbolisch angezeigten Prozesse zugleich operativ werden; diagrammatische Maschinen Zeiterenisse und Zeitfolgen

- über die vertrauten Gedankenmodelle aus Logik hinaus; Peirces Skizze eines Schaltplans (*schematic diagram*) für eine elektrifizierte Logikmaschine aus den 1880er Jahren (abgebildet im Ausstellungskatalog *A Computer Perspective* von 1990); erweitert Marquands Serie elektromagnetischer *Schalter* zu einer wirklich geschlossenen *Schaltung* für die Lösung allgemeiner geometrischer und algebraischer Probleme

- operative Diagrammatik: Mathematik wird (als Algorithmus) Maschine (Turing)

- Methoden einer "science dure" in dreifachem Sinn: la pensée dure / la pensée de durée / la pensée du dure (*hardware*)

- Vortrag Charles Alunni 17 März 2005, am Collège de France, "Qu'est-ce que s'orienter diagrammatiquement dans la pensée?"; Orientierung im Denken durch mitdenkende Maschinen flankiert; heißen Bahnungen dieser Orientierung Programmierung und Schaltplan

- gehören das Operativwerden diagrammatischer Notationen und die Dynamisierung des Topologischen zu den wesentlichen Zügen technomathematischer Medien. Operative Diagrammatik setzt nicht schlicht Erzeugungsprozesse ins Bild, sondern auch in die Welt, das heißt in die Zeit, indem hier die angezeigten Prozesse zugleich operativ werden; diagrammatische Maschinen Zeitereignisse und Zeitfolgen; über die vertrauten Gedankenmodelle aus Logik hinaus ins Dynamische verweisend

- vorkalkulierte, dann mechanisierten Schußtafeln der Analogflak; Steuerungssysteme des A4-Geräts; Antizipation von Zeit in Analogrechnern; Raketentechnik und ihre Simulation

- DSP-Simulation der Kennlinien von Elektronenröhren, das Operativwerden jener Diagramme, wie sie die klassischen Kennlinientafeln darstellen

- Flammenschreiber (Oszilloskopie)

- "symbolical notation" von Charles Babbage als *operative* Schrift

- Sebastian Gießmann, "Graphen können alles. Visuelle Modellierung und Netzwerktheorie vor 1900", in: Ingeborg Reichle / Steffen Siegel / Achim Spelten (Hg.), Visuelle Modelle, München (Fink) 2008, 269-284]

### **Diagrammatik als "Medium des Denkens" (Charles Sanders Peirce)**

- das Diagrammatische (Graphen aus Punkten und Linien) als Darstellungsform bei Peirce flankierend zur algebraischen Notation; betont Peirce (im Unterschied zur abstrakten Vorstellung des Diagramms) "existential graphs", wo 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" = Wolfgang Schäffner, Topologie der Medien: Descartes, Peirce, Shannon, in: Stefan Andriopoulos / Gabriele Schabacher / Eckhard Schumacher (Hg.), Die Adresse des Mediums, Köln (DuMont) 2001, 86 f. - ein dynamisches, operatives Verhältnis, keine starre Semiotik. Kommentiert Wolfgang Schäffner: "Damit wird das Blatt ein Medium, das Übertragungen zwischen Graphist und Interpet, zwischen Sender und Empfänger möglichst macht" = Schäffner ebd., 87. Somit aber 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" = Schäffner 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 nach Schäffner 2001: 88

- Diagramm einer ersten logischen Schaltung 1886, abgebildet in Schäffner 2001: 88; Nachgeschichte ist Shannons Masterarbeit zur Übersetzung Boolescher Logik und ingenieurstechnische Schaltungen mit Relais; Schäffner: 91

- medientechnisch realisierte Denkmodelle; das operative Diagramm: die Lochkarte"; Karsakovs "Ideenmaschine"; operative Löcher = Bernhard J. Dotzler, Zeichen in Eigenregie. Über die Welt der Maschine als symbolische Welt, in: Michael Franz et al. (Hg.), *Electric Laokoon. Zeichen und Medien von der Lochkarte zur Grammatologie*, Berlin (Akademie-Verlag) 2007, 291-312

- mechanisches Geräte zur Aussagenlogik: Jevons' Piano, und 1883 Verbesserungen durch Allan Marquand. 1890 diskutiert Marquand mit Peirce Kontaktschaltungen für Aussagenverbindungen, wie sie Hollerith dann in den Auswahlschaltungen für seine Lochkartenmaschinen tatsächlich einsetzt. Analogie von Aussagenlogik und Kontaktschaltungen 1910 bei Paul Ehrenfest; Bauer 2009: 55 f.

- Peirces Diktum von 1906: "All my notions are too narrow. Instead of 'Sign', ought I not say *Medium*?" = in: Richard Robin, *Annotated Catalogue of the Papers of Charles S. Peirce*, University of Massachusetts Press 1967, MS 339. Peirce legt den Akzent auf den Prozeß, die Semiose: "auf Zeichen und ihren Prozessen, ohne welche die *Maschinisierung von Kopfarbeit* nicht zu begreifen wäre, um die sich [...] die Informatik bemüht" = Frieder Nake, *Zeigen, Zeichnen und Zeichen. Der verschwundene Lichtgriffel*, in: Hans Dieter Hellige (Hg.), *Mensch-Computer-Interface. Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung*, Bielefeld (transcript) 2008, 121-154 (125). Indem Peirce die Instanz des Interpretanten hinzufügt, wird aus dem Verhältnis von Zeichen und Bezeichnetem ein Prozeß / Semiose

## **Diagrammatische Urszenen (Antike)**

- Platon läßt Sokrates sagen, "daß es kein Lehren gibt, sondern nur Erinnern" = Platons *Menon*, hrsg. u. übers. u. nach d. Inhl. erkl. von Reinhold Merkelbach, Frankfurt / M. (Athenäum) 1988, 56; wird etwas

wachgerufen, das zeitlos invariant zum jeweiligen historischen Index kulturellen Wissens gilt - auch und Insbesondere für den Fall technomathematischer Verhältnisse; schreibt Dominic Scott vom "foreknowledge principle", in: ders., *Plato's Meno*, New York (Cambridge UP) 2006, 84 f.; implizites Wissen buchstäblich medienarchéologisch angesprochen: Entbergung dessen, was vorliegt

- *Diagrammatic reasoning* in Platons *Menon* aktive Wissensentbergung, also -archäologie; Operation steht strukturdynamisch Charles Babbages symbolischer Machinennotation nahe: "The diagram *externalizes* the boy's thought; thus clearly presenting what had been only a vague notion before. On the other hand [...] the diagram *makes visible* what was wrong with the boy's original suggestion [...]. By changing the representational system, by substituting the geometrical approach for the arithmetical approach, the boy gets the possibility of controlling his own thought" = Michael H. G. Hoffmann, Peirce's "Diagrammatic Reasoning" as a Solution of the Learning Paradox, in: *Process Pragmatism. Essays on a Quiet Philosophical Revolution*, hg. v. Guy Debrock, Amsterdam (Rodopi) 2003, 121-143 (139)

- "eine abstrakte Maschine oder Diagrammatik", die "nicht dazu da ist, um etwas zu repräsentieren, sei es auch etwas Reales, sondern um etwas zukünftig Reales zu konstruieren" = Gilles Deleuze / Félix Guattari, *Tausend Plateaus*, Berlin (Merve) 1992, 196

- Diagramm in Altgriechenland eine symbolische Operation zur Entbergung grundsätzlicher Strukturen, mathematisches Denken im Vollzug anhand konkreter Materialitäten (Papier, Stift) - "operative Bildlichkeit" im Sinne Sybille Krämers, abduktiv im Sinne von Peirce, und im Unterschied zur Arithmetik mit Zahlen. Anders als sein funktionaler Einsatz im Zweistromland oder Ägypten ist es im buchstäblich archaischen Altgriechenland eine Weise, mathematische Sätze "von ersten Prinzipien herzuleiten" = Kurt von Fritz, *Die ARXAI in der griechischen Mathematik*, in: *Archiv für Begriffsgeschichte*, Bd. 1, Bonn 1955, 13-103 (13 f.)

- meint "ikonisch" im Sinne von Peirce nicht allein das intuitive Abbild, sondern ebenso eine Strukturähnlichkeit. Insofern unterhält auch noch das digitalisierte, also durchweg abstrahierte und mathematisierte "Bild" eine isomorphe Beziehung zum Vorbild; unterscheidet Rodowick zwischen analoger Repräsentation und digitaler Transkodierung; Isomorphismus hängt für ein Medium wie der Photographie an der Absenz solcher symbolischen Transkodierungen = David N. Rodowick, *The Virtual Life of Film*, Cambridge, MA / London (Harvard UP) 2007, 9

- Matthias Wille, *Die erkenntnistheoretische Isomorphierelation. Kritische Anmerkungen zu Georg Klaus' Jenenser Promotionsschrift aus dem Jahr 1948*, in: *Zeitschrift für Semiotik* Bd. 33, Heft 3/4, 185-206

- Beziehung des analogen photographischen Bildes (die photographische Referenz) zum wirklichen Ding nicht willkürlich (wäre eine semiotische Beziehung), sondern eine notwendige, vorgeschrieben von der physikalischen Indexikalität. "In Photography I can never deny that *the think has been there*" = Roland Barthes, *Camera Lucida. Reflexions on Photography* [\*Paris 1980], New York 1981, 76

## **Die neuzeitliche Erringung des Diagramms**

- Funkenstein 1986: 302 f.: geometry separate from mechanics (in Ancient Greece); 303: time excluded from mathematical objects; 310 f.: "two bodies" (mechanics / mathematics)

- Joh. Heinrich Lamberts *Logische und philosophische Abhandlungen*, zum Druck befördert v Joh. Bernoulli, 1. Bd., Berlin 1782, Vorwort Christoph Heinrich Müller, xix: "Endlich gehen die Zeichen in die Imagination über und dann hat die Maschine ihre Vollkommenheit erhalten. Die Imagination ist was man sie seyn macht; ordentlich, methodisch, dem Verstand analog, wenn sie dazu erzogen wird"

- Grundlagenkrise der Mathematik um 1900; stellt Intuitionismus "ein raumgreifedes Kontinuum unter das Primat der Zeit. Mathematik hat für Brouwer deshalb restlos in ihrer Tätigkeit aufzugehen, für Hilbert dagegen auf dem Papier" = v. Hilgers 2008: 157, unter Verweis auf: Hermann Weyl, Über den Symbolismus der Mathematik und mathematischen Physik, in: ders., *Gesammelte Abhandlungen*, Bd. 4, Berlin / Heidelberg / New York 1968, 527-536 (529); in der tätigen Rechenmaschine Verschränkung beider Weisen: des abstrakten mathematischen Zeichenraums und der Maschinentätigkeit; im Operativen liegt hier die Zeit

## **Diagrammatische Epistemologie des elektromagnetischen "Feldes"**

- Valéry über Faradays Feldlinien: "Le triomphe de l'image mentale - transposition de l'image physique dans le champ mental. Et ici, cette image qui visiblement est une figure inerte, prend des «forces».- L'œil ne voit pas de forces. C'est l'excitation de nos puissances motrices qui entre en jeux - dans le champ de temps mental" = Paul Valéry, *Cahiers II* = Paris, Éditions du Cnrs, 1957, Cah. XXV, 434

- "En lisant William Thomson, vers 1893, c'est la métaphore hydraulique que Valéry découvre : « Toute la physique d'aujourd'hui est une métaphore hydraulique et lui [Lord Kelvin] l'a extraite des formes algébriques pour donner aux sens eux-mêmes le spectacle de la

continuité de la pensée » = Correspondance de Paul Valéry et Gustave Fourment (1887-1930), Paris, Gallimard, 1952, 241-242

- "Alle physikalischen Charakteristika der letzten Elementarbestandteile der Materie, insbesondere der Elektronen, sind am umgebenden *Felde* abzulesen; die Anwendung der geometrischen, mechanischen, physikalischen Begriffe auf das Elektron selbst und seine Ausdehnung scheint ohne Bedeutung zu sein. Daher möchte man das Materieteilchen als etwas Extramundanes, nicht extensiv Ausgedehntes ansetzen. Es ist selber nicht räumlich, sondern steckt nur in einer räumlichen Umgebung drin, von welcher seine Wirkungen ihren Ausgang nehmen. [...] Dann gibt es kein punktförmiges Jetzt und auch kein exaktes Früher und Später. Die Dinge verhalten sich dann [...] als ob der an den Leib gebundene Lebenspunkt [...] nicht nur eine diffuse räumliche, sondern auch eine diffuse zeitlichen Ausdehnung besitzt. Die unmittelbare Gegenwart ist nicht gänzlich abrupt, sondern immer steht ein schmaler, nach der Vergangenheit und nach der Zukunft rasch abklingender Hof zugleich mit in dem sich selbst leuchtenden Lichte der Unmittelbarkeit" = Weyl 1927: 58

- beschreibt Faraday ein atomistisch unfaßbares Phänomen (die elektromagnetische Induktion) durch Feldlinien - keine frühe Form operativer Diagramme; sucht Maxwell in seinem Gründungsdokument der Elektrodynamik mit seinen Gleichungen nachzuweisen, daß Faradays Kraftlinien eine phänomenale Falle. "Aus retinaler Verführung wird logische Vorführung" (Ausdruck Rico Hartmann); steckt medienarchäologische Begründung (*arché*) nicht in den Abbildern von Eisenfeilspänen als Ausdruck magnetischer Kraft ("punktierte Linien, Erscheinungen, Curven" = Faraday, Michael (2004): Experimental-Untersuchungen über Elektrizität in drei Bänden, Bd. 3 (= Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Bd. 294, Reprint Harri Deutsch), 298- 301 (Ueber magnetische Kraftlinien), 298- 301), sondern in unanschaulichen, mathematischen Symbolen = Maxwell, James Clerk: On Physical Lines of Force, 1861; für Studium dieser Kraft Faradays Ikonisierung nicht notwendig (Peirce CP 4.242)

- bringt Peirce diagrammatisch, Turing algorithmisch die eigentlich unsinnlichen Formen geistiger Prozesse und logischer Beweisführung mit maschinaler Berechenbarkeit zusammen; Peirces Diagrammatik als verschränkte Raum- und Zeitform Mittel der Beweisführung

## **Zeitdiagramme und ihre Berechnung (Differential- und Integralrechnung)**

- Henri Bergson, *Materie und Gedächtnis*: Aufhebung von Vergangenheit in der Gegenwartswahrnehmung, dargestellt in der Figur des Konus: "An der Kegelspitze befindet sich der gegenwärtige Augenblick, der Körper

des Kegels birgt die Vergangenheit und zwar auf verschiedenen Ebenen. Jede der Ebenen umfasst die Totalität der vergangenen Dauer, allerdings in mehr oder minder kontrahiertem Zustand. [...] Der gegenwärtige Augenblick bildet die am höchsten angespannte Ebene der Vergangenheit und trägt das Ganze der vergangenen Dauer in sich" = Kerstin Volland, Zeitspieler. Inszenierungen des Temporalen bei Bergson, Deleuze und Lynch, Wiesbaden (Verl. f. Sozialwissenschaften) 2009, 33; phonographische Abtastnadel

- "How do you draw time?", heißt es eingangs in der *online-*Verlagswerbung zu Rosenberg / Grafton 2010; medienarchäologische Analyse von Zeitdiagrammen; greift Edmund Husserl in seinen *Vorlesungen zur Phänomenologie des Inneren Zeitbewußtseins* auf die Zeichnung eines "Diagramms der Zeit" zurück. Verbalsprachlich ringt er (als Alternative zur Rede von "Erscheinungen") um Begriffe zur Beschreibung von "Ablaufphänomenen" oder "Modi der zeitlichen Orientierung"; die Kontinuität steter Wandlungen sei untrennbar in Strecken, und unteilbar in Phasen = Edmund Husserl, *Vorlesungen zur Phänomenologie des inneren Zeitbewußtseins* [1905], hg. v. Martin Heidegger [\*1928], 2. Aufl. Tübingen (Niemeyer) 1980, § 10 "Die Kontinua der Ablaufphänomene. Das Diagramm der Zeit", 388-390 (388). "In unserer Figur illustriert die stetige Reihe der Ordinaten die Ablaufsmodi des dauernden Objektes. Sie wachsen von 0 (einem Punkt) an bis zu einer bestimmten Strecke" und bilden ein "Phasenkontinuum (Jetzt mit Vergangenheitshorizont" = ebd., 389; Diagramm ebd.

- praktizieren elektronische Medien es: Fernseher als Differentialrechner

- sucht 1952 Alan M. Turing nach einer chemischen Basis für das Phänomen der Morphogenese. "What is chiefly required is an understanding of the solution of linear differential equations with constant coefficients", fügt in Klammern hinzu: "This is also what is chiefly required for an understanding of mechanical and electrical oscillations" = Alan M. Turing, *The Chemical Basis of Morphogenesis*, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Bd. 237 (1952), 37-72 (39), also zum Verständnis von elektrotechnischen Medienphänomenen an sich und ihrer verblüffenden Analogisierbarkeit zu mechanischen Vorgänge (Pendelschwingungen etwa)

- Differential- und Integralrechnung Königsweg zum Begreifen (und Machen) elektrodynamischer Medien, denn ihre Grundgesetze (*arché*) beziehen sich auf den zeitlichen Differentialquotienten einer Größe (etwa des mechanischen Impulses oder der Feldstärke); Ableitung geschieht hier vorrangig nach der Zeit (wie auch im elektronischen Analogcomputer): "Sie verknüpft damit den Wert, den diese Größe zu irgendeinem Zeitpunkt hat, mit dem Wert, der ihr im nächstfolgenden Augenblick zukommt" = Arthur March, *Das neue Denken der modernen Physik*, Hamburg (Rowohlt) 1957, 132

- konkreter medienpraktischer Einsatz in Engine-Entwicklung von Computerspielen; heißt es im Bericht über das "Physics Tutorial" (denn "Physik" meint in Computerspielen die Simulation realer Newtonscher Welt) im Rahmen der Game Developers Conference 2006 in San Jose: "Jim Van Verth talked about how the differential equations of motion, that arise in Newtonian physics dynamics are defined, and how they can be numerically solved to be useful in a game application" = Oliver Pilarski, Physics Tutorial, in: Game Face, Juni 2006, 58-61 (58); entwickelt Leibniz Differential- und Integralkalkül als *eine algebraische Technologie*

- Leibniz' "Universalsprache" mathematischer Kalküle; Argument in seiner *ars inveniendi*: mit abstrakten Symbolen algebraisch rechnen wie mit gezeichneten (diagrammatischen) Figuren; Operationen bedürfen zunächst noch der menschlichen Agenten zur Ausführung; verselbständigen sich zur Maschine = programmierter Automat; Medienwerden der Differentialrechnung: Groß [1932-1938 Leiter der Schaltkreis-Abteilung in den Hollerith-Werken Berlin] 1934; Babbage: *symbolical notation*

- "Als Kalkül und das heißt wortwörtlich als Kombinatorik von Rechensteinen hat der Computerpionier Babbage die neue Methode, Unendlichkeiten zu handhaben, schließlich [...] durchgesetzt. [...] Was Teleskop und Mikroskop eben an unendlich Großem und Kleinem erschlossen hatten, erlangte in Integralen und Differentialen seine Formeln" = Friedrich Kittler, Dem Schöpfer auf die Schliche. Auf der Suche nach einem universalen Zeichensystem: Gottfried Wilhelm Leibniz zum 350. Geburtstag, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 149 v. 29. Juni 1996, B4

## **"Musikalische" Diagrammatik**

- Synthesizer in Pure Data "programmieren"; das symbolische "Patchen" ein operatives Diagramm

- für eine "monumentale Philologie" (Eduard Gerhard) im Sinne von Medienarchäologie, also etwa die Deutung der selbstgelöteten Synthesizermodule Friedrich Kittlers in seinem Nachlaß am Deutschen Literaturarchiv in Marbach, heißt dies - beim durchaus hermeneutischen Versuch, dem Verdrahtungsdschungel so etwas wie eine idiosynkratische Handschrift des "Autor" abzulesen - allerdings, nicht bei der "Lektüre" stehenzubleiben. Erst der tatsächlich erklingende Ton ist eine wirkliche Lesart solch elektronischer Schaltung, ebenso wie auch Software-Philologie (Critical Code Studies) nicht beim Quellcode verharren, sondern seine tatsächliche Ausführung miteinbeziehen müssen; erst in diesem Moment entbirgt sich das eigentliche Wesen von Software

## Diagrammatische Meßbilder: Oszilloskopie

- Amplituden-Zeit-Diagramme als Oszillographien

- Begriff des *Spannungsdiagramms* in der Fernsehelektronik; wird im Extremfall (Farbe Weiß respektive Schwarz) eine Zeile des zu übertragenden Bildes bei der elektronischen Abtastung in ihrem Helligkeitsverlauf durch eine Gleichstromspannung (das Fernsehsignal) dargestellt, das einen gleichförmigen, stetigen Amplitudenverlauf von links nach rechts zeitigt. Das andere Extrem ist die Auflösung periodisch folgender Bildeinheiten (etwa das Motiv des feingliedrigen Lattenzauns), so daß aus der Gleichspannung am Ende eine Wechselspannung wird: "Im Spannungsdiagramm entsteht dadurch über dem Weißpegel eine Wechselspannung mit rechteckiger Kurvenform [...]. Je feinere Einzelheiten abgebildet werden sollen, desto höher ist die Frequenz der erzeugten Wechselspannung" <Limann 1957: 21>.

## Diagrammatik des Operativen statt Mediengeschichtsschreibung

- Faradays diagrammatischer Experimentalpraxis; Gooding 1998

- von Oested über Ampère und Faraday bis zu Hertz eine ganze Serie von elektrotechnischen Experimentalanordnungen überliefert, durch die das Wesen des Elektromagnetismus erkundet

- erweist sich Wissenschaftsgeschichtsschreibung als nur bedingt geeignet, diese zeitliche Dynamik von Experimentalsystemen in ihrer eigenzeitlichen Logik darzustellen. Klaus Hentschels Verfahren vorgeschlagen, sie als Sequenzen und Muster in Form von Blockdiagrammen darzustellen: "Keineswegs in Konkurrenz, sondern ergänzend zu einer *mikrohistorischen* Bearbeitung [...] gestatten die Blockdiagramme den quasi *makroskopischen* Vergleich zwischen zeitlich und räumlich eng definierten lokalen Forschungskontexten" = Klaus Hentschel, *Feinstruktur und Dynamik von Experimentalsystemen*, in: Heidelberger / Steinle (Hg.) 1998, 325-354 (352); was hier bescheiden als Ergänzung zur "traditionellen narrativen Beschreibung" = ebd. definiert wird, ist in Wirklichkeit deren Alternative. Anhand von Faradays analytischen Laborskizzen entwickelt auch David Gooding neue Formen der Darstellung solcher Wissenserfahrung in der Zeit: "The history of a visual science must itself venture into non-narrative modes of representation, if we are to understand the cognitive as well as the social dynamics of discovery and demonstrations. To this end a matrix representation shows the dynamical context of interacting representations better than a linear "narrative with pictures" could do" = David Gooding, *Picturing Experimental Practice*, in: Heidelberger / Steinle (Hg.) 1998, 298-322 (321); Appell gilt verschärft, wenn das Objekt nicht

mehr nur die technischen Zeichnungen, sondern die Medienapparaturen selbst betrifft

- "Schema" nach Kant; ein Vollzug, etwa das Ziehen einer Linie, immer auch eine zeitliche Handlung; Sybille Krämer, Operative Bildlichkeit. Von der "Grammatologie" zu einer "Diagrammatologie"? Reflexionen über erkennendes "Sehen", in: Martina Hessler / Dieter Mersch (Hg.), Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft, Bielefeld (transcript) 2009, 94-122 (113 ff.)

- bildgebende Medien von diagrammgebenden Medien unterscheiden; Begriff *mapping* einbeziehen

### **Zeichenspiele und Zeichenmanipulation mit tödlichem Einsatz**

- "Zeichenspiele": nicht nur Symbole, auch Zeichnungen symbolisch verarbeiten; Entwicklung perspektivischer Darstellung in der Renaissance erlaubte Konstruktionen von Maschinen allein auf dem Papier zu entwickeln; von Hilgers 2008: 24 f., unter Bezug auf: Samuel Y. Edgerton, The Renaissance Artist as Quantifier, in: The Perception of Pictures 1. Alberti's Window. The Projective Model of Pictures, hg. v. Margaret A. Hagen, New York 1980, 179-212

- behandeln Barocke Bücher über Theaterbauten die Erzeugung räumlicher Tiefendimensionen durch zweidimensionale Fläche im eigenen Medium, nämlich auf Buchseiten: "Diagrammatische Verschränkungen sind hier gefordert, die die imaginative Wirkung von Bildern mittels Buchstaben ein Stück weit wieder aufheben und als Konstruktion kenntlich machen. Die Algebra soll aus eben solchen Abkürzungen hervorgegangen sein, die spezifisch geometrische Elemente der Abbildungen bezeichnen, dann selbst zu einem Gegenstand der Mathematik wurden und damit allgemeine Verfahren von konkreten Aufgabenstellungen ablösen" = v. Hilgers 2008: 26, unter Bezug u. a. auf Oskar Becker, Mathematische Existenz, Tübingen (1927) 1973, 191 f.

### **Graphische Interfaces: diagrammatische Schnittstellen**

- sind Zeichen auf Verdinglichung angewiesen wie Algorithmen auf Hardware, wenn sie handlungsfähig werden sollen; erst Vollzug macht aus einer dynamischen Relation ein Medium. "Von Sketchpad wissen wir: es ist ein Software-System. Als solches ist es für seine dynamische Existenzweise auf einen Computer angewiesen" <Nake 2008: 143>. Vom Erfinder als *zeitkritisches* Interface definiert: "The Sketchpad system makes it possible for a man and a computer to converse rapidly through the medium of line drawing" <Ivan E. Sutherland, Sketchpad. A man-

machine graphical communication system, New York / London 1980: 8 [\*MIT intern 1963], hier zitiert nach: Nike 2008: 143f>. Das Interface ist eine Form von Medium als Kanal (im Sinne Shannons). Was auf diese Oberfläche gezeichnet wird, ist jedoch eine Funktion der rechnenden "Unterfläche" (Nike): so erscheint diese Form von Zeichen "als *algorithmische Zeichen*" = Nike 2008: 149; dazu ders.: Das algorithmische Zeichen, in W. Bauknecht / W. Brauer / Th. Mück (Hg.), Informatik 2001, 2 Bde., Bd. II, Wien 2001, 736-742; Sonderfall Williams Tube als Daten(zwischen)speicher

- D-mac Cartographic Digitiser: a rapid method of converting data contained in pictorial dimensions (2-D) into a form suitable for computer processing. The "pencil" develops an electrical field which is tracked by a sensing mechanism - eine Art *reverse eye-tracking*; James Dreaper, in: Design Journal 1968 = <http://vads.ahds.ac.uk/diad/article.php?title>

### **Diagrammgebende Medien: Kurvenschriften (Kymograph und Phonographie, Musik- und Filmnotation)**

- entwickelt James Watt 1790 seinen "Indikator": ein Meßgerät, das an der Dampfmaschine den Druckverlauf versinnbildlicht, den der Dampf im Zylinder der Kolbenmaschine während des Arbeitshubs einnimmt. Nicht nur von Menschen, sondern durch einen anderen Mechanismus wird diese Erkenntnis dann umgesetzt: in Form des epistemischen Dings namens *Governor* (den James Clerk Maxwell dann als protokybernetischen Protagonisten beschrieb); Überdruck wird durch eine entsprechende Ventilöffnung abgelassen, und damit negatives Feedback realisiert (die Homöostase des Systems). "Nach Abschluß seines Studiums setzte Maihak da an, wo Watt aufgehört hatte" = Monika Wersche, Ingenieur Hugo Maihak. Eine Geschichte, unter <http://www.funkstunde.com/de/technik/maihak>; Zugriff 5. März 2010 - eine medienzeitlogische, nicht historische Folge. Der Ingenieur Hugo Maihek entwickelt einen Druckdiagramm-Schreiber. Daraus resultiert am Ende auch das Firmenzeichen: zwei ineinander verschachtelte Diagramme, wie sie der Maihak-Indikator vom Druckverlauf im Zylinder aufzeichnet = Wersche ebd.; Markenzeichen der Firma Maikhak.

- Ursprung von Carl Ludwigs "Kymographen" aus der invasiven Blutdruckmessung (analog zu Dampfdruckmessung von Watts "Indicator")

- liefert Chronophotographie mit fester Platte für die Analyse des Vogelfluges "unmittelbar ein zuverlässiges Diagramm der zu untersuchenden Bewegung" = E. J. Marey, Die Chronophotographie, a. d. Frz. übers. (und kommentiert) v. A. von Heydebreck, Berlin (Mayer & Müller) 1893, 32; dissimuliert sich in diesem *Unmittelbaren* das technische Medium selbst

- Siegert 2003: 13 f., über "diagrammatische Schriften"
- James Watts "Indidactor" an Dampfmaschinen
- phonographische Aufzeichnung (Edison-Zylinder) im Prinzip das Diagramm eines akustischen Ereignisses; Kymograph und Phonograph diagrammgebende Apparate in der Tradition der *methode graphique* (Marey)
- entwickelt Marey mit seinem Assistenten Georges Demeny die abstraktere Form der Chronophotographie, indem schwarzgekleidete Körper abschnittsweise mit hellen geometrischen Linien versehen werden, die in der bildüberlagernden Aufnahmetechnik Mareys zur quasi-diagrammatischen Darstellung des Bewegungsablaufs gerinnen; Marey 1985: 11 f., mit Abb.
- "Erst die schriftbildliche Dimension der Film-Notation - jener offene Raum, in dem Kartografien ebenso denkbar sind wie Diagramme oder Tabellen, in dem Isomorphie neben Topografie, Harmonie neben Asymmetrie, Figuration neben Abstraktion und Sichtbarkeit neben Lesbarkeit ihren Platz haben, kurz: wo das Zeichen in seiner zweifachen Operativität, als Symbol *und* als Medium zur vollen Entfaltung kommt - präpariert den epistemischen Kern des Films heraus [...]" = Wurm 2010: 45

### **Materialisierte Diagramme: der Schaltplan**

- "In only a few seconds it is possible to set up a practical circuit box that would only be schematic symbols in a textbook" = Carlson 1967: 14; wird ein Diagramm aus Schaltzeichen operativ
- Karriere und Abstraktion einer Schaltung: das Trigger-Relay von 1919; fortschreitende Abstraktion der technischen Zeichnung zum Schaltplan
- Titelblatt des Buches von Meinel / Mundhenk, Mathematische Grundlagen der Informatik, Stuttgart / Leipzig (Teubner) xxx: In den Graphen eines Schaltkreises, dessen Elemente aus Begriffen wie "Graphen, Funktionen, Aussagenlogik, Kombinatorik" bestehen, als zentraler Knoten ein Mikrochip eingeblendet, Aufschrift "Mathe inside"

### **Operative Diagrammatik**

- "operativ-zeitliche Diagrammatik" eignet den technischen Medien

- Computerprogramme als operatives Diagramm; *live-Coding*: menschlicher "Operateur" (Begriff Roland Barthes für Mensch hinter Kamera) performativ. Im Unterschied zum Tanzschritt-Entwurf: Anweisung diagrammatisch, aber Ausführung durch Menschen *immer* fehlerhaft

- Sybille Krämer, Punkt, Strich, Fläche. Von der Schriftlichkeit zur Diagrammatik, in: dies. / Eva Cancik-Kirschbaum / Rainer Totzke (Hg.), Schriftbildlichkeit. Wahrnehmbarkeit, Materialität und Operativität von Notationen, München 2012, 79-100. Darin als Beispiel das Nomogramm der Multiplikationstabelle (89 f.) = Abb. in Depner 2016: 204

= "eine graphische Darstellung, die mit zwischen Skalen gezogenen Hilfslinien ermöglicht, Multiplikationen im Rahmen des Kleinen Einmaleins durchzuführen" <Depner 2016: 203>. Bedarf aber des Zusammenspiels von menschlichem Körper (Auge, Hand, Gehirn) und Papier als Speichermedium, "aus dem sich - als Ergebnis einer 'bewusstlos' ausgeführten, mechanischen Operation, die gleichwohl auf Interpretation angewiesen ist, 'Geist' entfaltet" <Depner 2016: 203, in Paraphrase von Krämer 2012: 90 ff.>. "Auch das Nomogramm ist also ein typisch hybrides Diagramm, das sich in der Praxis erfüllt" = Depner 2016: 203

- Nomogrammen als Analogrechner. Operativ wird ein solches Diagramm im Rechenschieber; *verschiebt* sich die diagrammatische "Vernunft"-Handlung in die Maschine selbst, i. U. zum Peirscschen *diagrammatik reasoning* im Interpretanten Mensch

- Begriff der "korporalisierenden Performativität" = Krämer, Performativität und Medialität, München 2004, 17. Depner 202: "scheint sich in der Operativität des Diagrammatischen einlösen zu können"

- "mechanische Prozedur" (Kurt Gödel); Begriff und Vollzug des RAM als operatives Gedächtnis-Diagramm

- Viktor Pekelis, Kleine Enzyklopädie von der großen Kybernetik, Berlin (Der Kinderbuchverlag) 1977, 217: Schema "Speicherarten einer Rechenmaschine"; zuoberst: "Operativer Speicher" (technisch: Ferritkernspeicher, ikonisch illustriert mit Bleistift und Papier und numerischer Addition), gefolgt von Langzeitspeicher (Magnettrommel / "Notizblock") und "Dauerspeicher" (Magnetbänder / "Telemerker" = Hefter mit Telefonnummern).

- [http://algo-visualizer.jasonpark.me/#path=graph\\_search/dijkstra/shortest\\_path](http://algo-visualizer.jasonpark.me/#path=graph_search/dijkstra/shortest_path): Software-Werkzeug zur Visualisierung von Algorithmen/Programmen in ihrem Ablauf, etwa 'Dijkstra-Algorithmus', der die kürzeste Verbindung zwischen zwei beliebigen Knoten in einem Graphen-Netz findet (etwa die

BVG, wenn man auf kürzestem Weg von Punkt A nach Punkt B in Berlin gelangen möchte): auf 'Run' klicken: wird der Algorithmus abgearbeitet, Fenster mit dem Graphenproblem; Eclipse-Debugger (Hinweis Stefan Höltgen)

- Hanno Depner, Zur Gestaltung von Philosophie. Eine diagrammatische Kritik, Bielefeld (transcript) 2016; trennt zwischen diskursiven (begriffsorientierten, sprachlichen) und nicht-diskursiven Vollzügen; das epistemische Potential von Diagrammen im Verhältnis zu Schrift und Bild; aber: Turingmaschine

- mit Hilfe eines 3D-Druckers mathematischen Funktionen und Modelle „materialisiert“: <http://www.shapeways.com/shops/henryseg>; gar McLuhans "Tetraden", um endlich Zeitdiagramme als alternative Medienzeit zu schreiben

*Messmedien, Quantenelektronik:*

MESSMEDIEN

## **Medien der Messung**

- bestimmt die vom Beobachter im Experiment verwendete technische Apparatur mit, was jeweils Erscheinungen zugänglich ist und was nicht. "Die Technik ist mitbestimmend im Erkennen. Dies kann sie nur sein, wenn ihr Eigenstes selbst etwas vom Erkenntnischarakter an sich hat" = Martin Heidegger, Überlieferte Sprache und technische Sprache [\*Vortrag 1962], St. Gallen (Erker) 1989, 16

- haben aufzeichnende Geräte "die Macht, vielwertige Möglichkeiten in einwertige Tatsachen zu verwandeln" = Nick Herbert, Nur Werner allein hat die nackte Realität gesehen. Vorschlag für eine wirkliche "Neue Physik", in: Gottfried Hattinger u. a. (Hg.), Ars Electronica 19xx, Virtuelle Welt/xxx, Linz 19xx, 39-50, durch Entscheidung als Festlesung / -legung erst Daten erzeugend; wo Akt der Beobachtung Daten erzeugt (aus dem Virtuellen ins Aktuelle), werden (Meß-)Medien genuin *theoretisch*

- vermag der "Taskmanager" als Werkzeug aus dem Software-Paket des Betriebssystems - im Sinne der Kybernetik zweiter Ordnung - zwar die aktuelle Auslastung der CPU (und des RAM), nicht aber sich selbst auch noch zu beobachten; ist im graphischen Fenster der gesampelten Auslastungsdynamik (die tatsächlich mit dem zeitdiskreten Wesen der von-Neumann-Architektur konvergiert) in der angegebenen Anzahl von "Prozessen" auch der Taskmanager-Prozess selbst eingeschlossen?

- auf quantenmechanischem Energieniveau anstelle der klassischen Störung im Übertragungskanal (*noise*), auf welche die Nachrichtentheorie konzeptuell mit Redundanz antwortet, Zerstörung durch den Meßakt

## Das Wissen der Messmedien

- vermögen nur Meßmedien medienarchäologische Askese durchzuhalten, nicht Menschen in ihrer kulturell-semantischen Verführbarkeit (Odysseus / Sirenen): "It is desirable [...] to eliminate the psychological factors involved and to establish a measure of information in terms of purely physical quantities", um das Wesen der Informationsübertragung zu verstehen. "To illustrate how this may be done consider a hand-operated submarine telegraph cable system in which an oscillographic recorder traces the received message on a photosensitive tape." = R. V. L. Heartley, "Transmission of Information", in: Bell System Technical Journal Bd. 7 (1928), 535-563 (536)

- unbeachtete, unter den Effekten der Massenmedien verschwindende Seite die weitgehend vergessene Tatsache, daß die meisten Massenmedien aus der Absicht von Meßmedien entstanden sind - von der Lichtmessung (Photographie) über die Sprachanalyse (Scotts Phonautograph) bis hin zum Fernsehen (Ferdinand Brauns Kathodenstrahlröhre)

- Vokalalphabet als Ursprung des "typographic man" sucht die Musikalität der gesprochenen oder gesungenen Sprache in die Schrift selbst zu übertragen; erst die technische Aufzeichnung aber ermöglicht, sprachliche und musikalische Artikulation als klangliche Frequenz zu begreifen, deren Berechenbarkeit alle diskreten Symbole unterläuft und das akustische System zeitkritisch werden läßt

- sieht McLuhan das epistemologische Potential, also das Erkenntnispotential der elektronischen Medien(kultur): "Today, with the oscillograph, tape recorder, and various electronic devices, speech is being felt in depth and discovered in its structural multi-facetness for the first time in human history" = McLuhan / Fiore 1967a, 282; kommen zeitkritische Meßmedien ins Spiel, denn "damit [...] verstrickt sich [...] die Frage der Erkenntnis *von* Medien unauflösbar mit der Frage der Erkenntnis *durch* Medien" = Oliver Lerone Schultz, Marshall McLuhan - Medien als Infrastrukturen und Archetypen, in: Alice Lagaay / David Lauer (Hg.), Medientheorien. Eine philosophische Einführung, Frankfurt / M. u. New York (Campus) 2004, 31- (61)

- gilt für Neurowissenschaft insbesondere. Die verschiedenen Erkundungsmedien zeitigen hier verschiedene Evidenzebenen. Die Elektroenzephalographie (EEG) vernetzt den Kopf mit Elektroden und vermag damit in erster Linie die Gehirnaktivität der Großhirnrinde zu

vermessen; vgl. Logik-Analysator für den Computer; Elektrophysiologie: Douglas Adrian, *The Mechanism of Nervous Action: Electrical Studies of the Neurone*, London (Milford) 1932; Magnetenzephalograph (MEG), der diese Gehirnaktivität magnetisch registriert

## QUANTENTHEORIE

### **Kritik der quantenmechanische "Verschränkung"**

- radikale medienarchäologische "Erdung" der im geisteswissenschaftlichen Diskurs inflationär gewordene Episteme der Verschränkung von Quantenzuständen: Erinnerung daran, dass solcherart Einsicht allein aus "Beobachtung" von Seiten der Messmedien resultiert (*techné*), respektive der mathematischen Modellierung (*lógos*); menschlichen Sinnen ganz und gar entfremdet (setzt bereits mit Galileis Teleskop ein)
- Aufhebung von Subjekt und Objekt ein Topos im aktuellen "spekulativen Realismus"; Quantenphysikerin Karen Barad als Impulsgeberin, hinsichtlich der Aufhebung des starken Subjekts, zugunsten einer Verschränkung respektive Unschärferelation; sucht Medienarchäologie diese Relation buchstäblich "ding"fest zu machen: Was ereignet sich konkret zwischen der Meßspitze des Elektronenrastermikroskops, und den "beobachteten" Elektronen?

### **Instantane Teleportation / Quantenkryptographie**

- "Quantenkanal" koexistent zu klassischem Kanal; eher "Tunnel"; meldet Alice Ergebnis ihrer Beobachtung über klassischen Kanal an Bob "zurück" (Lichtgeschwindigkeit als Beschränkung); Quantenkanal verschickt einzelne Photonen in instantaner Teleportation: nicht entscheidbar, welche der vier Zustände gebeamt; solange noch keine "Information" (etwa über Telefonleitung) kommuniziert
- Messungen für Basiszustände deterministisch im *aktiven* Sinn; entscheiden den jeweiligen *bit*-Zustand der potentiellen, insofern unbekannt (überlagerten) Polarisierung; durch Messung das Photon entweder horizontal oder vertikal polarisiert; *no-cloning*-Theorem: klassische Verstärkung nicht mgl. wie Relais in den frühen Kabeln der Telegraphie)
- zufälliger Schlüssel nur 1xbrauchbar; Quantenkryptographie, die mit Licht operiert; entscheidend nicht die eigentliche Verschlüsselung der Nachricht auf klassische Weise, etwa mit *one-time-pad*; vielmehr die heimliche Übermittlung des Codes, die der Verschlüsselung vorangeht; ob Code wirklich ungelesen beim Empfänger angekommen; kann

Quantencode bei der Übermittlung grundsätzlich nicht gelesen werden, ohne ihn dabei zu verändern; in Quantenkryptographie nicht möglich, das Signal streckenweise zu verstärken; greift ein Verstärker genauso in die Übertragung ein; Joachim Laukenmann, Versteckt im Licht, in: Die Zeit v. 2. Juni 1999

- Quantenkryptographie sicher, wenn einzelne Photonen als Informationsträger (Polarisationen der Zustände 0 / 1) eingesetzt. "Ein Lauschangriff würde die quantenmechanischen Photonenzustände zerstören, im Akt der Messung. Selbst wenn für jedes abgefangene Photon ein Ersatzphoton geschickt würde, läßt sich dieses aufgrund des quantenmechanischen Unbestimmtheitsprinzips nicht in denselben Zustand bringen wie das ursprüngliche Lichtteilchen - was eine statistische Analyse der Meßdaten offenlegt" = Max Rauner, Quantenkryptographie, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 169 v. 24. Juli 2002, N 1 f.; Nachricht über klassische Leitungen übermittelt; Verschlüsselung durch jedesmal neu kodierte Zufallsfolgen von Zahlen, etwa per Lichtsignal (Photonensender) übermittelt; reicht es, wenn Empfänger und Sender einen Teil der Verschlüsselung miteinander abgleichen

### **Maxwellscher Dämon und subkritische Energie- und Informationsschwellen**

- Verhältnis von Energie und Information; steht in digitalen Systemen das aufgebrachte Energieaufwand (und Erwärmung des Rechners) in keinem entscheidenden, also subkritischen Verhältnis zum Ablauf der binären Informationsverarbeitung; Wiensche Differenz zwischen Materie/Energie einerseits, Information andererseits

- negentropische Intelligenz: "Wenn wir uns ein Wesen vorstellen, dessen Sinne so geschärft sind, daß es jedem Molekül auf seiner Bahn folgen kann, dann wäre solch ein Wesen - dessen Fähigkeiten dennoch genau so beschränkt wie die unsrigen sind - imstande, zu tun was uns gegenwärtig verwehrt ist. [...] Nehmen wir nun an, eine Trennwand teile das Volumen in zwei Teile A und B; in dieser Trennwand sei ein kleines Loch, und ein Wesen, das die einzelnen Moleküle sehen kann, öffne und schließe dieses Loch so, daß nur die schnelleren Moleküle von A nach B gelangen und nur die langsameren von B nach A. Damit erhöht das Wesen die Temperatur von B und senkt die Temperatur von A, ohne Arbeit zu verrichten - im Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Wärmelehre" = James Clerk Maxwell, Theory of Heat (1876); kybernetischer Begriff von digitaler Schaltung

### **Kein Kanal?**

- Information is information, not matter or energy. No materialism which does not admit this can survive at the present day" = Norbert Wiener, in: Computing Machines and the Nervous System, in: ders., Cybernetics or control and communication in the animal and the machine, Cambridge, Mass. (M. I. T. Press), 2. Aufl. 1962 [\*M. I. T. 1948], 116-132 (132)

- abhörsichere Quanteninformation; "verschwinden am Ort des Senders und tauchen erst am Ort des Empfängers wieder auf. Zwischendurch existieren sie nicht" = <mli>, Der Spuk, den Einstein beschwor, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 60 v. 12. März 2003, N1 - es sei denn im Moment des Ablauschens; Provokation des Kanal-Begriffs, insofern "Medium" ein materielles Dazwischen meint. "Das besondere Kennzeichen aller Kanäle ist, daß sie durchwegs in das Gebiet der Physik fallen" = Hans Titze, Ist Information ein Prinzip?, Meisenheim/Glan (Hain) 1971, 104; alle Information damit den Materialitäten verschrieben, in denen Codes übermittelt (oder verrauscht) werden; fällt nicht nur der räumliche, auch der zeitliche Kanal fort, wenn es in der Quantenphysik beim Meßakt keine Ausbreitungsgeschwindigkeit mehr gibt; "der quantenmechanische Zustand des zweiten Teilchens ändert sich sofort, wenn das erste gemessen wird" = Zeilinger 2003: 88

- "Im digitalen Zustand ist Information empfindlicher und flüchtiger als in allen anderen. [...] Da sie sozusagen körperlos ist, ist sie eigentlich so unvergänglich wie die Seele - über alle Zeiten hin ließe sie sich verlustfrei von einem Träger auf den anderen übertragen. Aber wie die Seele ist sie nichts ohne einen Körper, in dem sie sich materialisiert, und teilt genau dessen Lebensdauer [...] - es sei denn, ihr wurde rechtzeitig zur Seelenwanderung in einen neuen, jungen Körper verholfen" = Dieter E. Zimmer, Das große Datensterben, in: Die Zeit v. 18. November 1999, 45., über "Migration"

- "Definiert man als Medium etwas, das zwischen einem Sender und Empfänger steht, also ein Übertragungskanal oder Speicher, so sind Computer nicht nur Medien, sondern auch Sender und Empfänger, die Nachrichten selbst innerhalb der Grenzen ihrer eigenschriebenen formalen Regelwerke selbst schreiben und lesen, generieren, filtern und interpretieren können" = Florian Cramer, Executable statements: Das Drängen des Codes an die Nutzeroberflächen, in: Stocker / Schöpf (Hg.) 2003: 104-109 (109)

- nicht Materie, sondern Information über sie wird übertragen, verlustfrei; Wieners Fiktion einer Übertragung des Menschen als Information über Telegraphie

- diesseits von Shannons *noise*; beschreibt Begriff Signal "nur noch die Übertragung einer Information und nicht mehr alle möglichen physikalischen Einflüsse" - Bernard d'Espagnat, Quantentheorie und Realität, in: Spektrum der Wissenschaft 1980, Heft 1, 79-81 (80)

## **Interferenzen / Holographie**

- Buchstabenlese als Anatomie des Lichts; dokumentiert Anatom Johann Heinrich Schulze (1687-1744) die Lichtempfindlichkeit des Silberkarbonats, indem er Buchstaben-Schablonen an einer mit ihm gefüllten Flasche befestigt und feststellt, daß die von Licht abgeschirmten Stellen weiß bleiben. Fortan sind Buchstaben nicht mehr nur typographischer Eindruck, sondern auch Lichteffekte in der binären Option von positiv/negativ, und damit als Signal übertragbar

- speichert Hologramm die optische Information in Form des Frequenzspektrums (Fourier-Hologramm); an ein und demselben Ort mehrere Bilder übereinander ablegen und unabhängig voneinander abrufen; nicht allein - wie in herkömmlichen Speichermedien bis an die physikalischen Grenzen der Atome - die Oberfläche beschreibbar, alle Raumrichtungen zur Verfügung

- buchstäblich blitzschneller photonischer, also optischer Datentransfer, welcher in Form von Glasfaserkabeln die Epoche der Elektrizität ablöst; läßt sich Licht im Lauf seiner Übertragung kaum für einen Moment verzögern oder aufhalten, geschweige denn speichern (bestenfalls einzelne Photonen)

## **Quantenphysik - eine Wissenschaft der Information**

- "owing to unavoidable decoherence in the quantum communication channel, the quality of entangled states generally decreases exponentially with the channel length" = Jian-Wei Pan et al., Experimental entanglement purification of arbitrary unknown states, in: Nature 423 (2003), 417-422 (417); C. H. Bennett et al., Purification of noisy entanglement, and faithful teleportation via noisy channels, in: Phys. Rev. Lett. 76 (1996), 722-725

- "Information ist physikalisch" = Rolf Landauer, zitiert nach: Zeilinger 2003: 128

- Licht, das von Flugzeug nach vorne abgestrahlt wird, so schnell wie Licht, das nach hinten abgestrahlt wird; Vorhersage der Speziellen Relativitätstheorie, daß bewegte Uhren langsamer gehen als Uhren in Ruhe; gelten Naturgesetze in allen nicht beschleunigten Systemen, den sogenannten Inertialsystemen; mittlerweile mit hochpräzisen Atomuhren experimentell bewiesen; Anton Zeilinger, Einsteins Schleier. Die neue Welt der Quantenphysik, München (Beck) 2003, 207 - 218

- GPS-System; senden Satelliten ständig hochpräzise Signale aus, mit einer Zeitinformation kodiert; aus dieser Information mit einem Empfänger auf der Erde trigonometrisch eine genaue Position errechnen

- "kann die Physik [...] auf eines niemals verzichten: daß sich die Natur in irgendeiner rechnerisch feststellbaren Weise meldet und als ein System von Informationen bestellbar bleibt" = Martin Heidegger, Die Frage nach der Technik, in: ders., Reden und Aufsätze, 2. Aufl. Pfullingen (Neske) 1959, 13-44 (30), unter Bezug auf: Werner Heisenberg, Das Naturbild in der heutigen Physik, in: Die Künste im technischen Zeitalter, München 1954, 43 ff.

## **Rechnet das Universum? Quanteninformatik**

- phonographisches Naturgedächtnis: "No motion impressed by natural causes, or by human agency, is ever obliterated. [...] The momentary waves raised by the passing breeze, apparently born but to die on the spot which saw their birth, leave behind them an endless progeny, which, reviving with diminished energy in other seas, visiting a thousand shores, reflected from each and perhaps again partially concentrated, will pursue their ceaseless course till ocean be itself annihilated. The track of every canoe, of every vessel which has yet disturbed the surface of the ocean, whether impelled by manual force or elemental power, remains for ever registered in the future movement of all succeeding particles which may occupy its place. [...] and these again once moved, communicate motion to others in endless succession." = The Works of Charles Babbage, hg. v. Martin Campbell-Kelly, Bd. 9: The Ninth Bridgewater Treatise. A Fragment, 2. Aufl. 1838, London (Pickering) 1989, Kapitel IX, 37

- argumentiert Babbage, daß das Universum in diesem Sinne (s)eine Analytical Engine sei. *Computability in finite time* der springende Punkt; "some reals are not computable in finite time"; diese Einschränkung, dieses In-der-Zeit-Sein von tatsächlichen Rechnungen, positiv: "Every finitely realizable physical system can be perfectly simulated by a universal model computing machine operating by finite means" = David Deutsch. Quantum theory, the Church-Turing principle and the universal quantum computer. Proceedings of the Royal Society of London Ser. A, A400:97-117, 1985

- EDVAC Computer mit Programmspeicher ausgestattet, „*one thing at a time down to the last bit*“; Verschwinden der diskreten Zeit (die "incidental times" der Physik) in der quantenmechanischen Unschärferelation; verschwinden Partikel, verschwindet auch der Zeitpunkt, mithin der punktförmige Ereignisbegriff; kommt Medientechnik ins Spiel, die nicht allein mit der mathematischen Frage befaßt ist, sondern ebenso mit der tatsächlichen Implementierung von Mathematik in Physik: "Computation actually needs to be executed on some

substrate" = Oswald Berthold, *Computational Universe*, Typoskript im Anschluß an seinen Vortrag im Seminar von Horst Zuse an der TU ("Geschichte der Computerentwicklung", SS 2009), Berlin, 10. Oktober 2009, 19, URL xxx; liegt quantenmechanisches Meßproblem darin, daß die Messung das gemessene Objekt zerstört - irreversibel und damit entropieanfällig; braucht es reversible Prozesse, ein entropiefreies Meßsystem

### **Mit Licht rechnen (Photonik)**

- Geschwindigkeit von Datenübertragung in Glasfasern ausgebremst durch Verwandlung photonischer in elektronische Signale; zeitkritischer Flaschenhals, "wo Lichtimpulse nach ihrer Reise durch Glasfaserbündel in prozessierbare elektrische Signale umgewandelt werden. Also dort, wo die zwei Mediensysteme Elektronik und Optik unmittelbar zusammentreffen." Entwicklungen von Halbleitern, die optische Datenströme umlenken (photonische Kristalle): "Ein zeitverzögernder Medienwechsel von Licht auf Strom entfällt" = Ana Ofak, Rechnen mit Licht, in: Axel Volmar (Hg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, 331-344 (333)

- buchstäblicher Schau-Platz, wo diese Wandlung (der photonische Effekt) ständig stattfindet, bereits der Bildschirm des Fernsehers, wo aufprallende Elektronen in Licht verwandelt; in Form der Williams-Tube dieser Effekt als zeitkritisches Speicherlement für digitale Daten genutzt

### **Quanteninformatik versus Medientheorie?**

- euklidischer Raum der klassischen Physik und das kartesische analytische Geometrie laut McLuhan eine direkte Funktion des phonetischen Alphabets = McLuhan 1992/1995: 7; an die Stelle dieses Weltbilds fester Raum- und Zeitrahmen tritt in der Epoche elektromagnetischer Induktion eine Ästhetik dynamischer Prozesse; unter Berufung auf Louis de Broglie, *La physique nouvelle et les quanta*: "Die von de Broglie beschriebene Revolution ist aber nicht eine Folge des Alphabets, sondern des Telegraphen und des Radios = McLuhan ebd.; McLuhan zitiert de Broglie weiter, zu genuiner Medienkenntnis als Funktion von Meßtechniken: "Man entdeckte, daß es nicht mehr möglich war, das alte Modell zu gebrauchen, welches annimmt, daß die / Meßtätigkeit darin besteht, ein 'Materie' genanntes Etwas in eine Reihe von Stücklein aufzuteilen, jedes mit bestimmten Eigenschaften: Größe, Gewicht oder Lage. [...] Das Wort Atom oder Elektron wird nicht als eine Bezeichnung für ein Teilstück verwendet. Es wird gebraucht als Teil einer Beschreibung der von den Physikern gemachten Beobachtungen. Es hat nur dann einen Sinn, wenn es von Leuten verwendet wird, die die

Experimente kennen, durch die es in Erscheinung tritt" = de Broglie, zitiert von McLuhan 1992/1995: 7 f.

- keine Ausbreitungsgeschwindigkeit, sondern quantenmechanischer Zustand des zweiten Teilchens ändert sich unverzüglich, wenn das erste gemessen = Anton Zeilinger, Einsteins Schleier. Die neue Welt der Quantenphysik, München (Beck) 2003, 88 f.

- im *beamten* nicht Materie, sondern die Information über sie übertragen; Norbert Wiener: "Information is information, not matter nor energy"

- nicht mehr Shannons Sender / Empfänger-Modell; unvordenkliche Verschränkung von Informationsübertragung. Was fortfällt, ist hier der Kanal. Übertragung von Informationen von Lichtteilchen über deren Quantenzustand auf andere solche Teilchen; deren Verschränktheit. Mißt man den Quantenzustand des einen Teilchens, legt man damit den Zustand des anderen fest, unabhängig von dessen Entfernung - die von Albert Einstein benannte "spukhafte Fernwirkung"; läßt sich so Information teleportieren; nicht mehr um Übertragung im Sinne des Transportwesens, sondern der Quanteninformatik, wo Quanten zu Bits werden

- daß nicht mehr auf Chips prozessiert wird, deren Speicherkapazitätsgrenze die atomare Packungsdichte des Chip selbst ist. Genau hier setzt der Quantencomputer an, der aufgrund der Teilchenverschränkung Atome zu binären Paaren gleichschalten kann, sofern es gelingt, diese Zustände über einen Zeitraum hinweg stabil zu halten (FlipFlop); Zustandsbegriff von Turing erhält quantenmechanisch einen neuen Akzent. - wird nicht mehr durch logische Operationen und elektromagnetische Speicher auf der Grundlage einer Computer-Hardware kalkuliert, sondern buchstäblich mit dieser Hardware selbst, die elementar wird - der transitive Computer; wird der Begriff Hardware dann obsolet

- Darstellung bei der Beschreibung der Meßergebnisse im Experiment in klassischen Begriffen = Niels Bohr, Diskussion mit Einstein über erkenntnistheoretische Probleme in der Atomphysik, in: P. A. Schilpp (Hg.), Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher. Eine Auswahl, Braunschweig (Vieweg) 1983, 38; Meßvorgang, und damit die Meßinstrumente als klassische technische Medien, erdet die Quantenphysik nach wie vor in den Medien = Lyre 1998: 41

- bedarf Quantenkryptographie noch eines parallelen klassischen Nachrichtenkanals, etwa einer Telephonleitung zur Verifizierung der Übertragung von Seiten des Empfängers an den Absender. Bennett und andere haben 1993 nachgewiesen, "daß Teleportation sehr wohl quantentheoretisch erlaubt ist, wenn man den Übertragungskanal aufspaltet in einen `klassischen´ und einen `EPR-Kanal´"; so ist es

möglich, die quantentheoretische Zustandsfunktion  $\psi$  eines Objekts zu übertragen, ohne ihn durch Beobachtung, d. h. Messung zu zerstören = C. H. Bennet u. a., Teleporting an Unknown Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels, in: Physical Review Letters, 70 (13) 1999, 1895-1899; Norbert Wiener: Mensch läßt sich nicht als Masse, aber *als Information* durch Telephonleitung übertragen

## **Die Unschärferelation: Messung und Experiment**

- Funktion von Meßmedien; Etymologie "messen"; Differenz von Wahrnehmen und Beobachten; Formalisierung durch mathematische Größe; Zuordnung von Entitäten der Realität zur Wahrnehmung; Detektion eines Photons zerstört die Wellenwahrscheinlichkeit; nicht-lokales Phänomen der Verschränkung entlegener Teilchen

- bringt reale Implementierung wieder Kanal ins Spiel; Blackbox-Modell; interessiert Medienwissenschaft die operative Ebene, wo zeitkritische u. a. Elemente ins Spiel kommen, Kanäle, Rauschen etc.

- Beamen als Informationsübertragung; mathematische Weltbeschreibung; Raumzeitkontinuum; Ununterscheidbarkeit Information / Wirklichkeit = Zeilinger 2003

- Quantenmechanik "erste Theorie der Physik, deren Grundbegriffe überhaupt keine Deutung haben, die nicht explizit auf die *Möglichkeit von Messungen* bezogen wäre" = Weizsäcker 1974: 154

- Quantenmechanik "beobachtet die Natur, indem sie die Gegenwart ihrer Messgeräte beobachtet. Diese aber sind raumzeitlich nicht auflösbar, sondern nur - statistisch" = Wolfgang Hagen, Gegenwartsvergessenheit: Lazarsfeld, Adorno, Innis, Luhmann, Berlin (Merve) 2003, 17. Damit bricht "die phänomenologische Brücke, die der Monismus Bergsons zwischen Wahrnehmung und Materie baut, definitiv zusammen" = ebd.

- Rolle der Meßmedien: "Physik beschreibt die Natur, wie sie sich zeigt, wenn sie mit realen Maßstäben und Uhren untersucht wird" = Peter Mittelstaedt, Die Sprache der Physik, Mannheim 1972, 16; jenseits der Kappschen Organprojektion. Anti-medienwissenschaftlich sieht Heidegger kein Apriori der Apparate; wurde der Feldbegriff gerade an der Beobachtung magnetischer Ablenkung entwickelt (Oerstedt, Faraday): "Ihre <sc. neuzeitliche exakte Naturwissenschaften) Art des Vorstellens stellt der Natur als einem berechenbaren Kräftezusammenhang nach. Die neuzeitliche Physik ist nicht deshalb Exoperimentalphysik, weil sie Apparaturen zur Befragung der Natur ansetzt, sondern umgekehrt: weil die Physik und zwar schon als reine Theorie die Natur daraufhin stellt, sich als einen vorausberechenbaren Zusammenhang von Kräften

darzustellen, deshalb wird das Experiment bestellt, nämlich zur Befragung, sich die so gestellte Natur wie sie sich meldet" = Martin Heidegger, Die Frage nach der Technik, in: ders., Reden und Aufsätze, 2. Aufl. Pfullingen (Neske) 1959, 13-44 (29) - Meldung, Nachrichten, Daten

- Quantenphysik an der Grenze zu technischen Medien: Beschreibung der photographischen Belichtung (Kristalle), sowie photonischer Effekt am Kathodenstrahlbildschirm; Verschränkung von technischen Medien und Quantenphysik im Akt des experimentellen Mikromessens

- massiv parallel operierende Daten"verarbeitung" des Quantencomputers; Begriff des *processing* kaum noch plausibel; Alternative zur strikt sequentiellen von-Neumann-Architektur des Computers; *computing* direkt aus der physikalischen "Hardware" von Quantensystemen entwickeln; epistemologische Reformulierung des nachrichtentechnischen Kanalbegriffs; existiert für Shannons Informationstheorie das Nachrichtensystem vorgängig zur Beobachtung; "when we read out a bit value encoded as a pit on a compact disk, we reveal a property of the disk existing before the reading process"; in der Quantenphysik Information durch Sequenzen von qbits repräsentiert; "value obtained by the measurement has an element of irreducible randomness" = Caslav Brukner / Anton Zeilinger, Conceptual inadequacy of the Shannon information in quantum measurements, in: Physical Review A, Bd. 63, Heft 2 (2001), 022113-1 bis 022113-10 (1)

- erkenntnistheoretisch gleich Stochastik / statistische Mechanik / Thermodynamik 19. Jh.; liefert Quantenmechanik *Wahrscheinlichkeitsaussagen* über das Auftreten bestimmter Meßwerte; mdienwissenschaftlicher Aspekt, daß "die vom Beobachter im Experiment verwendete technische Apparatur mitbestimmt, was jeweils am Atom, d. h. an seinen Erscheinungen zugänglich ist und was nicht. [...] Die Technik ist mitbestimmend im Erkennen. Dies kann sie nur sein, wenn ihr Eigenstes selbst etwas vom Erkenntnischarakter an sich hat" = Martin Heidegger, Überlieferte Sprache und technische Sprache [\*Vortrag 1962], St. Gallen (Erker) 1989, 16

- "The wave only collapses into a single electron when it is being measured. If it's measured with a wave detector, waves are detected; it with a particle detector, particles are detected" = Laura U. Marks, touch. Sensuous Theory and Multisensory Media, Minneapolis / London (University of Minnesota Press) 2002, Kapitel "How Electrons Remember", 161-177 (166)

- "Durch den in der theoretischen Physik sich vollziehenden mathematischen Entwurf der Natur und durch das in diesem Entwurf gemäßige experimentelle Befragen der Natur wird diese nach bestimmten Hinsichten zu Antworten herausgefordert [...]. Die Natur wird daraufhin gestellt, sich in einer berechenbaren Gegenständlichkeit zu zeigen

(Kant)" = Heidegger, Überlieferte Sprache und technische Sprache [Vortrag 1962], St. Gallen (Erker) 1989: 17; vermessen(d)e Rechnung; archäographische Ekphrasis das epistemologische Element darin

- muß Nachweis einer erfolgreichen Teleportation einen Meßakt vornehmen und damit die verschränkten Quantenzustände schon wieder dekorrelieren; frühe elektrische Speicher in Computern: Datenauslese aus dem Speicher bedeutet Löschung der Ladung, insofern nicht wiederbeschrieben. Zeilinger entwickelt Verfahren, das ohne Nachweisgerät auskommt; *Nature* Bd. 421, 721

- "Keine Aufzeichnung, keine Messung. Nur jene Interaktionen in der Natur, die permanente Spuren (Aufzeichnungen) hinterlassen, zählen als Messungen. [...] Nur aufzeichnende Geräte haben die Macht, vielwertige Möglichkeiten in einwertige Tatsachen zu verwandeln" = Nick Herbert, Nur Werner allein hat die nackte Realität gesehen. Vorschlag für eine wirkliche "Neue Physik", in: Gottfried Hattinger u. a. (Hg.), *Ars Electronica* 19xx, *Virtuelle Welt/xxx*, Linz 19xx, 39-50 insofern Medien welterzeugend, weil datengebend; durch Entscheidung Festlegung

- hat nach den Regeln der klassischen Physik ein Elektron in einem Magnetfeld zwei Drehzustände, links- / rechtsherum; nach den Gesetzen der Quantenmechanik Mischzustand, läßt sich nicht beobachten; Messung zwingt Elektron, einen der beiden klassisch meßbaren Zustände anzunehmen, zerstört also den Mischzustand = Rainer Kayer, Fertig zum Beamen, in: *Die Zeit* v. 22. April 1999, 44

- verwandeln aufzeichnende Geräte vielwertige Möglichkeiten in einwertige Tatsachen = Nick Herbert, Nur Werner allein hat die nackte Realität gesehen: Vorschlag für eine wirklich „Neue Physik“, in: Hattinger / Russel / Schöpf / Weibel (Hg.), *Ars Electronica* 1990, Band II „Virtuelle Welten“, Linz 1990, 39-49 (42); im Meßakt "wird eine der vibrierenden Möglichkeiten des Objekts zum Zustand voller Aktualität erhoben, und alle anderen Möglichkeiten verschwinden spurlos" = Herbert 1990: 41 u. 43 u. 47

- hat das Elementarteilchen der Elektronik, das Elektron, als Bestandteil eines Atoms (im einfachsten Fall: Wasserstoffatom mit einem Elektron) "zu keinem Zeitpunkt einen irgendwie angebbaren Wert [...]. Statt dessen wird der Ort durch eine breite Wahrscheinlichkeitsverteilung dargestellt" = W. Heitler, Reversible Vorgänge, in: R. W. Meyer (Hg.), *Das Zeitproblem im 20. Jahrhundert*, Bern / München (Francke) 1964, 205. Im Moment der Messung durch ein makrophysikalisches Meßinstrument wird eine Ortskoordinate festgelegt, aber damit auch der Zustand des Elektrons radikal verändert; diese Veränderung des Zustands durch die Messung "irreversibel" = 206

- bringt jeder Meßakt den Apparat mit dem Objekte (etwa dem Elektron) "für einige Zeit in Verbindung" = Heitler 1964: 206; kommt ein Delta- $t$  ins Spiel. "Denken wir uns den Meßapparat für die zur Messung notwendigen Zeit eingeschaltet. Wir wollen aber das Resultat noch nicht ablesen, wir legen etwa die photographische Platte, die das Resultat enthält, unentwickelt in die Schublade. Man kann leicht sehen, daß die Messung dann noch nicht völlig vollzogen ist. [...] Zu einer völlig vollzogenen Messung gehört also auch die bewußte Kenntnisaufnahme des Resultats durch den Beobachter" = Heitler 1964: 206

## Mit Messung rechnen: Quantencomputer

- wird in Quantencomputer die Physik auf buchstäblich elementarer Ebene selbst zum Rechnen gebracht; wenn lithographische Dichte der Chips atomare Grenze erreichen (etwa 1 Transistor = 3 Atome), Quanteneffekte

- Mosfet Feldtransistoren; wenn zu dicht gepackt (in integrierten Schaltungen), empfindlich bei Stromfluß, Trennschärfe der Signale 0/1 geht verloren, Strom dicht an Materie, transitiv zur Hardware, nicht mehr intransitiv wie vormals die Logik gegenüber der Materie in Rechnern

- besteht Quantencomputer zu 90 % aus Fehlerkorrekturen; kann *gleichzeitig* (weil Überlagerungszustände) 2, 4, 8 ... Rechnungen vollziehen; nicht mehr Input / Output-Prozesse, sondern Rechnung durch Messung. "Beobachtung" legt dann einen Zustand fest; neuer Begriff von *computation*, Wiedereintritt Analogrechner

- alle möglichen Buchstabenkombinationen (Bibliothek von Babel) in Latenz halten (Leibniz, Jorge Louis Borges); Suche nach der zu einem bekannten Namen unbekanntem Telefonnummer aus Telefonbuch. Wahrscheinlichkeit klassischer Suche:  $N/2$  (durch halbes Buch durchblättern), Quantencomputer:  $\sqrt{2}$

- Quantencomputer, um Quantensysteme selbst zu simulieren; *ist* der Quantencomputer dann selbst ein Quantensystem

- heißt In-der-Welt-Sein in-der-Zeit-Sein; zelluläre Automaten nicht nur im Raum, sondern auch in der Zeit. "Um ein Bit umzuschalten, ist ein Minimum an Zeit nötig. Der genaue Betrag [...] ist verwandt mit der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation, die der gleichzeitigen Messung von Ort und Impuls oder von Zeit und Energie prinzipielle quantenmechanische Grenzen setzt. Dem Margolus-Levitin-Theorem zufolge ist die zum Umschalten eines Bits erforderliche Zeit  $t$  umgekehrt proportional zur dafür aufgewandten Energie  $E$ . Je mehr Energie man anwendet, desto schneller springt das Bit um"; Formel dafür  $t \geq [\text{größer gleich}] h/4E$ , wobei  $h$  das Planck'sche Wirkungsquantum bezeichnet

(Kontakte der Quantentheorie") = Seth Lloyd / Y. Jack Ng, Ist das Universum ein Computer?, in: Spektrum der Wissenschaft (Januar 2005), 32-41 (34)