

## ["ÜBER (ELEKTRO-)AKUSTISCHE MEDIEN"]

### SCHWINGUNGEN (nicht-klanglich)

Definitionen der "Schwingung"

Technische Schwingungen: die Saite als Meßmedium

Die gestrichene Saite: Modellfall "Historische Aufführungspraxis" in der Musik

Der sonische Effekt (mit Hanslick)

Zeitlosigkeit der musikalischen Notation *versus* Flüchtigkeit des Tons?

Gezeiten rechnen, Pulsare sonifizieren

Die Sensibilisierung für zeitkritische Schwingungen (Barkhausen)

"Im Uhrwerk erklingt die Zeit: Bulova *Akkutron*

Dynamische Erkenntnis: Oszillationen

Schwingung und Störung (Transienten)

Die Stimmgabel

Keine Frequenz bei den Griechen?

*Petits perceptions*: Im Rauschen der Wellen die Welt sich rechnen hören

*Mathesis* und Mathematik der Schwingung

Aristoteles und/oder Heider

Spezialfall: Zungenfrequenzmesser, resonnierende Saiten

Musik des Telegraphenkabels (Schwingung und Telephonie)

Interferenzen (Ästhetik der Schwebung)

Parameter Frequenz

Grund- und Obertöne von Wissensgeschichte

Schwingungen, neurologisch

Diesseits der Elemente: Schwingungen?

Mathematisierung mit Euler und Fourier

Die Alternative zum Monochord: Der Schwing(ungs)kreis

Welle oder Teilchen?

Wie Wellen und Sand am Meer: Willkürliche Funktionen

Sichtbare Schwingungen

Steuerung der Wellen: Modulation

Schwingung mit Hegel?

Schwingungen, (elektro-)mechanisch

Schwingungen, elektromagnetisch

Saiten und Strings, quantenphysikalisch

Die kybernetisierte Schwingung

### FOURIER-ANALYSE (Material)

Medienepistemologische Konsequenzen der Fourier-Analyse

Kritik der Analyse

Gesumme

Fourier-Analyse

Granularsynthese, alternativ zu Fourier-Analyse

Definition Frequenz

Die Fourier-Transformation

Diskrete Fourier-Transformation

Digitale Signalprozessierung

Seismik, Sonik: Wavelets

### ELEKTROAKUSTISCHE UND ELEKTRONISCHE SCHWINGUNGEN

Technomathematische Oszillatoren

Der Schwingkreis

Der Schwingkreis als Computer: das *Parametron*  
Zeit, Zahl und Frequenz

#### SCHWINGUNGEN

Die Schwingung und ihr zeitkritisches *momentum*  
Kairotische Akustik mit Mersenne  
Verzeitlichung der Stimme: ihre Frequenzen  
Praxis und Epistemologie der "schwingenden Saite"  
Orgelklang  
Die kosmische Stringtheorie

#### MAGNETTOMBAND

Tonbandaufnahmen und -maschinen  
Magnet-Tonband (Magnetophon)  
EMK / Induktion  
Magnetband Video  
Magnetbandspeicher Computer  
"Losing track of time" (Jan Hein Hoogstad)  
Magnetophon / NS  
Restaurierung Magnetband  
HF-Vormagnetisierung  
*Krapp's Last Tape* (Beckett)  
Bandecho  
Das Magnettonband quer zu den Mediengattungen  
Magnetbänder als Agenten und als Gedächtnis der Darmstädter *Ferienkurse*  
"Das Radio als Welterzähler. Ein Nachruf auf die Magnetbandzeit"  
Medienarchäologie konkret: Die Materialität des Tonbands (Restmagnetismus)  
Tonband-Thesen

#### MAGNETTONDRAHT

Medienarchäologische Urszene des Magnettondrahts: die elektromagnetisierte  
Spule  
Der Barkhausen-Effekt  
Die originäre Alternative zum Phonographen (Oberlin Smith)  
Poulsens Telegraphon  
Schrift *versus* Feld (Schallplatte / Tonband)  
Webster Wire Recorder  
Drahttongeräte (z. B. für MEMEX)  
Bild von Draht  
Tondraht / Drahttongeräte (allgemein)

#### MUSIK & MATHEMATIK

Das Monochord: Mathematik erklingen hören  
Musik und Mathematik  
Differentialmusik  
Wagner zeitkritisch  
Flusser und die Musik

#### MUSIK: BEGRIFF, ARCHÄOLOGIE, ARCHIV

Musik un(d)Ordnung  
Definition von "Musik"  
Das Zustandekommen von Musik dies- und jenseits ihrer Hörbarkeit

Musik, Archäologie, mathematische Serialität  
Tonale Serie *versus* Erzählung  
Klang / Schweigen  
Unhistorische Klangwahrnehmung / als Archäologie  
MPI für Musik  
"New Music" (Mathews / Shannon)  
Musik und Rekursion

ZUM PRIVILEGIERTEN VERHÄLTNIS ZWISCHEN MEDIEN & MUSIK  
respektive MUSIK UND/ALS MEDIUM  
Begriffsbestimmungen der Akustik  
Zeitkritische Bandbreiten menschlichen Hörens  
Extrapolationen des menschlichen Gehörs  
Elektroakustik, das menschliche Gehör und Radio  
Definition "Musik"  
Musik und Schrift (Notation)  
Medien und Musik  
Asymmetrien des Audio-Visuellen  
Klang als Medium / der Gewalt

"SOUND, MEDIUM, WAHRNEHMUNG"  
Musik, synthetisiert  
Der Synthesizer (analog / digital)  
Klang(medien)wissenschaft  
Musik als Effekt ihrer Medien?  
Musik, ein zeitbasiertes Medium / Geräusch  
Musik, Akustik, Mathematik  
Schallübertragung (Helmholtz)  
Musikalische Memetik  
Wenn Musik- als Mediensoziologie, dann *bruits*  
"Musik und Medien" - eine *liaison dangereuse*?  
Elektroakustische Studios  
Akustische Kryptographie  
Zur (zeit-)relativistischen Verschränkung von Medien & Musik in der  
Programmierung  
Methoden der Musikwissenschaft  
Von musikalischer Semantik entlasteter Klang: Musikautomaten  
Experimentierung sonischer Evidenz (HAEL)

SCHWINGUNGEN (mechanisch, klangakustisch, epistemologisch)

### **Die Schwingung und ihr zeitkritisches *momentum***

- Ton aus Spannung (*tónos*); elektrische Spannung erzeugt an sich noch keinen Ton; bedarf des Wechselstroms, der alternierenden Vibration; Monochord, gestimmt vom gotteshandlichen "Pulsator". In Frequenzen vernommen wird das genuine Zeitereignis der Schwingung computerseitig verrechenbar / menschenseitig Tonhöhenempfindung; Mathematik transformiert Zeitlichkeit in Zahl; Christian Kassung, Das Pendel. Eine Wissensgeschichte, München (Fink) 2008

- Wissensgeschichte gegenüber invariantes Wissen, das den Medien selbst implizit ist (Wissensarchäologie, im monumentalen Sinne), aber der menschenseitigen Explikation harret, um explizit Wissen zu werden - es sei denn, es läßt sich sagen, daß ein Medium im Moment des operativen Vollzugs gleichsam über sein eigenes Wesen wissens reflektiert
  
- existiert nahezu reiner Sinuston nicht von Natur aus, vielmehr als technische Erzwingung, als Funktion elektronischer Signalgeneratoren; auch hier nach wie vor in eine reale Welt implementiert, konkret die Hardware von Elektronik; deren Materialität erzeugt, wengleich zur Spur geronnen, Verzerrung durch nonlineare Obertöne; "Klirrfaktor" in Elektronenröhren (speziell Verstärkung) Index von Welthaftigkeit; in Technomathematik ein System nonlinear, wenn Wandel im Signalausgang dem Wandel im Eingang *nicht* entspricht; Grenze zu chaotischen Systemen; mathematische Beschreibung durch ein Ensemble simultaner partieller Differentialgleichungen
  
- Monochord unter Varianten des vorelektronischen Analogcomputers zählen
  
- kairotische Akustik: Mersennes medienepistemologische Einsicht in Schwingung als zeitlicher Form inspiriert von der Erfahrung der Laufzeitmessung des Schalls mit Kanonenkugeln vor der Festung (bei der Belagerung von) Brest; Mersennes Einsicht in "Klang als mikro-chronisches Ereignis" = Vortrag Friedrich Kittler, Tagung *Helmholtz und die Folgen*, HZK, 12. Mai 2007
  
- Zusammenhang zwischen Zeit, Frequenz und Phasenwinkel entscheidend beim Zustandekommen des elektronischen Fernsehbildes auf dem Übertragungsweg" = P. Marcus, *Kleine Fernsehempfangs-Praxis*, München (Franzis) 1960, 17
  
- Schwingungen und Wellen periodische Zustandsänderungen; Wechselstrom: Zeit T nennt die Periodendauer, welche die Spannung (oder der Strom) benötigt, um einen vollständigen Umlauf zu verrichten; Umkehrung der Periodendauer wird in Hz:  $f = 1/T$
  
- akustisches Verhältnis wird zum epistemischen Ding; Sonik im Unterschied zur musikorientierten Klangforschung. Mit d'Alembert "die Analyse der schwingenden Saite nicht länger Vertrautheit mit musikalischen Erscheinungen voraussetzte [...]. Das Problem der schwingenden Saite ließ sich rein mathematisch behandeln, ausgehend von einem Grundprinzip der Dynamik" = Sigalia Dostrovsky / John Cannon, *Entstehung der musikalischen Akustik (1600-1750)*, in: Frieder Zaminer (Hg.), *Geschichte der Musiktheorie. Hören, Messen und Rechnen in der frühen Neuzeit*, Darmstadt 1987, 7-80 (67); John T. Cannon / Sigalia Dostrovsky, *The Evolution of Dynamics. Vibration Theory from 1687 to 1742*, New York / Heidelberg / Berlin 1981
  
- eine an zwei Punkten gemessene Steigung einer Kurve in unendlich kleinen Abständen bestimm-, also differenzierbar; "es gibt aber auch Fälle, in denen dieser Grenzwert nicht existiert" = <http://de.wikipedia.org/wiki/Analysis>; Stand: 18. Oktober 2009

## Praxis und Epistemologie der "schwingenden Saite"

- mathematische Wissen um Schwingungsereignisse invariant gegenüber kulturhistorischer Zeit. Einer emphatischen *mathesis* zufolge "gehen etwa Radio, Fernsehen und Videorecorder letztlich auf die alten Griechen zurück", denn "schon in der Antike untersuchten Mathematiker schwingende Saiten" = Blum 2002: 106, aber nicht deren Vollzug als Physik: "Wie sieht die Form der <sc. gezupften> Saite zu einem bestimmten Zeitpunkt aus?" = Blum ebd.; "Nulldurchgang" einer Schwingung als buchstäblicher Zeit"punkt"

- Analogrechnen: werden zwei Systeme im technomathematische Sinn als analog bezeichnet, wenn sie denselben Differentialgleichungen genügen<sup>1</sup>; die mathematische Beschreibung besitzt also in beiden Fällen die gleiche Struktur. Das mathematische Analogon deutet auf Gleichursprünglichkeit, und dieser Spurung folgt das kognitive Wissenwollen intuitiv

- Analogie übersieht qualitative Differenz zwischen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen: "Wenn wir eine Glocke anschlagen, so vermag ein Sachverständiger allein auf Grund einer Analyse, die er mit dem Klang vornimmt, ohne die Glocke gesehen zu haben, deren Form, Größe und Material anzugeben, weil es nur eine Glocke gibt, der die im Klang enthaltenen Schwingungszahlen zukommen. Genauso muß es möglich sein, aus den Schwingungszahlen eines Linienspektrums auf die Bauart des Atoms zu schließen, das Licht von diesen Schwingungszahlen zu emittieren vermag. Aber das Atom macht da weit größere Schwierigkeiten als die Glocke. Bei der letzteren handelt es sich um mechaische, beim er/steren dagegen um elektromagnetische Schwingungen. Denn Licht kann - nach der klassischen MAXWELLSchen Theorie - nur so zustandekommen, daß die an ein Atom gebundenen Elektronen um ihre Gleichgewichtslagen Schwingungen ausführen und dabei ein im selben Rhythmus schwingendes elektromagnetisches Feld erregen."<sup>2</sup>

- vergleicht Walter Benjamin den künstlerischen Akt der Photographie mit dem Klavierspiel als Sampling: Während ein Geiger jede Saite seines Instruments selbständig intoniert, spielt der Pianist auf Tasten, die mit bereits vorgestimmten Saiten verbunden sind = Walter Benjamin, Kleine Geschichte der Photographie, in: ders., Medienästhetische Schriften, hg. v. Detlev Schöttker, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2002, 308; "*musikalisch* ist der gestrichene Ton eine Besonderheit. Vor allem besitzt er in vollendetem Maße etwas, was dem gezupften und angeschlagenen Ton gänzlich fehlt: *Modulationsfähigkeit*" = Franz Thomastik, Die Stahlsaite als Kulturfaktor, Wien (Selbstverlag) 1932, 13, im niederfrequenten Feld; "Jaulen" beim zu langsamen Hochfahren der Tonbandmaschine

- gezupfte Saite an sich verklingt (Monochord). Demgegenüber steht der Orgelton der *gestrichenen* Saite nahe: ein Oszillator un/gedämpfter Schwingungen (wie in frühen Löschkensendern des Radios), eine Verschränkung diskreter (periodischer) Bewegungen zum Eindruck von

---

1 Wolfgang A. Knorre, Analogcomputer in Biologie und Medizin, Jena (VEB Gustav Fischer) 1971, 12f

2 Arthur March, Das neue Denken der modernen Physik, Hamburg (Rowohlt) 1957, 80f

"analoger" Stetigkeit; ist es das Merkmal von Funkmedien mit Trägerfrequenz, daß sie ihre Gegenwart fortwährend neu erzeugen

- auf Edison-Zylinder oder Magnetdrahtspule singt nichts; das Abspielmedium muß aus elektromagnetischen Induktionen den Ton immer wieder neu und zugleich gleichursprünglich (*der* und *das* medienarchäologische Moment) neu erzeugen. Und so steht die medienarchäologische Analyse (Methode) der Kultur (den Geisteswissenschaften) gleich nah wie den mathematischen, technischen und Naturwissenschaften

- Stahlsaite im Wire Recorder nicht länger "Kulturfaktor" wie Saite (Thomastik); kippt von der Kulturtechnik des Musikinstrument in die Elektrotechnik und Elektronik

- gestrichene Geigensaite bringt den vernehmenden Menschen selbst zur Mitschwingung, also zur Resonanz; appelliert an dessen ureigenstes Sein, indem sie ihn auf dem Niveau des Zeitsinns massiert: "Gleich bei der ersten Schwingung ist alles da und entsteht durch den Strich fortlaufend von neuem" = ebd., 15

- Mensuralnotation fällt nicht von ungefähr zusammen mit der Emergenz von Räderuhren; zeitgetaktete (gequantelte, zeitdiskrete) Prozesse werden als neues Wissensding überhaupt erst mit dem Aufkommen der getakteten Räderuhren, ein neuartiger Bezug des überkommenen (antiken) Musikbegriffs "zur makroskopischen Materialität ihres Geschehens in der Zeit" <Scherer ebd.>. Vorgang (und als kulturtechnisches Training für nachfolgende epistemische Einsichten) tickt die Räderuhr diskret; erst nachträglich (mit Marin Mersenne und Sauveur) reagiert darauf eine Mathematik, welche abzählbare (Saiten)Schwingungen und abzählbare Zeiteinheiten aufeinander zu beziehen vermag, "um etwa den Gehörseindruck von *Tonhöhe* zu erklären und das Rätsel des musikalischen Buchstabennamens mathematisch, nicht philologisch oder historisch-hermeneutisch zu lösen" <Scherer ebd.>.

- Existenzformen der schwingenden Saite im epistemologischen Sinn geht über die enge Bindung an das akustische Ereignis (Ton resp. Klang resp. Geräusch) weit hinaus: die kinetische, a/periodische Bewegung

- was den "take-off" der frühen Neuzeit vom antiken Erbe scheidet: die Sensibilität für "Delta t" statt rein harmonischer Proportionen; Dynamik wird faßbar. "Allein die Töne sind so etwas wie materialisierte Zeit. Sind doch verschieden schnelle periodische Schwingungen des Luftdrucks, Töne eben, nur zu unterscheiden in ihrer Schwingungsgeschwindigkeit, wir nennen das 'Tonhöhe', also in der Zeit. Strukturen aus Tönen sind Zeitstrukturen" = Johannes Fritsch, Gezählte Zeit. Zur Musik der Hanne Darboven, in: Feedback Papers 27/28 (März 1982), 35-38 (38), die ebenso nicht-akustisch sich äußern könnten

- akustische Schwingungen = die Folge *unnatürlicher* Anstöße (Diss. Barkhausens) Akustische Gewalt

- an mehrsaitig bespannter Zither kommt es beim bestimmten Anschlag einer Saite zum Mitschwingen der anderen: Resonanzen (sogenannter Bodrum-Effekt), eine physikalische (noch nicht elektromagnetische) Form von Telekommunikation / Fernwirkung, mechanisch. Wird ein Körper zum

Mitschwingen gebracht, appelliert es an dessen Eigenfrequenz; ist in der Ruhelage (ponderabile Materie) bereits die Bewegung (denn Schwingung ist in Zeit aufgelöstes Gewicht, vgl. Pendel) angelegt. Diese Anregbarkeit als solche ist das erkenntniswerte Ereignis. Wenn ein Radio Sendung empfängt, operiert es als Resonanz-System (Kondensator, Schwingkreis, Abstimmung). Nicht erst im manifesten Empfang emaniert das Radio Musik, sondern es ist in seiner Schaltung aus resonanzfähigen Bauteilen selbst schon technische *mousiké*.

## Orgelklang

- an frühesten Orgeln der georgianischen Musikepoche die Rückseite meist der (Doppel-)Blasebalg. Jan van Eyck malt im Altarbild von Gent nur den Engel, der die Klaviatur spielt (Vorderseite); real Anwesenden aber optisch (die Bewegter) wie akustisch (das Blasebalggeräusch, völlig unharmonisch) der Mechanismus der Klangerzeugung selbst ebenso akustisch ko-präsent; begehbare Orgel: vgl. frühe begehbare elektronische Computer (UNIVAC, im Deutschen Museum München). In der Orgel wird die Vibration körperlich miterfahren / mitvollzogen; Orgel ART museum rhein-nahe, Windesheim: Architektur als flachgelegte Orgel (Hauptwerk) konzipiert. Ehemals Organfabrikant Oberlinger. In heutigen digital gefilterten CD-Orgelmusikwelten wird diese medientechnische Erfahrung abgeschnitten (schon in Kirchen oft das Blasebalgwerk getrennt vom Orgelwerk etwa unter das Kirchendach verschoben). Gegen das Verschwinden des Wissens / der sinnlichen Erfahrung von Tonerzeugung in heutigen MP3-Welten (Miniaturisierung, Reduktion auf Interfaces; die Tastatur / Klaviatur wird heute zum "app" auf Smart Devices von Apple)

- Registeroptionen: etwa *vox humana*, welche von Kempelen zum Bau seiner Sprachmaschine inspiriert = ders., Mechanismus 1791: 399, und Nachahmung von Streichinstrumenten. Wie in frühen analogen Synthesizern: der Klanginhalt des Mediums Orgel sind andere Klangmedien. Jede Luftsäule (Orgelpfeife) erzeugt von sich aus schon Obertöne, aber normalerweise kaum hörbar. Demgegenüber ausdrückliche Register, die den ersten und den zweiten Oktav-Oberton einspielen.

- CD 90115 *Wassermusik* (Josef Still an der Oberlinger-Orgel in Vallendar am Rhein, St. Marzellinus und Petrus), Tonträger Produktion *organo phon* 1999: Franz Liszt, Fantasie und Fuge über den Choral *Ad nos, ad salutarem undam*. Tatsächlich wird im Wasserwellenmotiv programmatisch die Botschaft des Mediums Orgel, nämlich die Schwingung, thematisch

- vgl. *Drone*-Musik mit tiefrequentesten Orgelpfeifen. Einige Epochen setzen diese Schwingungen privilegiert ein; diese Tonerfahrung läuft nicht allein über das Gehör, sondern auch den Körperschall (bio-physikalische Resonanz).

- Barker-Relais (19. Jahrhundert): Mechanismus, der den kraftaufwändigen Hauptanschlag des Tons vermittels eines pneumatischen Relais (Orgel-in-der-Orgel) steuerte. Vorteil: leichter Tastenanschlag; gravierender Nachteil: Ton erklingt erst nach Anschlag, was zur Irritation der Spieler führt. Ein falsch angespielter Ton kann dann, einmal angeschlagen, nicht mehr gestoppt werden. Laufzeitverzögerung.

- zwifache Zeitlichkeit der Oszillation; Dauerinstallation / -*performance* von John Cages Szenario ORGAN<sup>2</sup>/ASLSP in Buchardi-Kirche, Halberstadt: "Im Idealfall erstreckt sich eine einfach harmonische Analyse zeitlich unverändert von der fernen Vergangenheit bis in die ferne Zukunft. <...> Eine Note zu beginnen und zu beenden, bedingt eine Änderung ihrer Frequenzkombination, die zwar klein sein kann, aber sehr real ist. Eine Note, die nur eine begrenzte Zeit dauert, muß als Band einfacher harmonischer Bewegungen aufgefaßt werden, von denen keine als die einzige gegenwärtige einfache harmonische Bewegung betrachtet werden darf. Zeitliche Präzision bedeutet eine gewisse Unbestimmtheit der Tonhöhe, genau wie die Präzision der Tonhöhe eine zeitliche Indifferenz bedingt"<sup>3</sup>; verrechnet Wiener Zeit gegen Ton. "Diese Überlegungen sind nicht nur theoretisch wichtig, sondern zeigen" (und zeitigen) "auch die dem Musiker gezogenen Grenzen" = Wiener, zitiert ebd. Sein Beispiel ist eines, das an Mersennes Spannung eines Seiles (als Saite) über den Hof erinnert, um Schwingungen sichtbar und extrem verlangsamt auch zählbar zu machen: "Man kann auf dem tiefsten Register der Orgel keine Gigue spielen. Schlägt man einen Ton an, der sechzehn Schwingungen in der Sekunde hat, und hält ihn nur eine zwanzigstel Sekunde aus, bekommt man eigentlich nur einen einzigen Luftstoß, ohne irgendeinen deutlichen oder überhaupt nur wahrnehmbaren periodischen Charakter" = Wiener 1925, zitiert nach: Supper 1997

- Sendung Juli 2015 zur Orgellandschaft rund um die Stadt Luckau (Reihe *Musikland Brandenburg*); betont rbb-Kulturradio-Moderator Claus Fischer, daß die Sanierung einer Barockorgel in den 1980er Jahren nicht zum Rückbau in den historischen Originalzustand geführt hat; operative Präsenz "historischer" Musikinstrumente forsche: ob der historische Originalzustand ein Wert an sich ist oder die musikalische Zeitlichkeit eines konkreten Instruments (die "Hardware") nicht in ihrer prinzipiellen Rekonfigurierbarkeit liegt - ein medienarchäologisches (und nicht historistisches) Argument

## **Die kosmische Stringtheorie**

- deutet Henri Bergson Materie als Vibrationen. In McLuhan / Powers (The Global Village) Nathaniel Hawthorne zitiert, der seinerzeit bereits als "Tatsache" formulierte, "daß unter dem Einfluß der Elektrizität die Welt der Materie zu einem groben Nerv wurde, welcher über tausende von Meilen in einem atemlosen Punkt der Zeit vibriert"; von Michael Green und John Schwarz formulierte Stringtheorie geht nicht mehr vom punktförmigen Elementarteilchen aus, sondern verfolgt ein sonisches Modell: "Energiefäden, die ähnlich wie Cellosaiten schwingen. Man spricht auch von kosmischen Bändern, die als Fäden und Schleifen vibrieren<sup>4</sup> und sich je nach Schwingungsmuster u. a. als Elektronen manifestieren

---

3 Wiener 1925, zitiert nach: Martin Supper, *Elektroakustische Musik und Computermusik. Geschichte - Ästhetik - Methoden - Systeme*, Darmstadt (Wiss. Buchges.) 1997, 35

4 Falko Blask / Ariane Windhorst, *Zeitmaschinen. Mythos und Technologie eines Menschheitstraums*, München (Atmosphären Verlag) 2005, 33

- worin ein unhistorisches Zeitverhältnis - wenn nicht gar eine Alternative zur Zeit selbst - formuliert wird. Der sonizistischen Epistemologie zufolge ist Zeit im Schwingungszustand / Frequenzbegriff selbst aufgehoben; nahezu energieverlustfreies Modell der Resonanz; Frequenz als Mathematisierung der sonischen (Schwingungs-)Zeit; gegenseitige Kehrwerte von Symbol (Zahl) und Signal (Saitenschwingung)

## MAGNETTONBAND

### **Tonbandaufnahmen und -maschinen**

- Bertelsmann-Lexikon des 20. Jahrhunderts *Unser Jahrhundert in Wort, Bild und Ton*, in Kombination mit "Phono-Box" ausgeliefert; damit im Buch Plastik-Schallfolien abgetastet

- CD *Zeitzeugnisse*. Dem medienarchäologischen Gehör sind solche Musikaufnahmen, an denen die Magnettontechnik selbst noch apparativ hörbar ist, lieber als eine rauschfreie HiFi-Aufnahmen der gleichen Musik; das ästhetische Surplus, die spezielle Brechung, wie Rundfunk aktueller Programme aus antiquarischen Röhrenradios, oder Fernsehen mit Uralt-Apparaten

- "Smaragd"-Tonband; "open reel": Spulen sichtbar / anschaulich

- früheste Sprachaufnahmen aus dem Labor der AEG

- "Wire Recorder" der Marke Webster (Chicago, Bauserie seit 1948, Model 80-1)

- elektromagnetische Signalträger, in ihrem Doppelwesen als Materie und als Latenz. Im Medienarchäologischen Fundus warten Uralt-Magnet(draht)spulen darauf, in ihrem akustischen Gedächtnis wieder zum Erklingen gebracht zu werden

- Diplomarbeit Schüller; *Zeitschichten* (zweite, aktuelle Ausgabe); S. 65 f. eine von Kuper verfasste Inhaltsbeschreibung der Schüller-Diplomarbeit; auf der Diplomarbeit fußende Publikation: Erwin Meyer und Eduard Schüller, Magnetische Schallaufzeichnung auf Stahlbänder, in: Zeitschrift für technische Physik, 13. Jahrg. Nr. 12 (1932), 593

### **Magnet-Tonband (Magnetophon)**

- 1895 Guglielmo Marconi sendet / empfängt drahtlose Signale; Alexander S. Popoff 1894 Gewittermelder; Marconi entwickelt 1902 endlos-Magnetdrahtschleife als Detektor drahtlos gesandter hochfrequenter Telegraphiesignale (Marconi-Magnetdetektor; Bruch, in: Funkschau 26/1982, 68): magnetisierter Draht als Zwischen(-)speicher und Übertragung / 1893 Valdemar Poulsons Magnetdrahtaufzeichnung

- diskursiv darauf eingestimmt / nicht-diskursive Kontingenz: kommen latent bereits vorliegende physikalisch-mathematische Verhältnisse als Artikulation zum menschlichen Vernehmen: bewußte technische Her-Stellung (un-

natürliche, mithin: kultur-technische Experimentalanordnung)

- 1888: Hertz - bzw. sein Detektor - (er-)findet / erzeugt Radiowellen; zeitgleich Oberlin Smith's Beschreibung eines magnetischen Schallaufzeichnungsverfahrens (technische Prozedur)

- Elektromagnetische Speicher gerade keine Fortschreibung der Phonographie; eröffnen eher *gefunden* als *erfunden* ein neues medienepistemologisches "Feld". 1888 veröffentlicht Maschinenbauer Oberlin Smith in *The Electrical World* Aufsatz "Über einige mögliche Formen des Phonographen" noch als *Fortschreibung* von Edisons mechanischem Schallaufzeichnungsverfahren: "Ein Elektromagnet soll einen magnetisierbaren Tonträger, z. B. einen Seidenfaden mit eingewebten Stahldrahtstücken, im Rhythmus der von einer Membrane aufgefangene und in elektrische Ströme umgewandelten Schallwellen magnetisieren. Bei der Wiedergabe sollen dann umgekehrt die magnetischen Impulse elektrische Ströme erzeugen und diese wiederum eine Lautsprechermembrane in Schwingungen versetzen."<sup>5</sup>

- Tonträger in Valedmar Poulsons *Telegraphon* von 1898 zunächst zehn Meter langer, schraubenförmig auf einem Messingzylinder aufgewundener Klaviersaitendraht in unerwarteter Funktion, der an einem elektromagnetischen Tonkopf vorbeigeführt und dabei im Rhythmus der akustischen Schallschwingungen magnetisiert wird. Basis dieser Operation ist Wechsellspannung. Der Stahldraht "behält einen remanenten Magnetismus zurück, der es ermöglicht durch Abtastung mit dem gleichen Magneten die Aufzeichnungen wieder wahrnehmbar zu machen"<sup>6</sup>; an die Stelle von Festwertspeichern tritt damit die latente Zwischenspeicherung. Poulsons Patent lautet entsprechend *Verfahren zum Empfangen und zeitweisen Aufspeichern von Nachrichten, Signalen oder dergleichen*<sup>7</sup> - einer Delta-*t* Zustand des Signalspeichers

- Meldung im Freitaler Tageblatt (5./6. September 1931) über Fritz Pfläumers "Lautschriftband"; Ersttonband 1942; Pfläumers mit Eisenpulverschicht versehenes Papierband, 1928 patentiert, rückt ahnungslos in die Nähe jenes unendlichen Bandes, das Alan M. Turing 1936 für seine theoretische Rechenmaschine beschreibt; das Endlosband: für Entwurf der Turing-Maschine theoretische Argumentation "wesentlich, daß der Speicher unendlich sein sollte. Es kann leicht gezeigt werden, daß die Maschinen andernfalls nur periodische Operationen ausführen kann. <...> Der Speicher muß nicht unendlich, aber zweifellos sehr groß sein"<sup>8</sup> - womit das elektromagnetische Tonband an die Stelle des Schreibmaschinen-Endlosbandes treten kann

---

5 Zitiert nach: Friedrich Naumann, Vom Akakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik, Darmstadt (Primus) 2001, 127

6 K. A. Mittelstrass, Magnetbänder und Magnetfilme. Grundlagen und Anwendungen, Berlin (VEB Verlag Technik) 1965, 7

7 Zitiert nach: Friedrich Naumann, Vom Akakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik, Darmstadt (Primus) 2001, 128

8 Alan M. Turing, The State of the Art, in: Alan Turing, Intelligence Service, hg. v. Bernhard Dotzler / Friedrich Kittler, Berlin (Brinkmann & Bose) 1987, 183-208 (186)

- zunächst keine unmittelbare Nutzung des Magnetbands zur Datenspeicherung in Rechenmaschinen; audiovisueller Sinn lenkt den "Ton"träger von der rechnenden Vernunft ab. Pfeumers Patent an AEG verkauft; parallel dazu dort die Weiterentwicklung des Tonbandgerät durch Eduard Schüller: entwickelt 1933 den "Magnetisierungskopf für Längsmagnetisierung von Magnetogrammträgern" (Ringkopf); 1935 das letztendliche Tonbandgerät *Magnetophon* auf der Großen Deutschen Funkausstellung in Berlin zur Aufführung

## **EMK / Induktion**

- durch Induktion (Vorbeiführung eines magnetischen Feldes in feldlinienschneider Schräglage) im Leiter eine Induktionsspannung, eine elektromotorische Kraft (EMK), erzeugt

- Elektromagnetismus zwischen Speicher- und Übertragungstechnik; Magnetophon: aufgespeicherte elektromagnetische Energie (ein jeweiliger Zustand), der durch Abspielen re/aktiviert (gelöscht / neu beschrieben) wird, *refresh*. Andererseits Radio: auch elektromagnetische Wellen, die hier aber der freien Übertragung dienen; beide Existenzweise sind nicht grundsätzlich verschieden, sondern lediglich Akzentverschiebungen des elektromagnetischen Feldes; spielt in beiden Fällen dynamisch zwischen "gespeicherte" Energie entscheidende Rolle

## **Magnetband Video**

- Verfahren elektronischer Fernsehübertragung als "Klang der Einzeilen-Abtastung" (Bill Viola) ist die Konsequenz angelegt, Ton- zu Bildaufzeichnung zu erweitern. Otto von Bronk macht kurz nach 1900 den Vorschlag, Poulsons Verfahren dafür zu verwenden, ein auf einer Vielzellentafel erscheinendes elektronisches Bild auf "telegraphonischem" Weg zu speichern und "die Bilder zu einer beliebigen Zeit zu übertragen oder zu reproduzieren"<sup>9</sup> - Videorecording *avant la lettre*, und eine elektronische Alternative zu John Logie Bairds elektro-mechanischem Fernsehbildspeicherverfahren *Phonovision*. Elektronische Ereignisse, vormals flüchtig im zeitkritischsten Sinne, damit weitgehend invariant gegenüber der emphatischen Zeit, genuin *ahistorisch* verfügbar

- nach WKII Fernsehbilddaufzeichnung (Video) auf Basis Schrägaufzeichnungsverfahren mit rotierendem Magnetkopf; Farb-Bilddaufzeichnungsgerät BK 3000 Color Grundig (Fürth) 1976; erstmals TV-Aufzeichnung zu vorwählbarer Zeit

## **Magnetbandspeicher Computer**

- Magnetband in 60er Jahren Symbol für Computer, 80er Monitor

---

9 Hier zitiert nach: Siegfried Zielinski, Zur Geschichte des Videorecorders, Berlin 1986, 57

- 8 Zoll-Diskette, 128 Byte, IBM, ab 1971; Kunststoff, magnetisierbare Speichereinheit; später 5,25 Zoll, ab 1981 3,5 Zoll; Abtastung steht dem Plattenspieler wieder näher denn dem Magnettonband, kann aber (als Plattenarm) springen; Wechsel-Plattenspeicher IBM 1311
- zyklische(s) Magnettrommel/band zur Speicherung von Zwischenergebnissen: 1943 G. Dirks, 1944 Prosper Eckert, 1946 A. D. Booth. Gedanke eines magnetischen Zahlspeicherns Tauschek 1932
- Raymond Scott, Audio-Werbeclip für IBM MT/ST "The Paperwork Explosion" (1967) - erste IBM-Schreibmaschine mit Magnetband als Speichermedium
- Einsatz 1950 Datenspeicherung MARK III und Ferranti-PEGASUS
- Problem der ersten Magnetspeicher: bei Abruf ein Gedächtnis *bit* gelöscht. "Der Begriff der gesammelten Energie tritt in den Hintergrund, der eines fixierbaren und reproduktionsfähigen Vorganges in den Vordergrund"<sup>10</sup> - Kybernetik, Organisationswissenschaft statt Energie / Mechanik; nicht jenseits des Webstuhls von Jaquard: "Speicher in diesem Sinne sind nun tatsächlich die Schallplatte, der Tonfilmstreifen, ferner noch der magnetisierte Draht bei einem neuen Tonaufzeichnungsverfahren und die Notenrolle des mechanischen Klaviers. <...> 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" = ebd.
- "vulgäre Zeit" (Heidegger) als Verfügbarkeit von Zeitmomenten

## **Magnetophon / NS**

- musikethnologische oder (alt-)philologische Forschung mit Hilfe des Magnetophons / Wire Recorder (Parry / Lord); zeitgleich die Kopplung Rundfunk und Magnetophon (beide technisch ja verwandt - einmal AM als Sendung, einmal als Speicherung bzw. Vormagnetisierung) im NS-Regime. Spezieller Einsatz des Magnetophons zu internen Dokumentationszwecken nicht-öffentlicher Reden - Aufnahmen, die erst nach 1945 zugänglich wurden "und `Geist´ und Charakter des Regimes sehr viel eindringlicher veranschaulichen, als die ein gedruckter Text je könnte" <Booklet zu CD *Dokumentation Obersalzberg. Tondokumente. Täter-Gegner-Opfer*, hg. v. Albert A. Feiner / Volker Dahm (Veröffentlichungen des Instituts für Zeitgeschichte zur Dokumentation Obersalzberg), München / Berlin (Institut für Zeitgeschichte) 2003; Tonaufnahmen aus der Phonothek des Deutschen Rundfunkarchivs Frankfurt/M. u. Potsdam-Babelsberg>. Eine mediale, in diesem Sinne "geisterhafte" Qualität: der Ton des NS wird auf Frequenzebene (eine medienarchäologische Ebene des Gedächtnisses an das Regime und zugleich des Regimes - denn es gab dies selbst in Auftrag) aufgehoben, zugänglich, exklusiv, jenseits der Kulturtechnik Schrift/Text.

---

<sup>10</sup> Festschrift zur 25-Jahrfeier der Deutschen Hollerith Maschinen Gesellschaft, Berlin 1935, Kapitel "Die Lochkarte als Träger des Hollerith-Verfahrens", 83ff (84)

- "Weihnachtsringsendung des Großdeutschen Rundfunks von allen Fronten" am 24. Dezember 1942 (Nr. 17 auf CD 2003). Die einzelnen Einspielungen wurden zuvor auf Tonband aufgenommen und dann zusammengeschnitten - also keine "Livesendung". Überliefert sind nur die auf der CD tatsächlich wiedergegebenen 4'45 (von urspr. ca. 30 Minuten Sendung).

- <http://history.acusd.edu/gen/recording/tapes.html>; auf dieser Webseite u. a. "earliest magnetic recording of Emperor Franz Josef of Austria at the 1900 Paris Exposition, recorded by Valdemar Poulsen on his wire Telegraphone, from Robert Angus, "History of Magnetic Recording," Audio, August, 1984, Eva-Tone Soundsheet record; ferner: "Charles Apgar used an Edison cylinder phonograph in 1915 to record this Morse code message from the German transmitter at Sayville, Long Island (this rare sample provided by the Antique Wireless Association of Holcomb, N.Y.), from Robert Angus, "History of Magnetic Recording," Audio, August, 1984, Eva-Tone Soundsheet record"; ebenso "Mozart's Symphony No. 39 recorded by BASF Nov. 19, 1936, during Thomas Beecham's concert in Ludwigshafen, from Robert Angus, "History of Magnetic Recording," Audio, August, 1984, Eva-Tone Soundsheet record"

## **Restaurierung Magnetband**

- Probleme der Konservierung und Restaurierung von Aufzeichnungen auf Magnetband, Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, 13. - 15. November 2006, FB 5 Gestaltung, Studiengang Konservierung und Restaurierung/Grabungstechnik, Schwerpunkt Audiovisuelles und Fotografisches Kulturgut; Workshop im Rahmen des Projekts TAPE (Training for Audiovisual Preservation in Europe) in Zusammenarbeit mit ECPA (European Commission on Preservation and Access)

- Andreas Weisser, Restaumedica, Freiburg; Beitrag "Ethik in der klassischen Restaurierung: Wie sind die dort entwickelten Standards in die audiovisuelle Welt übertragbar?"

- materielle Zeugnisse der Magnetbandepoche aus den letzten fünfzig bis sechzig Jahren; Zerfallerscheinungen; Technologiewandel vermag diese Trägermaterialien in ihrer Substanz nicht mehr einzuspielen; Signalerhaltung durch Digitalisierung als "die einzige Lösung für die Erhaltung der aufgezeichneten Information"= *abstract* Nadja Wallaszkovits, i. U. zu Wiedergabe analogem, unmodifizierten Transfer

## **HF-Vormagnetisierung**

- mit Gleichstrom-Vormagnetisierung um 1900 bei Poulsen und bis 1941 auch beim Magnetophon, bei den Tonschreibern bis 1945 - Aufnahmen mit akzeptabler Qualität möglich

- Hystereseschleife / HF-Vormagnetisierung verbessert Signal-Rausch-Abstand

- Radioeffekt: erst Umorientierung von der Gleichstrommagnetisierung zur

hochfrequenten Vormagnetisierung der Bänder befreit Aufnahme und Wiedergabe vom Rauschen, so "daß sie von der Direktübertragung nicht mehr unterschieden werden kann" = Laszlo von Szalay, Moderne Technik. Elektrotechnik, Berlin (Safari) 1954, 523

- Durchbruch 1939/40; technisch entscheidende Verbesserung durch Walter Weber im Labor (Leitung: von Braunnühl) bei der RRG Berlin: Löschung und Vormagnetisierung mit Hochfrequenz anstelle mit Gleichstrom (wie bisher). HF-Vormagnetisierung: Gleichrichtung der ansonsten stochastisch verstreuten elektromagnetischen partikle auf Band. Damit das Prinzip der Radio-Übertragung (HF-Trägerfrequenz) in die Speichertechnologie verrückt. Die epistemologische Struktur der "zufälligen" (Er-)Findung: Bei Experimenten mit Verstärkern wurden diese zum Sender. Nur *historisch* definierte Anordnungen zwischen Menschen und Artefakten lassen die (physikalisch-potentiell un/endlich vielen) Varianten techno-logischer Verhältnisse (d. h. kulturell angeeignete Naturgesetze) kontingent zur *menschenseitigen* Evidenz kommen. Entsprechend gestimmtes menschenseitiges Wissenwollen, zeitbestimmt durch den historischen Moment läßt hier technische Verhältnisse epistemogen / zum Ko-Agenten werden

- technischer Verdienst beider Physiker, "daß sie die bei ihren Experimenten zur Verbesserung der Dynamik aufgetretenen Schwingungen und deren Folgen (Erhöhung der Dynamik und des Frequenzbereiches) erkannten sowie richtig interpretierten und diese nicht einfach als Fehler behoben. Sie meldeten diesen `Fehler´ sogar zum Patent an (DRP 743411, 1940), die AEG kaufte dieses sofort." Der Öffentlichkeit am 10. Juni 1941 im Ufa-Palast (Bahnhof Zoo) vorgeführt; 60-70 dB Dynamik im Frequenzbereich von 50-10.000 Hz = HiFi-Werte; Qualitätsverbesserung "so frappierend, daß sie auch beim rADiohören auffiel: englische und amerikansiche Abhørspezialisten berichteten nach 1945, daß ihnen als erstes auffiel, daß deutsche Sender selbst in ihren Nachprogrammen scheinbar `live´ sendeten, weil die sonst üblichen Ne/bengeräusche fehlten"

- Engel: Wirkungsweise der Hochfrequenz-Vormagnetisierung nicht allgemeingültig erklärbar; zu viele Parameter kommen hier ins Spiel: teils diametral entgegengesetzte Eigenschaften der Magnetmaterialien in Magnetköpfen und Bändern; zeitlich und örtlich veränderliche Felder vor dem Aufnahmekopf-Spalt, die statistische Verteilung der Koerzitivfeldstärke der einzelnen Magnetpigment-Teilchen

- Engel: Friedrich Krones verglich die Aufzeichnung auf Magnetband gern mit einem Aufzug: die eigentliche Arbeit macht der Motor (das ist der HF-Strom), die exakte Aufzeichnung der Niederfrequenz-Signale entspricht der Aufzug-Steuerung, die also dafür sorgt, dass die Kabine zentimetergenau im gewünschten Stockwerk zum Stehen kommt; gewisser Unterschied zwischen dem "Träger" z.B. einer Rundfunksendung und dem hochfrequenten Vormagnetisierungsstrom bei der magnetischen Aufzeichnung; medientheoretische Differenz zwischen Übertragungs- und speicherorientierten Medien, die gelegentlich konvergieren

- Hysterese: Magnetisierbarkeit ferromagnetischer Substanzen von ihrem Vorzustand abhängig"; analoge Markovwahrscheinlichkeit. "Daher wird das

Band vor der Aufnahme zunächst gelöscht", d. h. weniger metaphorisch: "entmagnetisiert". Zur Magnetisierung der Partikel in der Schicht muß die Feldstärke einen Schwellenwert (Koerzitivfeldstärke) überschreiten; zu diesem Behufe wird durch den Aufnahmekopf (Sprechkopf) neben dem eigentlichen Audiosignal (Sprechstrom) ein hochfrequenter Wechselstrom - "die sogenannte Vormagnetisierung (engl. Bias)" - geschickt = <https://de.wikipedia.org/wiki/Tonband#Vormagnetisierung> (Abruf 24. April 2017); wird *The Bias of Communication* (Innis) damit ganz und gar elektronisch (nicht allein als Regierungstechnik) konkret

- H. J. v. Braunmühl / W. Weber, Verfahren zur magnetischen Schallaufzeichnung, DRP 743 411 v. 28. Juli 1940

- Heinz Thiele, Kein Zufall. Entwicklung der Hf-Vormagnetisierung, in: *Funkschau* 16/1982, 45 f.; *online* reproduziert auf der Homepage Ulrich Theimann <http://www.theimann.com/Analog/History/Vormag>

### **Krapp's Last Tape (Beckett)**

- "Beckett on Film"; Adaption von *Krapp* komplett auf youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=omcZT8k-km8> (Teil 1)

- liest sich der Titel des Einakters nach der medienarchäologischen Phasenverschiebung im 21. Jh. anders: Mit dem Verschwinden der Spulen-Tonbandtechnik (Magnetbänder auch im Computer, selbst Festplatte) zugunsten massiver Festwert-Halbleiterspeicher (RAM, ROM) wird der Protagonist, das Tonband, selbst zum medienarchäologischen Fossil, doppelt kodiert als "last tape".

- für das Tonband mit seiner Akustik in elektromagnetischer Latenz gilt, "daß man hierbei die Tonstellen, die ja mit dem Auge leider nicht wahrnehmbar sind, nicht schnell genug erkennen und genügend genau kennzeichnen kann" = H. Gunka / W. Lippert, Einrichtung zum Auffinden von Tonstellen auf dem Magnetophonband, in: *Funk und Ton* Nr. 3/1948, 125-134 (126)

- gegen letzt-endliche Regieanweisung Becketts für *Krapp's last tape* "tape runs on in silence" hat Tonbandtechnik die automatische Bandabschaltung entwickelt: ein Stück Eisenband, das einen Impuls induziert, der zur Selbstabschaltung des Geräts führt, auf daß nicht die Spule sich mit dem losgerissenen Magnetbandende endlos weiterdreht

- Zeit = "tape running between two spools": Barker 2012; 59 f., unter Bezug auf: Henri Bergson, *The Creative Mind*, N. Y. 1934/1992, 164. Siehe auch Alfred North Whitehead, *Process and Reality*

- "Anrufbeantworter" / *voice mail*

- Speicher halten Zeit auf, katechontisch (die "Unwahrscheinlichkeit der Kommunikation" gemäß Shannon / Luhmann, hier ins Zeitliche gewendet, negentropisch mit Flusser). Das genau ist Krapp's Intention

- Krapp im Stück ist Schriftsteller. Mit seiner Tonbandstimme (im Unterschied zum Tagebuch) geschieht die Aufhebung der schriftlichen "Charaktere" (buchstäblich!) im phonographischen Realen (Signalwelten)
- Krapps genüßliches Wort "Spuuule": Erinnerungsschleife korreliert mit dem technischen Artefakt (Tonbandspule). Bandgedächtnis erlaubt Vor- und Zurückspulen, zeitreversibel (widernatürlich). Das Medium in seiner technischen Formation wird hier zur (Zeit-)Botschaft. Becketts Einakter würde mit einem Mp3-Player so nicht mehr funktionieren: non-lineares Springen zu Stellen im digitalen Raum ungleich Schleifen-Struktur des Tonbandes.
- 1958 Samuel Becketts Einakter *Krapp's Last Tape*; alternder Protagonist immer schon zu spät gegenüber dem Gedächtnis seines Tonbandgeräts; Kopplung Mensch-Maschine bildet Mikrogesellschaft i. S. Latours: Konfrontation / Konfiguration zwischen Mensch und *nonhuman agency*
- Externalisierung von individueller Erinnerung in technisches Gedächtnis als realem und symbolischem Signalspeicher vs. imaginärem (Proustsche Erinnerung); Begriffsverwendung nach Kittler / Lacan; medienontologische Frage nach geschiedenen Zeitwe(i)sen von Speicher, Gedächtnis und Erinnerung
- Becketts *Krapp's Last Tape* genuines Medientheater
- Auslagerung von Sprache nicht mehr symbolischen Kode (Platons Schriftkritik), sondern als Signal in externe phono"graphische" Speicher führt (dann doch Platon's Kritik) zum Verlust von Erinnerung
- Form des Speichers (hier: Magnettonband) unterscheidet sich buchstäblich dramatisch (dies die eigentliche *message* von Becketts Einakter) von Neuroprozessen des menschlichen Gedächtnisses; Krapp verstrickt sich in den (material bedingten) *loops* (Spulen) seines Phono-Tagebuchs; Differenz zum alphabetischen Tagebuch (Goethe)
- Bergson: Mitaktualisierung von Erinnerungen resultiert aus gegenwärtiger Wahrnehmung
- In Krapps Fall treffen Erinnerungen aus seinem Leben, die durch die Stimme vom Band ins Bewußtsein geholt werden wollen, auf eine Tätigkeit, die ausschließlich mit dem materiellen Tonband beschäftigt ist - "present-at hand" (Heidegger); vgl. Turing: Manipulation des un/endlichen Bandes (*tape*), lesen / schreiben
- Differenz zwischen durch humane Erinnerung hervorgerufene Empfindung und den gegenwärtigen maschinellen Bewegungen; resultiert elektrotechnisch induzierter "Riß" in der Gegenwart (Trauma / *schizo-*)
- Samuel Beckett, Das letzte Band. La dernière bande. *Krapp's Last Tape*, Frankfurt / M. (Suhrkamp) 1974
- Joachim Becker, Nicht-Ich-Identität. Ästhetische Subjektivität in Samuel Becketts Arbeiten für Theater, Radio, Film und Fernsehen, Tübingen (Niemeyer)

1998

- Samuel Beckett, Proust. Essay, Zürich/Hamburg (Arche) 2001.
- Mit der Tonbandaufnahme wird "latente" Erinnerung (Freud) der (Im-)Materialität des Magnetismus anvertraut; Henri Bergson, Materie und Gedächtnis. Eine Abhandlung über die Beziehung zwischen Körper und Geist, Hamburg (Meiner) 1991
- Martin Esslin, Samuel Beckett und die Kunst des Rundfunks, in: Engelhardt, Hartmut (Hg.), Samuel Beckett, Frankfurt / M. 1984
- Michael Gassenmeier, Krapp's Last Tape, in: Klaus-Dieter Fehse et. al. (Hg.), Das zeitgenössische englische Drama, Frankfurt am Main (Athenäum Fischer Taschenbuch) 1975, 101-123
- Ruby Cohn, Beckett Directs: "Endgame" and "Krapp's Last Tape", in: Gontarski, S. E.: On Beckett. Essays and Criticism, New York (Grove Press) 1986, 291-307
- Edmund Husserls *Phänomenologie des inneren Zeitbewußtseins* gerät außer sich: nicht mehr exklusiv kognitive Zeitoperation, sondern Pro- und Retention wird technisch operativ in der Rück- und Vorspultaste des Magnetophons
- Wolf Kittler, Digitale und analoge Speicher. Zum Begriff der Memoria in der Literatur des 20. Jahrhunderts, in: Anselm Haverkamp / Renate Lachmann (Hg.), Raum - Bild - Schrift. Studien zur Mnemotechnik, Frankfurt am Main (Suhrkamp) 1991, 387-404
- James Knowlson, Krapp's Last Tape. The Evolution of a Play. 1958-75, in: Journal of Beckett Studies 1.1 (Winter 1976)
- James Knowlson, The Theatrical Notebooks of Samuel Beckett, Vol. III: Krapp's Last Tape, London 1980
- Michael Lommel, Synästhesie der Erinnerung: Becketts *Krapp's Last Tape*, in: Franziska Sick / Beate Ochsner (Hg.), Medium und Gedächtnis. Von der Überbietung der Grenze(n), Frankfurt/M. (Peter Lang) 2004, 255-264
- Michael Lommel / Jürgen Schäfer, Vom Band zum Netz - Gedächtnismedien, in: Navigationen. Siegener Beiträge zur Medien- und Kulturwissenschaft 2, 2002, 45-58
- Rudolf Lothar, Die Sprechmaschine. Ein technisch-aesthetischer Versuch, xxx; Platons Dialog *Phaidros*
- McLuhan, Marshall/Fiore, Quentin: The Medium is the Massage, London u. a. 1967
- Elmar Schenkel, Liebe und Tod im viktorianischen Internet. Es könnte ja sein, dass Maine und Texas sich nichts Besonderes mitzuteilen haben: Wechselbeziehungen zwischen Literatur und Telegraphie, in:

Frankfurter Allgemeine Zeitung, Nr. 109, 1. Mai 2000

- Carl Wiemer, Im Rauschen des Realen. 'La dernière bande' - Becketts medientechnologische Antwort auf Prousts 'Recherche', in: Romanistische Zeitschrift für Literaturgeschichte, 25. Jg, H. 1/2, 20

- Tonband: An die Stelle der mechanischen Bahnung in der Phonographie tritt magnetische Latenz. Physikalische Sprachsignale, also Funktionen der Zeit, werden hier induktiv in räumliche Speicherung auf Band transformiert. Erst die Bewegung dieses Speichers (das unterscheidet ihn vom klassischen Archivs) vermag dieser Lokalisation wieder Signale als Funktion der Zeit (und der Bandgeschwindigkeit) zu entlocken.<sup>11</sup> Der technologische Akt der Anamnese ist hier ein dynamischer, im Unterschied zur statischen Fixierung von Notizen in Krapps Inventar. Erinnerung spielt sich nicht in einer räumlichen Topik, sondern technozeitlichen Dynamik ab, näher am neuronalen Gedächtnisapparat des Menschen, als es je eine Kulturtechnik der Schrift vermochte.

- war der Fernseher zur Verfassungszeit des Einakters in Privatstuben noch nicht ubiquitär. Hätte Beckett Jahrzehnte später, in der Epoche früher Videoheimrecorder, das Stück (wie in einer Neuinszenierung in der Schinkel-Kirche von Schloß Neuhardenberg<sup>12</sup>) mit Videocassetten statt Tonbandspulen inszeniert; medienarchäologische List der Geschichte aber liegt darin, daß die Videoaufzeichnung technisch selbst eine Ausgeburt der Tonbandtechnik ist. Und in der medienwissenden Erdung einer von Jacques Lacan entwickelten Begriffs-Trias gehört die phonographische Aufzeichnung der Stimme dem indexikalisch Realen, die schriftliche Aufzeichnung im Inventar dem Symbolischen und die bildhafte Projektion dem Imaginären an - so die zentrale These von Friedrich Kittler, Grammophon - Film - Typewriter, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986. Die Ordnung des Archivs, die von technischen Medien induzierte Temporalität der Signale und der Schauplatz der Imagination gehören strikt verschiedenen (Zeit-)Regimen an

- "historische" Zeit ein Hybrid aus entropischer und symbolischer Zeit, die im archivischen Register am Werk ist, mit dem Krapp seine Tonbandspulen alphanumerisch - als Mischung aus Datierung und Kommentar - verwaltet und wiederfindet. Genuin medieninduzierte Zeit hingegen ist eine Kopplung aus entropischer und technisch realer Zeit für die Epoche analoger AV-Medien; so kann Krapp von Band seinem *alter ego* ganz entsprechend Jacques Lacans Diangose des frühkindlichen "Spiegelstadiums", nur unter umgekehrten Zeit- und synästhetischen Vorzeichen, lauschen.

## **Bandecho**

- Tonbandstimme nicht länger Ausdruck von Innerlichkeit (Hegel); vgl. Konzertsaalstimme. Stockhausens *Gesang der Jünglinge* technisch avanciert bearbeitet, aber als traditionelle Konzertsaalstimme aufgenommen. Resonanz zwischen bestimmter Tonband- und Stimmtechnik; "Laute" = Artikulation, nicht

---

<sup>11</sup> Siehe Horst Völz, Handbuch der Speicherung von Information, Bd. 3, Aachen (Shaker) 2007

<sup>12</sup> Eine Produktion der Stiftung Schloss Neuhardenberg (Premiere 1. Juni 2007), mit Josef Bierbichler, unter der Regie von B. K. Tragelehn

## Stimme

- Intervall zwischen Aufnahme und Wiedergabe mit Tonband schrumpft immer weiter zusammen (vom Speicher- zum Übertragungsmedium); zeitkritische Ebene darüber: Zeitzeonen-Problem in Radiotechnik USA
- Band-, nicht Schallgeschwindigkeit. Schon im Moment der Aufnahme greift Tonband in die Stimme ein; Tonband macht Zeitlichkeit im Millisekundenbereich medientechnisch verfügbar; ebenso im Computer: Zuse 22 Magnettrommelspeicher
- Haas-Effekt erst durch Tonband handhabbar: Echo wird (von Menschenohren) an Stelle der Klangquelle geortet; Göttingen: auch Billing, Entwicklung Magnetrommelspeicher. Haas-Effekt: Tonband als "buchhalterisches" Präzisionsmeßgerät (Deutschland, Göttingen) versus slapback-Echo (USA Memphis, Tennessee) als Feedback (Zeitfenster muß nicht präzise sein)
- Echo/Delay/Hall/Reverb: räumlicher Klang bei Liveauftritten in Hallen resultiert bei Gitarristen im Wunsch nach einem transportablem Hall bzw. Echo; röhrengetriebenes Bandecho, Hallspirale, Delay (analog, digital); zunächst in Studios Hall- und Echoräume (leerer Raum mit stark reflektierenden Wänden; an einem Ende ein Lautsprecher, am anderen Ende ein Mikrofon), um Delays aufzunehmen

## Das Magnettonband quer zu den Mediengattungen

- TWENTIETH-CENTURY MUSIC, Special Issue: "TAPE", Vol. 14, No. 1, February 2017. Edited by Peter McMurray and Andrea F. Bohlman, einleitend: "Tape: Or, Rewinding the Phonographic Regime. "Editorial" Bohlmann / McMurray: *tape* nicht nur als Spezialgattung der Mediengeschichte thematisiert, auch als "non-human agency" einer anderen, nicht-historisierenden Zeit, als technologische Zeitfigur; das Spiel mit dem Begriff des "rewind" eine geschichtsphilosophische Herausforderung, im Sinne der Entdeckung einer *anderen* Zeitlichkeit technischer Medien (die sich der Suprematie des historiographischen Diskurses teilweise entzieht, "escaping history"); Akzent auf medienepistemologischem Bruch (im Sinne von Bachelard und Foucault), der sich zwischen phonographischer Inskription und magnetischer Latenz des Tonbands ereignet; Magnetband wird nicht einer diskursiven Medienkulturanalyse unterworfen, sondern techniknah ("bandnah") analysiert, von dort induktiv medienkulturelle Thesen abgeleitet
- "Media Arts Preservation Symposium" am Ludwig-Museum for Contemporary Art in Budapest
- frühe Installation von Peter Weibel *ichmasse*, auf einer Tonbandschleife basierend und das Wort "Ich" repetierend. Kuratoren am ZKM in Karlsruhe haben darauf insistiert, daß solch ein frühes Medienkunstwerk auf Originalmaterie präsentiert werden muß, und nicht etwa als digitalisierte Audio-Datei; konzentrieren sich die Kunstmuseen auf Video-tapes und vernachlässigen die Audiokunst - komplementär dazu, wie Themenheft der TCM umgekehrt die Video-Seite weitgehend ausblendet. Aus medienarchäologischer

Sicht: Magnetband neutral gegenüber der kulturellen Frage, ob es auditiv, visuell oder zur Datenaufzeichnung verwendet wird - weshalb das Magnetband im Medienarchäologischen Fundus "quer" zu allen Mediengattungen plaziert ist.

- *affordance* von Magnettonbandstechnologie die Unabhängigkeit; Trennung respektive Indifferenz zwischen Träger und Signal; offen für alle möglichen, auch unmusikalischen und unsprachlichen Arten von Schallsignalen (Argument Peter McMurray, April 2017)

## **Magnetbänder als Agenten und als Gedächtnis der Darmstädter Ferienkurse**

- Internationales Musikinstitut Darmstadt (IMD) hat alte Tonbänder bearbeitet, um sie vor dem Verfall zu retten, in Zusammenarbeit mit Deutschem Rundfunkarchiv Frankfurt und Potsdam etwa 4000 Mitschnitte aus den Jahren 1948 bis 1978 enthaltenden Magnetbänder jetzt zur "Langzeitsicherung des Schallarchivs" digitalisiert; überwiegend Konzerte und Vorträge der "Internationalen Ferienkurse für Neue Musik" speichernden Bänder "so marode gewesen, daß man sie kaum mehr habe abspielen können. Nach der technischen Bearbeitung konnten die Aufnahmen jedoch wieder der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden", *open access* also nicht rein medienpolitisch, sondern konkret medienarchäologische Herausforderung. "Ferienkurse" seit 1948 in Darmstadt veranstaltet; u. a. Redebeiträge von Adorno und Stockhausen "wiederaufbereitet" und (gesampelt) in Datenbank eingespeist, "deren Nutzer per Computer auf die gespeicherten Informationen zugreifen können" = Musikinstitut rettet alte Tonbänder, Meldung in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 19.12.2000, Nr. 295, 67; Vervielfältigungs- und Nutzungsrechte mancher Konzerte noch ungeklärt, vorerst nur in den Institutsräumen recherchieren vor Ort = Archivnutzung i. U. zur *online*-Bibliothek. IMD-Direktor Solf Schäfer: geplant, Daten über das Internet zugänglich machen

## **Tonband-Thesen**

- "Die »Steinzeit« des Rundfunks mit krächzenden Wachsplatten zur Aufzeichnung und Wiedergabe ebensolcher Vorträge war kurz. In den 1930er Jahren wurde ein beschichteter Plastikstreifen zum dominierenden Speichermedium für Stimmen, Musik und Geräusche. Aber <...> mit Beginn des digitalen Zeitalters, verschwanden nach und nach Hunderttausende Kilometer Magnetband samt ungezählter Reportagen, Hörspiele, Features und Musikaufnahmen in den Archiven - viele auf Nimmerwiederhören. Ein Nachruf ist fällig. <...> Archivare und Technikerinnen, Toningenieure, Regisseure, prominente Autorinnen und Autoren aus dem östlichen und westlichen Nachkriegs-Deutschland steigen mit dem Autor in die Magazine akustischer Reichtümer - in das radiophone Gedächtnis der Welt" = Ankündigung Sendung *Das Radio als Welterzähler. Ein Nachruf auf die Magnetbandzeit* von Helmut Kopetzky, DLF/SR. SR 2 KulturRadio, 21.11.2009

- Medienarchäologie konkret: Materialität des Tonbands, Restmagnetismus. "Wenn man sich ein Tonband als eine Aneinanderreihung von winzigen

Magneten vorstellt, wird klar, dass diese Magnete in der Spule des Hörkopfes Induktionen hervorrufen. Aber gleichzeitig verursachen die Magnetfelder auf dem Tonträger Magnetisierungen an den Bauteilen des Bandpfades wie Umlenkhebel oder den Köpfen selbst. Auch die Köpfe können durch sehr starke Induktionsspitzen (Schaltknacke o. ä.) magnetisch werden. Der Restmagnetismus an Bauteilen kann seinerseits wieder Gleichfeldremanenzen auf dem Tonträger hinterlassen. Dadurch werden die Aufnahmen auf dem Band natürlich angelöscht und dahingehend beschädigt, das ein störendes Rauschen entsteht."<sup>13</sup>

- Zeitachsenmanipulation (als Korrelat zur mechanischen Puppe); im ehemaligen Internationalen Artistenmuseum (Klosterfelde): Originaltonband ("Spezialanfertigung") für die Gegenkontrolle der weltweit einzigen Katja Nick, die Sprache vor- und rückwärts sprechen und singen kann (präsent durch ihr Kleid auf einer Schaufensterpuppe). Mimesis des Menschen an die Maschine (reverse Turing-Maschine)

- magnetophone *Verstimmung*: Magnettonband speichert menschliche Stimme anders, als sie dem Mensch im Gedächtnis sind; laufen dort nicht als Körperschall durch den Kehlkopf und Stimmapparat, sondern durch Mikrofon und Lautsprecher

- magnetische Remanenz: Kehrwert von Strom (als induzierter), gespeichert in magnetischer Remanenz; diese Remanenz korreliert physikalisch (technisch) mit der potentiellen Aktualität von Dokumenten im Archiv, ein dilatatorischer Latenzzustand im Zeitkanal

## MAGNETTONDRAHT

### **Medienarchäologische Urszene des Magnettondrahts: die elektromagnetisierte Spule**

- 1888, zehn Jahre nach Thomas A. Edisons Erfindung des Phonographen, einerseits Weiterentwicklung zur Optimierung der Klangschrift durch Emile Berliner's Grammophon; andererseits Eskalation oder vielmehr: medienepistemologischer Bruch zwischen mechanischer Schallaufzeichnung (Logik der Schrift) und elektromagnetischem Feld als "hoch"technischem Medium

- Urszene eine Experimentalanordnung: Oested entdeckt, daß durch ein unter Strom gesetzter Draht eine entfernte Magnetnadel (berührungslos) ablenkt. Das National Museum of Science and Technology in Denmark verfügt über die Kompassnadel, die H. C. Orsted den Elektromagnetismus 1820 anzeigt

- definiert Michael Faraday um 1830 die elektromagnetische Induktion: Die Bewegung eines Magneten bzw. die Dynamisierung eines magnetischen Feldes induziert Strom in einer drahtumwickelten Spule (das Prinzip des Dynamos). Nichts Anderes ist am Werk im Drahttongerät, der den Draht der Spule sozusagen entfesselt, abspult und dann abspielt - wengleich nicht in seiner

---

<sup>13</sup> [http://www.rheinbergnetz.de/home/Tonbaender/Bandkopf\\_14.htm](http://www.rheinbergnetz.de/home/Tonbaender/Bandkopf_14.htm), Zugriff 28-4-08

primären Funktion als Energiefluß, sondern als nicht-natürliches (im Unterschied zum Luftschalldruck) Vehikel musikalischer Modulation von Schwingungen. Aus Elektrizität wird Ton

- 1970er Jahre entdeckt Alvin Lucier diesen Effekt (lange vor Paul de Marinis) neu, indem er eine magnetisierten Draht als lange Schlaufe in einem Raum entlang von Ringkernen laufen läßt. Was sich hier abspult, tut sich als Geräusch (respektive Klang) kund; Videofilm *Soundings* zur gleichnamigen Ausstellung des Neuberger Museums, 1981 (kuratiert von Suzanne Delehanty. Video und Künstlerinterviews: Kit Fitzgerald / John Sanbom)

- elektro-magnetisch *induktive* Prüfung der Festigkeit des Stahlseils bei Standseilbahnen (Beispiel Wurzeralm, unterhalb des Wurzerkampl, Spital am Pyrh, Österreich), nach dem Prinzip Tondraht

### **Der Barkhausen-Effekt**

- Defekt archaischer Tonbandtechnik gegenüber der (elektro-)mechanischen Schallplatte: die Magnetophone basieren auf Gleichstrom-Vormagnetisierung und -löschung, die in einem Grundgeräusch resultieren, das die Dynamik limitiert; nicht alle ferromagnetischen Partikeln wurden dabei völlig gleichmäßig (statistisch gleichverteilt) ummagnetisiert. "Da wurde plötzlich durch Zufall eine wesentliche Verbesserung entdeckt" <Sutaner 1954: 151>, und zwar als interner, röhrenbasierter (Oszillator-) Radio-Effekt im Versuchslabor der Reichsrundfunkgesellschaft: "Ein Rundfunkverstärker war durch einen Fehler ins Schwingen gekommen und gab eine sehr hohe Tonfrequenz ab. Er diente als Aufsprechverstärker für ein K4-Magnetophon, das auf / einmal mit wesentlich weniger Grundgeräusch arbeitete." Von Braumühl und Weber untersuchten das Phänomen (denn ihre Wahrnehmung war auf dieses Problem *getunt*, also buchstäblich "abgestimmt" - Wissensfortschritt durch Zufall muß immer auf einen Resonanzboden fallen, um nicht zu verpuffen) - in einer Fußnote hier definiert: "Phänomen (grch.) = seltene oder schwer erklärbare Naturerscheinung". Braumühl-Weber-Patent; beim Konstruieren von Verstärkern "passierte nun der sogenannte 'Zufall', daß der Verstärker plötzlich - sowas tun Verstärker manchmal - in Rückkopplungsschwingungen geriet, das heißt als Generator, als Sender wirkte, und dem Kopf des Magnetbandgerätes nun eine hohe Frequenz zuführte. Man merkte unverzüglich, daß das auf Band sonst immer vorhandene Störgeräusch bei der Wiedergabe nun verschwunden war"<sup>14</sup>; vgl. (nicht ganz, weil epistemologisch sensibilisiert) "Zufall" der Entdeckung der magnetischen Fernwirkung eines stromdurchschlossenen Leiters durch Oersted

- Hochfrequenz als Lösch- und Vormagnetisierungsspannung setzt das genannte Grundrauschen um ca. 30 db ab - ein Quantensprung in der Qualität: "Das bedeutet im Betrieb ein Spannungsverhältnis Pianissimo zu Fortissimo von 1:1000, was von keinem anderen bisher bekannten Schallaufzeichnungs- und Weidergabegerät jemals erreicht wurde" <Sutaner 1954: 152>; veranstaltete die AEG 1941 im Berliner Ufa-Palast am Zoo die Großeinspielung einer Aufnahme des vierten Satzes der 1. Symphonie von Brahms, gespielt von den

---

14 Zitiert nach: Bruch in Funkschau 25/1982, 60

## Berliner Philharmonikern unter Wilhelm Furtwängler

- Webster Wire Recorder schließlich basiert auf Elektronenröhren selbst; entsprechend der Definition von Elektronik, welche erst mit der Steuerbarkeit von freiem Elektronenflug im Vakuum (also der Elektronenröhre) beginnt, nennt sich eine Variante des Webster Wire Recorder (der "18-X") ausdrücklich "Electronic Memory", nicht schlicht ein "elektrisches" Gedächtnis.

Barkhausen setzt selbst einen (in)direkten Bezug zum Drahtton: "Nicht recht erklärlich ist eine Erscheinung, die bei einem Streifen aus papierdünnem, ganz weichem Eisenblech auftrat. <...> Beim Drehen in ganz geringem Abstände war das Geräusch merkwürdigerweise ganz schwach <...>. Eine genauere Untersuchung wäre, auch im Hinblick auf die praktische Anwendung, beim Magnetdetektor von Marconi und beim Telegraphon von Poulsen erwünscht" = ebd., 402

- Anschluß an Telegraphie und Telephonie, der auch die Namensgebung der Apparatur von Poulsen (Telegraphon, Telephonograph) erklärt, elektromagnetisch konkret: "Wenn bei einer gewöhnlichen Fernsprechschtaltung in das Mikrofon gesprochen wird, so werden <...> durch die entstehenden Stromschwankungen in der sekundären Sule der Induktionsrolle Wechselströme induziert, die den Elektromagneten des Telephons beständig ummagnetisieren oder vorhandenen Magnetismus beständig verstärken und schwächen, so daß die davor befindliche Eisenplatte in schwingende Bewegung versetzt wird und analoge Schallwellen erzeugt. Bei dem Telegraphon ist das Telephon durhc einen kleienn elektromagneten ersetzt, zwischen dessen Polen ein Stahlband hindurchgezogen wird. Dieser wird quer zu seiner Längsrichtugn so magnetisiert, daß die Dichte unddie Richtung der Kraftlinien sich genau entsprechend dem Strome im Elektromagneten ändert. <...> Versuche haben gezeigt, daß es vorteilhafter ist, wenn man den Schreibe elektromagneten nicht von Wechselstrom, sondern von pulsierendem Gleichstrom durchfließen läßt" = Alfred Holzt, Die Schule des Elektrotechnikers, Bd. 4, Leipzig (Schäfer) o.J., 643. Inwieweit kon- und divergieren hier das Wesen des Schalls (Schwingungen) und das des (Wechsel-)Stroms selbst, so daß also die Energie des Stroms selbst zum Träger des Schall- und Bildereignisses (im Falle von Fernsehen: 50 Halbbilder, analog zu 50 Hz des Wechselstroms) wird?

- infolge von Experimenten mit Elektroakustik zur Detektion feindlicher Schiffe an der Hafeneinfahrt von Kiel im Ersten Weltkrieg entdeckt Heinrich Barkhausen den später nach ihm benannten Effekt (der Wellen bis hin zum Nobelpreis für Physik, nämlich die Computerfestplatte Version Grünberg), 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."<sup>15</sup>

- vergleicht Barkhausen dieses akustische Phänomen mit anderen Formen akustischen Wissens, das sich mithilfe des Vakuumröhren-Verstärkers eröffnete,

---

<sup>15</sup>Heinrich Barkhausen, Zwei mit Hilfe der neuen Verstärker entdeckte Erscheinungen, in: Physikalische Zeitschrift Bd. XX (1919), 401-403 (401)

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

### **Die originäre Alternative zum Phonographen (Oberlin Smith)**

- magnetisierter Stahldraht, der an einem spitzen Elektromagneten vorbeigleitet und damit im Rhythmus der Sprach- und Musikschwingungen magnetisiert wird = Definition und Skizze in Rhein 1935: 201, nicht schlicht ein Phonograph mit anderen Mitteln. "Einmal magnetisiert, *behält* der Stahldraht diese Eigenschaft. So kann man ihn Jahre und Jahrzehnte aufbewahren und mit ihm - genau wie mit einer Schallplatte - Musik und Sprache konservieren" <Rhein 1935: 201>. Technikgeschichten vernachlässigen die epistemologische Differenz, wie sie an der wesentlich anderen Gedächtnisform manifest wird, die im Falle von Elektromagnetismus Latenz (und Feld) bedeutet, während sie für den Phonographen materielle, lineare Einschreibung ist.

- schaut klassische Technikgeschichte zurück, wie auch Oberlin Smith gegenüber Edisons phonographischen Defekt selbst argumentierte: "Man kann nun solchen Draht beliebig oft spielen. Er nutzt sich nicht ab. Und auch das, was er als Konserve in sich trägt, bleibt ungeschwächt und unverändert. Sehr im Gegensatz zur Platte und zum Tonfilmstreifen" = Rhein 1935: 202

- kommt Entropie ins Spiel, und schon spaltet sich die Wahrnehmung in eine physiologisch relevante und eine semantisch-kulturell relevante: "Platte und Tonfilmstreifen werden schließlich wertlos. Sei es, weil sie abgenutzt, abgespielt sind, sei es, weil ihr Inhalt seinen Reiz verloren hat. Der Stahldraht 'veraltet' nicht. Wenn man den von ihm konservierten Schall-Inhalt nicht mehr braucht, dann kann man den Draht sofort für eine neue Aufnahme freimachen; man braucht ihn nur an einem gewöhnlichen Stahlmagneten vorbeizuziehen. Der löscht im Augenblick die alte Aufnahme.

- während sich Wachswalze abnutzt, ist das Erstaunliche an der magnetophonen Reproduktion des Klangereignisses, daß der remanente Magnetismus auch durch beliebige Wiederholung nicht geschwächt wird - geradezu negentropisch <siehe Holz o. J.: 644>. Die Energie stammt hier vielmehr aus der Bewegung des Bands selbst

- geschieht fast zeitgleich ca. 1888 (und verlangt nach einer Darstellung, die ebenso den historischen Index berücksichtigt, der fast zeitgleich ähnliche Forschungen als Funktion von in der Luft liegenden Diskursen zeitigt, und ebenso die Invarianz der Elektrophysik, der sich nur bestimmte Effekte

abtrotzen lassen, und die mit darüber entscheiden - nicht nur das Soziale (Jonathan Sterne) -, was realisierbar ist, welche Alternativen:

- Emile Berliner applies for a patent on the flat phonograph disc.
- Thomas Edison and William Dickson make a sound "motion picture" with a phonograph synchronized with a Kinetoscope.
- Heinrich Hertz detects and produces radio waves.
- Oberlin Smith describes a magnetic sound recording system; Abb. Skizze Oberlin Smith 1888, in: Hagen Pfau (Verf.) und Steffen Lieberwirth (Hg.), Mitteldeutscher Rundfunk, Altenburg 2000, Artikel: Das "HF-Magnetophon" - so gut wie live, 183

- befaßt sich Oberlin Smith bereits ein Jahr nach Edisons Erfindung des Phonographen, 1878, mit "einigen möglichen Verbesserungen" dieses Geräts durch prinzipielle Umschaltung vom mechanisch-physikalischen auf das elektromagnetische Paradigma. Und obgleich hier aus medienarchäologischer Sicht ein dramatischer Bruch zwischen mechanischer Gravur (Einschrift, *graphie*) und elektromagnetischem Feld stattfindet, hinkt der Diskurs mit seinen konservativen (Schrift-)Begriffen hinterher: So hat "die magnetische Schrift vor der gewöhnlichen Phonographenschrift die Vorteile, daß sie durch den Gebrauch, d. h. durch die Wiedergabe nicht schwächer wird, sich nicht verändert und so an Stelle des Abschleifens <= Edisonzylinder> es nur notwendig ist, ein Überfahren der magnetischen Schrift mit einem Magnet auszuführen"<sup>16</sup>. Der elektronische Effekt ist mag(net)isch - um hier auf McLuhan (*Die magischen Kanäle*) anzuspielden

- Rede ist hier noch von "Schrift" - ganz so, wie Frankreich vom Magnetton als *écriture magnétique* weiß. Wie seit den Zeiten der Kulturtechnik Vokalalphabet steht hier "Schrift" für die Aufdauerstellung dessen, was das Flüchtigste an menschlicher Kultur war - artikulierter Schall (ob Sprache, ob homerischer Gesang). "Das Flüchtige des Telefongesprächs" werde durch Poulsens Telegraphon buchstäblich "aufgehoben".<sup>17</sup> Akzentuiert Levin, "daß es hier um die Mnemotechnik des (telefonischen) Schalls geht" <290>. War das Telephon noch genuin nach dem menschlichen Ohr modelliert (Philipp Reis, Alexander Graham Bell), wird es zum Zweck des Gedächtnisses wieder der Schrift (und damit, McLuhan zufolge, dem abendländischen Primat des Visuellen in Alphabetschrift und Typographie) unterworfen

- elektromagnetische Speicher zunächst eine Fortschreibung des Phonographen, eröffnen aber (eher gefunden als erfunden) ein neues medienepistemologisches Feld. 1888 veröffentlicht der Maschinenbauer Oberlin Smith in *The Electrical World* seinen Aufsatz "Über einige mögliche Formen des Phonographen" als Fortschreibung von Edisons mechanischem Schallaufzeichnungsverfahren: "Ein Elektromagnet soll einen magnetisierbaren Tonträger, z. B. einen Seidenfaden mit eingewebten Stahldrahtstücken, im Rhythmus der von einer Membrane aufgefangene und in elektrische Ströme umgewandelten Schallwellen magnetisieren. Bei der Wiedergabe sollen dann

---

16 xxx, Das Telegraphon in praktischer Ausführung, in: Phonographische Zeitschrift 4, Heft 4 (1903), 47; hier zitiert nach Levin 1999: 289

17xxx, Das Telegraphon in praktischer Ausführung, in: Phonographische Zeitschrift 4, Heft 4 (1903), 47; hier zitiert nach Levin 1999: 289

umgekehrt die magnetischen Impulse elektrische Ströme erzeugen und diese wiederum eine Lautsprechermembrane in Schwingungen versetzen."<sup>18</sup>

- Oberlin Smith, description of magnetic recording, in: *Electrical World*, Sep. 8, 1888, based on his visit to Edison's lab in 1878, using an electromagnet with a string covered with iron filings. He may have built a working model but no device has survived = Internet, Suchbegriff "Magnetic Recording History"

Nachdem Thomas A. Edison 1878 den Phonographen mit Tiefschrift und Emil Berliner 1887 die Schallplatte mit Seitenschrift erfunden haben, macht der Brite Oberlin Smith 1888 den Vorschlag, Telephoniesignale magnetisch aufzuzeichnen

- Originalskizze Oberlin Smith (1840-1926), in: *Electrcial World*, 8. September 1888: The spoken words are transformed by the telephone A into an electrical sound signal and are recorded in the form of magnetization patterns on the sound carrier C, passing through the recording head B. F = battery, E = take up reel, D = supply reel, J = reel brake"; dazu Heinz Ritter, 1988

### **Magnetic Recording History (Poulsens *Telegraphon*)**

- Patentschrift Poulsen: "Auf einem Brett ist ein Stahldraht (Klaviersaite) AB gespannt <...>. Der kleine Elektromagnet E kann auf dem Draht AB hingleiten und <...> umfaßt der eine Pol, P, desselben diesen Draht. <...> Es wird vorausgesetzt, daß AB magnetisch rein ist oder doch in solcher Weise magnetisiert, daß bei der Bewegung von E auf dem Drahte AB in E keinerlei Ströme inducirt werden. E wird <...> mit einem Mikrophon nebst dazugehöriger Batterie verbunden. Wenn nunmehr, während E mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 m auf AB hingleitet, in das Mikrophon hineingesprochen wird, werden die durch das Gespräch erzeugten Ströme in der von P ausgehenden magnetisierenden Kraft denen entsprechende <"analog"> Variationen hervorrufen und zwar so, daß die verschiedenen Teile / von AB mit verschiedenre Kraft megnetisirt werden. Nachher wird E anstatt mit der Sprechleitung mit einem Telephon verbunden und in ganz derselben Weise wie vorher auf dem Draht AB hingeführt; das Telephon wird dann wiederholen, was fürher in das Mikrophon hineingesprochen wordenist. Es ist somit infolge der großen Coercitivkraft des Stahles eine Art von magnetischer Wellenschrift in AB zurückgeblieben, eine dem Gespräch entsprechende <"analoge"> sinusoidale Permanenz. Bei der Wiedergabe des Gepräches wirkt das System AB-E wie eine elektromagnetische maschine, deren Wechselströme im Telephon in Schall umgewandelt werden. Wird E mit einer Batterie verbunden und von A bis nach B geführt, so wird, unter dem Einfluß der im Verhältnis zur Intensität der Schallschrift starken constanten Magnetisierung, die Schallschrift ausgewischt" = zitiert nach Hans Sutaner, Schallplatte und Tonband, Leipzig (Fachbuchverlag) 1954, 147 f. Hier greift Poulsen in seiner Beschreibung noch auf die Schriftmetaphern des Phonographen zurück - der denotative *lag* kultureller Semantik. Unter der Hand aber vollzieht das Medium einen Vorgang, der eher der Sprache der Maxwellschen Gleichungen zur Beschreibung des (so Faradays Neologismus) elektromagnetischen "Feldes" angehört - jener dynamische Zeit/Raum, in dem elektromagnetische Kräfte wirken. Das Feld aber ist die stochastische Alternative zur Schrift und keine Kulturtechnik mehr, sondern eine domestizierte (Elektro-)Physik.

- entdeckt Valdemar Poulsen 1894 das magnetische Tonaufzeichnungsprinzip während seiner Tätigkeit als Ingenieur in der Kopenhagener

---

<sup>18</sup> Zitiert nach: Friedrich Naumann, Vom Akakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik, Darmstadt (Primus) 2001, 127

Telegraphengesellschaft; etwas unsicher weiß der Name der neuen Apparatur noch nicht, ob er die Fortsetzung der Telegraphie mit anderen Mitteln oder ein neues Verfahren darstellt. Poulsens Begriff Telegraphon sei "ein merkwürdig erfundenes Wort; denn je nachdem man das 'on' als eine bedeutungslose Endsilbe ansieht oder als zu den vorstehenden Buchstaben 'ph' gehörig, <...> bedeutet es 'Fernschreiber' oder wörtlich übertragen 'Fernschreibtöner', somit einen Apparat zum Niederschreiben von aus der Ferne kommenden Tönen"<sup>19</sup> - *Telegraphon*. Gegenüber einem möglichen Begriff "Telephonograph" aber hat die aktuelle Bezeichnung den Vorteil, daß er eine vorschnelle Identifizierung mit dem vertrauten Phonographen vermeidet, denn: "Nichts wäre unrichtiger, als eine solche Annahme! Uebereinstimmend ist beiden einzig und allein das Fixieren von Tönen in Form einer eigenartigen Niederschrift, mit deren Hilfe Töne beliebig später reproduziert werden können" <ebd.> - also ein Zeitverlaufereignis (Tonschwingungen), das seinerseits invariant gegenüber der Verschiebung auf der historischen Zeitachse ist. Dennoch übersieht auch Foerster, daß hier zwei grundverschiedene Formen von Schrift vorliegen, oder besser: Erstmals eine Kulturtechnik der "Notation", die mit der Schrift ganz bricht

- patentiert Poulsen 1899 sein Telegraphon (Dänisches Patent Nr. 2653), und zwar ausdrücklich als Apparatur "zur magnetischen Speicherung von Sprache oder Signalen", zitiert hier nach: Thomas Y. Levin, Vor dem Piepton. Eine kleine Geschichte des Voice Mail, in: Wissensbilder. Strategien der Überlieferung, hg. v. Ulrich Raulff / Gary Smith, Berlin (Akademie) 1999, 279-317 (289). Hier schreibt sich, neben der manifesten anthropozentrischen Verwendungsabsicht (als eine Art früher automatischer Anrufbeantworter), unter der Hand das neue elektrotechnische Paradigma ein, die Signalverarbeitung. Aus medienarchäologischer und nachrichtentechnischer Sicht (Shannon 1948) geht es tatsächlich nicht um Semantik, sondern das schiere Gelingen der Signalübertragung. "Aus dem in Paris ausgestellten Apparat tönt eine bestimmte, ihm vor längerer Zeit anvertraute Mitteilung gleichgiltigen <sic> Inhalts mitvollendeter Schärfe und deutlichkeit hervor, obgleich sie bereits über 1200 Wiederholungen erfahren hat" <Foerster 1900: 399>: Invarianz gegenüber der Zeitachse (temporale Übersetzung), und semantische Indifferenz ("Gleichgültigkeit"). Erst der Signalbegriff befreit die Wahrnehmung von der schriftinduzierten Fixierung auf Semantik.

- baut Poulsen ab 1896 erste funktionsfähige Magnetongeräte. Als Tonträger verwendete er auf Spulen gewickeltes Stahlband, Stahldraht, gar beschichtete Stahlplatten (womit er die Grundfunktionen der Festplatte in heutigen Computern um 80 Jahre vorwegnahm); zu Poulsens Stahlscheiben-Version siehe Holz o. J.: 644; durch ein Uhrwerk in Drehung versetzt. Während der Drehung der Scheibe wird der Schreibe elektromagnet allmählich vom Rande nach der Mitte hin bewegt, wobei die Drehung mehr und mehr beschleunigt wird, so daß die Scheibe mit gleichförmiger Geschwindigkeit (etwa 1/2 m/Sek.) unter dem Elektromagneten fortbewegt wird <ebd.> - sonisch erfahrbare Differentialrechnung, mithin ein Differential, und zugleich ein spätes Echo auf Nicole von Oresmes unantiker Reflexion der "ungleichförmigen Bewegung" als

---

19 August Foerster, Das Telegraphon, in: Georg Malkowsky (Redaktion), Die Pariser Weltausstellung in Wort und Bild, Berlin (Kirchhoff) 1900, 398-400 (398)

## Beschleunigung

- erhält Poulsen auf Pariser Weltausstellung 1900 für sein "Telegraphon" mit 1,5 mm Stahldraht als Tonträger den Grand Prix; Abb. Poulsens "Stahldraht-Phonograph" in: Steffen Lieberwirth (Hg.), Mitteldeutscher Rundfunk, Altenburg 2000, Artikel: Das "HF-Magnetophon" - so gut wie live, 183; kann sich dieses Geräte in der Praxis aber durchsetzen, weil die Wiedergabe-Lautstärke stark verwaschen und viel zu gering im Vergleich zu Grammophon (Trichter); noch keine Verstärkeröhre

- National Museum of Science and Technology in Denmark holds the first wire recorder in the world, invented by Valdemar Poulsen in 1898

- Poulsen a telephone engineer at the Copenhagen Telephone Company in 1893 and began to experiment with magnetism to record telephone messages; frühe Drahttongeräte: Frequenzbereich hat Telephonqualität menschlicher Sprache, keine umfassendere (musikalische) Bandbreite

"6000 Hz sind das wenigste, was wir für eine einwandfreie Übertragung von Sprache und Musik benötigen" = Rhein 1935: 201

- *Stahltongerät LDG 1* der Firma Lorenz ermöglicht, Frequenzen zwischen 150 und 5000 Hz aufzunehmen und wiederzugeben: "Ein Gerät also, das nur für die einwandfreie Sprache zugeschnitten ist. Der Frequenzkurve nach müsste es aber auch mit diesem Gerät möglich sein, zumindest rhythmische Musik wiederzugeben"<sup>20</sup>; hier wird mit dem Graphen selbst (Frequenzkurve) argumentiert = Bork 1950: 457, Abb. 8

- sichert sich Poulsen 1899 U.S.-Patent 661.619 für einen "vertical wire-covered cylinder, and in 1900 demonstrated improved drum and horizontal wire cylinder models at the 1900 Paris Exhibition. While making these improved models, Poulsen and his partner Peder O. Pedersen discovered the application of a direct current to the recording head, called dc bias, improved the sound quality on a steel tape version of the Telegraphone. At the Paris fair, Poulsen recorded the voice of Emperor Franz Joseph, today preserved in the Danish Museum of Science and Technology as the oldest magnetic sound recording in existence"

- Poulsen stopped his work on magnetic recording and turned to radio after 1902, and only a small number of his machines were made in Denmark and Germany. The American Telegraphone Company acquired the patent rights in 1905 and made dictating machines, selling 50 to the Du Pont Company. However, the signal remained weak without amplification and the wire spools became twisted and were unreliable. The wax cylinder phonographs of the rival Ediphone and Dictaphone companies were cheaper and more reliable. By 1918, the company went into receivership and stopped manufacturing after 1924

- Tonträger an Valdemar Poulsens *Telegraphon* von 1898 ein zehn Meter langer, schraubenförmig auf einem Messingzylinder aufgewundener

---

20 Joern Bork, Die magnetische Schallaufzeichnung auf Draht, in: Funk-Technik Nr. 15 (1950), 456-458 (457)

"Klaviersaitendraht in unerwarteter Funktion", so beschrieben von Poulsen selbst in den *Annalen der Physik* Nr. 12 (1900), 754-760. Der Anfang klingt vertraut - Pythagoras' Monochord; Zeichnung reproduziert in Sutner 1954: 147, Bild. 109. "Auf einem Brett ist ein Stahldraht (Klaviersaite) AB gespannt <...>. Der kleine Elektromagnet E kann auf dem Draht AB hingeleiten" = zitiert in Sutner 1954: 147. Dieser Draht wird an einem elektromagnetischen Tonkopf vorbeigeführt und dabei im Rhythmus der akustischen Schallschwingungen magnetisiert. Basis dieser Operation ist Wechselspannung. Der Stahldraht "behält einen remanenten Magnetismus zurück, der es ermöglicht durch Abtastung mit dem gleichen Magneten die Aufzeichnungen wieder wahrnehmbar zu machen"<sup>21</sup>; an die Stelle von Festwertspeichern tritt damit die latente Zwischenspeicherung. Poulsens Patent lautet entsprechend *Verfahren zum Empfangen und zeitweisen <!/> Aufspeichern von Nachrichten, Signalen oder dergleichen*<sup>22</sup> - einer neuer Zustand des Speichers, aber noch nicht des Archivs (dazu wird der magnetische Speicher erst in Kopplung an seine digitale Berechenbarkeit, bzw. durch seine externe Inventarisierung).

- magnetisierter Stahldraht rückt ahnungslos in die Nähe jenes unendlichen Bandes, das Alan M. Turing 1936 für seine theoretische Rechenmaschine beschreibt.

- Schreibweise "*elektr(on)ische Speichermedien*": Poulsen-Magnetdraht gerade noch nicht elektronisch, sondern schlicht elektrisch (elektromagnetisch), da der Verstärker fehlt. Foerster aber führt den Begriff des "Relais" (Poulsen) und damit den Gedanken des Verstärkers ein

- Vorlauf zur Poulsenschen Magnetaufzeichnung telephonischer Ströme auf Draht: Charles Bouseul, *Transmission électrique de la parole*, in: *L'illustration*, Journal universel, Paris 1854, 139; Vorbild der elektrischen Telegraphie (Relais)

- Eichhorn 1912: Archetypischer und paradigmatischer Fall medienarchäologischer (d. h. technischer wie auch epistemologischer) Ekphrasis

- Unterschied zwischen mechanischer (Phonograph) und elektrischer respektive (mit Verstärker) elektronischer Tonaufzeichnung (Telegraphon).

- veröffentlicht Gustav Eichhorn 1912 seinen Text *Das Telegraphon*, in dem er über eine gleichnamige Maschine Valdemar Poulsens von 1898 referiert, mit der es möglich ist, Töne mittels elektromagnetischer Induktion aufzuzeichnen; er spricht von der „immateriellen Natur der Lautschrift“ in Anlehnung an Semons Begriff der Engramme.<sup>23</sup>

- Aby Warburgs Begriff der mnemischen Energie

---

21 K. A. Mittelstrass, *Magnetbänder und Magnetfilme. Grundlagen und Anwendungen*, Berlin (VEB Verlag Technik) 1965, 7

22 Zitiert nach: Friedrich Naumann, *Vom Akakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik*, Darmstadt (Primus) 2001, 128

23 Gustav Eichhorn, *Das Telegraphon*, in: Emil Abderhalten (Hg.), *Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung*, Bd. V, Wien 1912, 241-145 <hier zitiert nach Rieger 1998: 262>

- "Diese Lautschrift ist permanent; wie Herr Poulsen mir mitteilte, wurde bei einer Untersuchung nach 10.000 Reproduktionen noch keine Abschwächung konstatiert. Bedeutungsvoll ist auch die immaterielle Natur der Lautschrift, die nicht, wie beim gewöhnlichen Phonographen, der mechanischen Zerstörung ausgesetzt ist" = Gustav Eichhorn, Das Telegraphon, in: Emil Abderhalten (Hg.), Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung, V, Berlin / Wien 1912, 241-245 (241, Anm. 2) - was in Sachen Urheberrecht und Recht auf Privatkopie einen entscheidenden argumentativen Unterschied macht. Denn anstelle der invasiven Tonschrift bei Edison geschieht hier die Aufzeichnung durch das Vorbeiführen eines Strahldrahtes an einer elektromagnetischen Spule (aus dem Telephondraht als Übertragungskanal wird hier das Speichermedium im Zeitkanal; nicht mehr Signale werden durch die Leitung bewegt, sondern der Leiter entlang dem technischen Hörer). Dazwischen liegt der Spalt am Tonkopf. Bei Eichhorn heißt es (unter Bezug auf Richard Semons Werk *Die Mneme*) weiter: "So dürfte es naheliegen, die, durch direkte Beobachtung unwahrnehmbaren, aber nach Jahrzehnten noch zu reproduzierenden 'Engramme' des Poulschen Telegraphons zu der Mneme der lebendigen Substanz in Parallele zu setzen, bzw. in ihrem Wesen eine gemeinsame Beziehung zu vermuten" = Eichhorn 1912: 245. Es handelt sich hier um "die Virtualisierung eines Überlieferungsgeschehens, das ohne Berührung auskommt" = Stefan Rieger, Richard Semon und/oder Aby Warburg. Mneme und/oder Mnemosyne, in: Deutsche Vierteljahrsschrift für Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte, Sonderheft 1998 (Medien des Gedächtnisses, hrsg. v. Aleida Assmann / Manfred Weinberg / Martin Windisch), 245-263 (263)

- alternative Form der magnetischen Speicherung: Fritz Pfeumers mit Eisenpulverschicht versehenes Papierband, 1928 patentiert

### **Schrift versus Feld (Schallplatte / Tonband)**

- nennt Frankreich Magnettonaufzeichnung (noch) "écriture magnetique". Ist der Prozeß elektromagnetischer Tonaufzeichnung und -wiedergabe eine Fortsetzung der Kulturetechnik Schrift in neuem Gewand oder ein grundsätzlich anderer, genuin medientechnischer, aus dem Wesen der Elektrizität selbst geborenes Ereignis?

- sinnt Oberlin Smith kurz nach der Erfindung des Edinsonschen Phonographen nach einem Weg, den Defekt des Verschleißes von Tonzyklindern bei jedmaligem Abspielen zu vermeiden, und patentierte eine erste (theoretische) Version des Drahttongeräts

1898 gibt Valdemar Poulsen (medienhistorisch vertraut sein Lichtbogensender im Funkbetrieb) seine äquivalente Erfindung des Telegraphons bekannt - ein "Fernschreiber". Noch von der Tele-Phonie her gedacht, kann Poulsons selbstverfaßte Beschreibung in Band 3 Nr. 12 (1900) der *Annalen für Physik* (Seiten 754-760) nachgelesen werden. Das vertraute Dispositiv des Monochords als Meßinstrument (seit Pythagoras bis Mersenne) taucht hier in völlig anderer Funktion auf: "Auf einem Brett ist ein Stahldraht (Klaviersaite) AB gespannt <...>. Der kleine Elektromagnet E kann auf dem Draht AB hingleiten und <...> umfaßt der eine Pol, P, desselben diesen Draht. <...> Es wird

vorausgesetzt, daß AB magnetisch rein ist oder doch in solcher Weise magnetisiert, daß bei der Bewegung von E auf dem Drahte AB in E keinerlei Ströme induziert werden. E wird <...> mit einem Mikrophon nebst dazugehöriger Batterie verbunden. Wenn nunmehr, während E mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 m auf AB hingleitet, in das Mikrophon hineingesprochen wird, werden die durch das Gespräch erzeugten Ströme in der von P ausgehenden magnetisierenden Kraft denen entsprechende <"analog"> Variationen hervorrufen und zwar so, daß die verschiedenen Teile / von AB mit verschiedenre Kraft megnetisirt werden. Nachher wird E anstatt mit der Sprechleitung mit einem Telephon verbunden und in ganz derselben Weise wie vorher auf dem Draht AB hingeführt; das Telephon wird dann wiederholen, was fürher in das Mikrophon hineingesprochen wordenist. Es ist somit infolge der großen Coercitivkraft des Stahles eine Art von magnetischer Wellenschrift in AB zurückgeblieben, eine dem Gespräch entsprechende <"analoge"> sinusoidale Permanenz. Bei der Wiedergabe des Gepräches wirkt das System AB-E wie eine elektromagnetische maschine, deren Wechselströme im Telephon in Schall umgewandelt werden. Wird E mit einer Batteire verbudnen und voon A bis nach B geführt, so wird, unter dem Einfluß der im Verhältnis zur Intensität der Schallschrift starken constanten Magnetisierung, die Schallschrift ausgewischt" = Hans Sutaner, Schallplatte und Tonband, Leipzig (Fachbuchverlag) 1954, 147 f.

- greift Poulsen in seiner Beschreibung noch auf die Schriftmetaphern des Phonographen zurück - der denotative *lag* kultureller Semantik. Unter der Hand aber vollzieht das Medium einen Vorgang, der eher der Sprache der Maxwellschen Gleichungen zur Beschreibung des (so Faradays Neologismus) elektromagnetischen "Feldes" angehört - jener dynamische Zeit/Raum, in dem elektromagnetische Kräfte wirken. Das Feld aber ist die stochastische Alternative zur Schrift und keine Kulturtechnik mehr, sondern eine domestizierte (Elektro-)Physik

- dazwischen: das Oszilloskop / der *Oszillograph*? Werden seine Meßspitzen an die Lautsprecherausgänge gelegt, läßt sich Kurzwellenradioempfang sichtbar machen. Diese Momentbilder lassen sich mit Zeitschreibern (auf dem laufenden Band) sukzessive graphisch speichern; läßt sich diese Amplitudenschrift umgekehrt wieder in Ton verwandeln, und steht diese Schrift der Phonographie oder dem Magnetonband näher?

- kommt Fourieranalyse ins Spiel: "Meistens berührt man die Thematik dann, wenn man periodische Vorgänge finden oder untersuchen will, evtl. auch um Abweichungen von einem normalen Verlauf zu entdecken. Wenn man sich einen Kurvenverlauf über der Zeit vorstellt, dann kann man sich auch denken, daß man diese Kurve durch übereinanderlegen kleinerer Einzelkurven erhalten hätte. Nun stelle man sich vor, diese Einzelkurven wären auf Overheadfolien gezeichnet. Legt man alle Folien übereinander, so erhält man den normalen Verlauf über der Zeit, wie man ihn kennt und sieht, z.B. auf einem Plotter oder einem Oszilloskop (kleiner Einwand: ist natürlich nicht 100%tig korrekt, da man die Folien hintereinander sieht, aber eigentlich die Kurven addieren muß - die Idee zählt). Jetzt machen wir eine Fouriertransformation: wir schauen uns die Folien, so wie sie übereinander liegen, von der Seite an. Und benutzen die Nummer der Folie als Index auf der X-Achse" = [http://www.baeckmann.de/wavelet\\_fourier.html](http://www.baeckmann.de/wavelet_fourier.html); Zugriff: 19-10-06

- Léon Scotts Phonoautograph, die analytische Urform des Phonographen, hat den Zweck, Schalldruckschwankungen sichtbar zu machen, ablesbar zu machen; Abb. Helmholtz 1863

- deutlich wird, daß der Unterschied zwischen mechanischem Phonographen und elektromagnetischer Stimmaufzeichnung kein kategorialer, sondern ein transitiver ist; insofern erhält die scheinbar mißliche französische Beschreibung des Magnetophons (so passend genannt von AEG unter Umgehung der bisherigen Schriftorientierung in "Phonograph" und "Kinematograph") als "écriture magnétique" eine Rehabilitation.

### **Webster Wire Recorder**

- Durchmesser des Drahts fast durchgängig 0,1 mm; Ausnahme: ein Gerät der Wire Recording Co. of America (0,05 mm)

- Gerät Wire Way dieser Firma hat die Besonderheit, "daß es nicht nur möglich ist, eine Schallplatte direkt umzukopieren, sondern es läßt sich auch die Schallplatte oder wahlweise die Drahtaufnahme direkt auf jedes Rundfunkgerät drahtlos übertragen. Ein HF-Oszillator im Mittelwellenbereich <...> überbrückt kleine Entfernungen (Magnettonaggregat zum Rundfunkgerät) mühelos" = Bork 1950: 458

- Zufallsbefund am Webster Wire Recorder, daß aus seinem Lautsprecher (bei angeschaltetem Gerät) musikalische Töne entströmten, obgleich die Drahtspule stillstand: Der HR-Oszillator (die Elektronenröhre) sendete nicht, sondern empfand das benachbarte alte Röhrenradio, konkret: dessen UKW-Sender (oder aber die UKW-Wellen der Luft selbst). Womit noch einmal die medienepistemologische Verschränkung von Speichern und Übertragen, die gegenseitig nur Kehr- und Grenzwerte darstellen, akustisch manifest wird, als sonisches Wissen

- Exemplar Webster im NHK Broadcast Museum Tokyo: Magnetic Wire Sound Recorder, Aufschrift "Webster Chicago Electronic Memory" (1946)

- Schaltbild <http://www.webster-chicago.com>

- ertönt von der Spule auf Webster zuweilen ein Palimpsest; das, was durchklingt, ist die vorherige Aufnahme: erst Umorientierung von der Gleichstrommagnetisierung (die mir ihrer Stromsättigung die vorherigen Aufnahmen lediglich überdeckt) zur hochfrequenten Vormagnetisierung der Bänder befreit die Aufnahme (durch vollständige Entmagnetisierung des Bandes) und konsequent auch die Wiedergabe vom Rauschen, so "daß sie von der Direktübertragung nicht mehr unterschieden werden kann"<sup>24</sup> - der Radioeffekt

---

24 Laszlo von Szalay, Moderne Technik. Elektrotechnik, Berlin (Safari) 1954, 523

## **Drahttongeräte (z. B. für MEMEX)**

- zu "magnetic wire" u. a. Vannevar Bush, "As We May Think" 1945, Beginn von Abschnitt II: "A record, if it is to be useful to science, must be continuously extended, it must be stored, and above all it must be consulted. Today we make the record conventionally by writing and photography, followed by printing; but we also record on film, on wax disks, and on magnetic wires. Even if utterly new recording procedures do not appear, these present ones are certainly in the process of modification and extension" = <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>; Abschnitt V schlägt noch einmal vor, Daten auf Metallblättern statt auf draht zu speichern; Blattnerophon

- Stahldraht zur Bildaufzeichnung

## **Tondraht / Drahttongeräte (allgemein)**

- Ernst Hormann, Zur Theorie der magnetischen Tonaufzeichnung (Mitteilungen aus dem Institut für Schwachstromtechnik der Technischen Hochschule Dresden), in: E. N. T., Bd. 9, Heft 10 (1932),, 388-403; darin u. a. Photo Pfeilspanfelder eines mit 50Hz-Sinuston magnetisierten Drahtes

- David Morton, Wire Recorder history

- Poulsens Patent erlischt 1918; Chemiker Curt Stille entwickelt 1925 den "Dailygraph magnetic wire recorder as a dictating machine"; seine Stahlbandmaschine wird bei der BBC im Rundfunk eingesetzt. Denn hier gilt der Eingriff den Zeithaushalt (wie später die Entwicklung der TV-Videoaufzeichnung zu Zwecken der Übertragbarkeit in den zeitverschobenen US-Küsten West und Ost vorangetrieben wurde): "Dort hatte der weltweite 'Empire-Rundfunk' schon früh die zeitversetzte Ausstrahlung der Sendungen erfordert, wozu eine 'Riesen-Maschine' mit einem 6 mm breiten und 3.000 m langen Stahlband aufgestellt wurde" <Liebenwirth (Hg.) 2000, 184> - hier zeigt sich die zeitepistemologische Dimension dieser Technologie, die dann in Deutschland von der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft (durch die C. Lorenz-AG) für den mobilen Einsatz weiterentwickelt wurde.

- steht das Tonband für den Gewinn ein Zeitsouveränität, wie sie - lange vor dem Videorecorder<sup>25</sup> - gegenüber dem technologisch angelegten *live*-Diktat des Rundfunks durch das  $\Delta t$  der elektromagnetischen Radioaufzeichnung möglich wurde. Es geht hier nicht primär um endarchivische Speicherung, sondern um eine Ausweitung des Gegenwartsfensters, eine dilatorische Gegenwart: "Heute ist es ja allgemein üblich, die Rundfunkdarbietungen zunächst mit dem Magnettongerät aufzunehmen, damit sie dann zu beliebiger Zeit über die Sender zu Gehör gebracht werden können", heißt es in einem Fachbuch von 1954.<sup>26</sup>

- Semi Joseph Begun (C. Lorenz A.-G.) entwickelt Stahlbandrekorder

---

25 Dazu Siegfried Zielinski, xxx

26 Hans Sutaner, Schallplatte und Tonband, Leipzig (Fachbuchverlag) 1954, 153

"Stahntonbandmaschine"; Fritz Pfelemer pulverisiert gerade das Stahlband zu Stahlpulver, mit dem er ein Pergamynpapier beschichtet. Die Patentschrift Pfelemers beim Reichspatentamt (Nr. 500900), ausgegeben am 26. Juni 1939, patentiert im Deutschen Reich vom 31. Januar 1928 ab, beschreibt den Vorteils seines "Lautschrifträgers" (Titelbegriff) gegenüber dem Drahtton: "Es ist bereits bekannt, Gespräche, Musikstücke u. dgl. auf elektromagnetischem Weg derart aufzuzueivhen, daß man an einem durch den Sprechstrom erregten Magneten ein Stahlband oder einen Stahldraht vorbeibewegt (W. Poulsens Telegraphon). Die Aufzeichnung erfolgt hierbei durch magnetische Polarisierung des an dem Sprechmagneten vorbeibewegten permanentmagnetisierbaren Bandes. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß die magnetische Koerzitivkraft auf das Verschwinden des Schallbildes <!> hinarbeitet, so daß man gezwungen ist, das Band mit einer derartigen Geschwindigkeit durchzuführen, daß die auf dem Band entstehende Längen der aufgezeichneten Schallwelle höchster Frequenz mindestens gleich lang ist dem Abstand der beiden aufzuzeichnenden Magnetpole. Dies bedingt eine Verschwendung des an sich teuren und schweren Lautschriftmaterials" = zitiert nach Patentschrift = Abb. in: Lieberwirth (Hg.) 2000: 185; ein Gegenstück zum Abtast-Theorem (Shannon/Nyquist)

- Drahtmagnetophon *Tonmeister* ca. 1950, samt "magischem Auge"; Mikro-Draht und Plattenspieler (gleicher Antrieb)

## MUSIK & MATHEMATIK

### **Das Monochord: Mathematik erklingen hören**

- "Consider a musical instrument such as the harp. Is this instrument not only a musical one but also a mathematically designed technological tool [...]. To some extent, then, we can hear mathematics" = Friedrich Kittler, in: John Armitage, From Discourse Networks to Cultural Mathematics: An Interview with Friedrich A. Kittler, in: *Theory, Culture & Society* 2006 (SAGE, London, Thousand Oaks and New Delhi), Bd. 23(7-8), 17-38. Implizit hörbar wird diese Mathematik als operativ implementiertes, medientechnisches Zeitereignis

- schwingende Saite ein potentielles Objekt der Modellierung durch den Analogcomputer. "An anlogy between two physical sytems signifies that these sytsems with different physical qualities follow the same mathematical laws."<sup>27</sup> Hier werden zwei tatsächlich reale physikalische Systeme in Bezug auf einen gemeinsamen mathematischen Nenner in Beziehung gesetzt (eine triadische Relation), während die Gleichung Musik & Mathematik ein symbolisches mit einem weiteren symbolischen Konstrukt in Beziehung setzt. Erst die in der Elektrophysik des Analogcomputes implementierte Mathematik ist real-klanggleich

### **Musik und Mathematik**

---

27 E. Kettel, A Survey of the Technique of the Electronic Analog Computer, *abstract* zu ders., Übersicht über die Technik der elektronischen Analogrechner, in: *Telefunken-Zeitung* Jg. 30 (Juni 1957) Heft 116, 129-135

- 17. Jahrhundert entscheidender *take-off* im neuzeitlichen Begriff dynamischer Prozesse, der sich von der Übermacht des ganzzahligen antiken Proportionsdenkens löst, um zu Prozessualität zu finden, auf den erst die mathematische Analysis eine Antwort (und damit ihre spätere Möglichkeitsbedingung einer technologischen Synthese) findet; damit verdient Akustik des Knalls epistemologische Aufmerksamkeit, eröffnet Euler der Welt - und andere "amorphe" akustische Ereignisse: Rainer Bayreuther, Mathematisches Denken in der Musik des 16. und 17. Jahrhunderts, in: Jochen Brüning / Eberhard Knobloch (Hg.), Die mathematischen Wurzeln der Kultur. Mathematische Innovationen und ihre kulturellen Folgen, München (Fink) 2005, 125-151 (136). Logarithmus als *Ausweg* der Neuzeit, als zweiter Anlauf musikalisch-mathematischen Wissens, der mit der physikalischen Akustik im 19. Jahrhundert bis in Gegenwart sich erstreckt

- Friedrich Kittler über die altgriechische Lyramusik, interpretiert mit dem pythagoreischen Ohr: "To some extent, then, we can hear mathematics" = Armitage, Interview with Friedrich Kittler, in: Theory, Culture & Society 23 (2006), Heft 7/8, 17-38 (34); ferner: "Mathematics was invented for music" = ebd., 35; Medienbegriff demgegenüber Eskalation: erst mit dem operativen Instrument wird mathematische Analyse zur Medienmusik synthetisiert, also durch die physikalische Implementierung, als Zeitvollzug in der *physis* (erst mit der Welt kommt dramatische / musikalische Zeit als Vollzug ins Spiel), *zwischen* Mathematik und Musik; in diesem Kanal wird die Verbindung Mathematik / Musik operativ, zum Vollzug gebracht; Bernd Enders (Hg.), Mathematische Musik - musikalische Mathematik (Music in numbers - numbers in music), Saarbrücken (Pfau) 2005; darin u. a. Martin Supper, Kann der Computer komponieren?

## Differentialmusik

- auf physikalischer (mikrotemporaler, zeitkritischer) Ebene Definition des Signals als Variable in der Zeit (Akustik); auf kultureller Ebene sprachliche und / oder ästhetische Semantik (Klang); auf makrotemporaler Ebene sogenannte Historie (Musik)

- zeitliche-dynamische Phänomene zeigen der Historiographie Grenzen auf; hier strukturelle Affinität von Klang- und Medienwissenschaft; epistemologisches Momentum: Emergenz eines vom Rhythmus unabhängigen Bewegungsbegriffs stellt den Bruch mit altgriechischer *epistémé mousiké* dar, dynamisch die Epoche prozeßbasierter Medien einläutend; Mediengeschichte setzt entschieden erst hier an; pythagoräische Insistenz auf der quasi-räumlichen Proportion (Intervallverhältnisse) wird von einer differentialen Harmonie durchbrochen, die dann auch in völlig musikfremden Bereichen ebenso zum Zug kommt; Rainer Bayreuther, Generalbass und Differentialmathematik: Denkfiguren des 17. Jahrhunderts“, in: Musik und kulturelle Identität. Bericht des XIII. Internationalen Kongresses der Gesellschaft für Musikforschung 16.-21.9.2004 in Weimar, hg. v. Detlef Altenburg / ders., 3 Bde. (Bd. 2), Kassel 2007

- operieren Gabor-Quanten als Grundlage der Wavelets ebenso im Bildbereich (wie MetaSynth). Eskalation stellt Quantenmechanik (mit

Wahrscheinlichkeitswellen) dar

- Leibniz' Bild der sich am Strand brechenden Wellen, in denen Leibniz die Natur sich rechnen wähnt. Der Punkt des Übergangs, an dem die nicht merklichen Wahrnehmungen in die Zone des Merklichen übergehen, betreffen ja das kinematographische Bewegungsbild ebenso wie die Hörschwelle zum Ton (ab 16 Hz); dies ist nun in der Tat ein solches Ereignis wie oben angesprochen, das nicht auf reine Phänomenologie reduziert werden kann, sondern - geradezu gleichursprünglich zu allen "historischen" Epochen - immer wieder neu das kulturelle Wissen wie die Ästhetik zum Verhalten zwingt oder verlockt - insofern also makrozeitlich (diachronisch) invariant, aber in seinen Manifestationen jeweils historisch

### **Wagner zeitkritisch**

- Naturtonreihe; performatives Durchspielen operativer elektroakustischer Ströme. Das *Rheingold*-Vorspiel, "weil sein Rhein reiner Signalfluß ist" (Kittler), beginnt mit einem Es-Dur-Dreiklang der Streicher in tiefster Baßlage, über die dann acht Hörner ein melodisches Motiv legen. "Es ist aber keine Melodie, sondern (wie um musikalische Übertragungsbandbreite abzutasten) eine Fourieranalyse jenes Es vom ersten bis zum achten Oberton, die in stetiger Monotonie (wie Mathematiker sagen würden) zu immer höheren Frequenzen aufsteigen" = Friedrich Kittler, *Musik als Medium*, in: Bernhard J. Dotzler / Ernst Müller (Hg.), *Wahrnehmung und Geschichte*.

Markierungen zur aisthesis materialis, Berlin (Akademie) 1995, 83-99 (96)

- Stockhausens manifeste Übertragung des zeitkritischen akustischen Denkens auf komponierte Musik historisch früher ansetzen; schon intendiert (aber vor-elektronisch kaum realisierbar) beim späten Wagner ab "Tristan und Isolde", dann bei Richard Strauss, Schreker und Krenek, beim frühen, tonalen Schönberg (These Rainer Bayreuther, März 2008)

- Phasenverschiebung in der musikalischen Komposition nicht erst eine Errungenschaft der elektronischen Musik (Stockhausen); die Differenzen dennoch herausarbeiten; etwa das granulare Komponieren mit "Micro-time" (wie es Curtis Roads definiert) sicher erst in einem Medium möglich, welches die (vor diesem Hintergrund geradezu grob anmutende) Notenschrift unterläuft.

- leuchtet ein, daß sich Richard Wagners musikalische Psychotechnik auf die Frage zeitkritischer Prozesse und temporaler Mikrodramatik zuspitzen läßt; inwieweit dies den zeitkritischen Medientechniken und Informationsästhetiken des 20. Jahrhunderts (Abraham Moles etwa, aber auch Markov in der Mathematik, bis hin zum sonisch-signalverarbeitenden Computer) vorläuft. Es könnte uns hier - in konsequenter Fortsetzung unserer Gespräche, die mit dem damaligen Workshop zur Zahl im Mittelalter einsetzte - gelingen, die Frage nach dem Verhältnis von "Musik & Mathematik", die nun allwärts (von Kittler, von Noll u. a.) aufgeworfen und untersucht wird, um jenen Aspekt zu vertiefen, der bislang darin fehlt:

die Zeitdimension, etwa das System der (von uns beiden ja angesprochenen) Pro- und Retentionen in der Melodie. Hier können Historische Musikwissenschaft und archäologische Medienwissenschaft sehr präzise ineinandergreifen; noch einen Vertreter der Neurobiologie einbeziehen

- sonische *aisthesis* als *tertium datur* zwischen musikalischer Wahrnehmung und dem ästhetischen Sachverhalt? Wenn Wagner pars pro toto steht, gerne noch Bruckner (zumindest kamen mir beim Lauschen seiner "8." in der Berliner Philharmonie Ihre Sätze zum kompositorischen Spiel mit den Erwartungshaltungen der Hörer, also Protention und dem zeitkritischen Bruch mit den kurzfristig aufgebauten melodischen Versprechungen, in den Sinn)

- woran die grobe Alphabet- und Notenschrift radikal / zeitkritisch scheitert: was sie nur näherungsweise einfangen kann, Mikrointervalle im Signalereignis von Sprache / Klang, unterhalb der Zeiträume des ästhetisch-kulturellen Sachverhalts

- aus akustisch-musikalischer Sicht Inkubationsphase 17. und 19. Jahrhundert; später erst technisches Apriori von Apparaturen der Klangerzeugung und -messung (Metier der Medienwissenschaft); überlieferten Klänge das Metier der Musikwissenschaft (Argument Rainer Bayreuther, März 2008)

## **Flusser und die Musik**

- gleich Schwingkreis im Radioempfang / Resonanz: Im akustischen Akt des Hörens, was den Körper mitschwingen läßt, sofern er sich für den Musikempfang resonierend in Stellung bringt und damit dazu "eingestellt" ist (Stimmung und Resonanz), wird "durch akustische Massage der Körper zu Geist" = Vilém Flusser, Die Geste des Musikhörens, in: ders., Gesten - Versuch einer Phänomenologie, Düsseldorf (Bollmann) 1991, 193-203 (200). "Die mathematische Schwingung der Haut beim Musikhören, die sich dann auf die Eingeweide, aufs 'Innere' überträgt, ist 'Ekstase'" = Flusser 1991: 201; TS Stern 1930. Keine Anpassung an die musikalische Botschaft, sondern ein Mitschwingen, "wo doch die <sc. akustische> Botschaft selbst dem Hörer ihre Form aufprägt" = Flusser 1991: 197 und damit "eben selbst Musik zu werden" = 198; McLuhan 1964 und Heider 1926

- steht dem Wesen des Computers die elektronische Musik nahe: "Das Universum der Musik ist ein ebenso kalkuliertes und komputiertes wie das der technischen Bilder" = Vilém Flusser, Ins Universum der technischen Bilder, Göttingen (European Photography) 1985; 6. Aufl. 1999 (179), und ebenso "ein von semantischen Dimensionen emanzipiertes" = ebd. Indem Flusser nun meint, daß die Welt der technischen Bilder "musifiziert" ist, beschreibt er nichts anderes als die Tatsache, daß die sogenannten Bilder einen anderen Daseinszustand angenommen haben. Bild und Musik sind nur noch Begriffe, welche die "path dependence", den Verzug, das Hinterherhinken des Diskurses gegenüber einer schon fortgeschrittenen kulturtechnischen Lage beschreiben. Was Flusser instinktsicher erspürt, aber noch konventionell benennt, ist nichts anderes als eine Welt zeitkritischer Prozesse, die zwischen Symbolen und

Physis verrechnet wird - *ludus tonalis* = 181

- unveröffentlichte Essays von Flusser: Vortragsreihe Sao Paolo Lectures 1965, übersetzt von Rodrigo Novaes (aus dem Portugiesischen), in *Flusser Studies* Ausgabe 2014 *online* veröffentlicht = <http://www.flusserstudies.net/current-issue>; Passagen Flussers über elektronische Musik; durchaus nicht "taub" für die akustische und sonische Dimension; Flusser im Herzen ein "Pythagoräer", gleichzeitig aufmerksam für die neuesten Entwicklungen in der Audio-Technologie und der elektronischen Musik; Rainer Guldin über Musik und Mathematik bei Flusser (*Flusser Studies*)

- Flusser extrem schwerhörig; wenn Hörgerät ausgeschaltet, verstand er nichts mehr" (Hinweis Siegfried Zielinski, Januar 2014); Flussers Essay "Hoerapparate"; Version des Textes "Hörigkeit" im Buch *Angenommen*

- vernachlässigt Flusser die akustische Dimension? Hinweis Anthony Moore (Kölner Kunsthochschule für Medien) 1999 auf der 10-Jahresfeier des Instituts für Film- und Fernsehwissenschaften der Ruhr-Universität Bochum, indem er Flusser (der dort kurz vor seinem Tod lehrte) als Geist im Medium des Akustischen beschwor: ließ Flusser aus den seinerzeit aufgezeichneten Vorlesungen, den Bochumer Tonbandcassetten, für den von Flusser scheinbar vernachlässigten Gehör-Sinn als Geräusch wiederauferstehen - das Kratzen der Kreide, wenn Flusser an die Tafel schrieb. Moore wirft schrift- und bildorientierten Medienwissenschaftlern überhaupt vor, "earless faces" zu haben

- Flusser selbst dazu: "Wie der Leser ja sicherlich mit Überraschung und Unwillen festgestellt hat, habe ich alles, was mit Ohr und Mund, mit Ton und Wort zu tun hat, aus meinen Überlegungen ausgeschaltet" <Flusser 1985/1999: 178>; am Ende räumt Flusser dem auditiven Aspekt eines Universums, das eben nicht nur aus technischen Bildern besteht, sondern einen "audio-visuellen Charakter" hat, einen umso prominenteren Platz ein. Dem Wesen des Computers steht die elektronische Musik nahe: "Das Universum der Musik ist ein ebenso kalkuliertes und komputiertes wie das der technischen Bilder" <Flusser 1985/1999: 179>, und ebenso "ein von semantischen Dimensionen emanzipiertes" <ebd.>. Indem Flusser nun meint, daß die Welt der technischen Bilder "musifiziert" ist, beschreibt er nichts anderes als die Tatsache, daß die sogenannten Bilder einen anderen Daseinszustand angenommen haben. Bild und Musik sind nur noch Begriffe, welche den Verzug, das Hinterherhinken des Diskurses gegenüber einer schon fortgeschrittenen kulturtechnischen Lage beschreiben

MUSIK: BEGRIFF, ARCHÄOLOGIE, ARCHIV

### **Musik un(d)Ordnung**

- Initialzündung zum künstlerisch-"negentropischen" (Flusser) Prozeß ist gerade die Unordnung. Rainer Marika Rilke beschreibt es dichterisch noch als Ordnungsprozeß: "Des Künstlers Schaffen ist ein Ordnen" (1898). Um 1900 wird dies musikspezifisch:

"Musik! Musik! Ordnerin der Geräusche,  
nimm, was zerstreut ist in der großen Stunde,  
verrollte Perlen locke du an Schnüre."

- Ordnung in der Zeit i. U. zur archivischen Ordnung im Raum

## Definition von "Musik"

- sozio-kulturelle Semantik des Musik-Begriffs wird von den akustischen Ereignissen differenziert. Insofern läßt sich der "Ästhetik" der Begriff der *aisthesis* beiseitestellen. Karlheinz Barck, Mitherausgeber des Sammelbandes *Aisthesis. Wahrnehmung heute* sowie des *Lexikons ästhetischer Grundbegriffe*, hat die Akzentverschiebung von der philosophischen Ästhetik hin zur Wahrnehmungsforschung, früh beschrieben.<sup>28</sup>

"Für die Ästhetik hat Musik (die wir provisorisch als die zeitlich geordnete Organisation akustischer Ereignisse um ihrer ästhetischen Wahrnehmung willen definieren können) immer eine besondere Herausforderung dargestellt: durch die Unsichtbarkeit und Ungreifbarkeit ihres klingenden Materials, durch ihre eigentümliche Bindung an den Zeitverlauf und durch ihre „Abstraktheit“, ihre Nicht-Referentialität, die aber starke psychische und soziale Wirkungen - die 'Macht der Musik' - keineswegs ausschließt" = Wolfgang Fuhrmann, Beitrag zum *Metzler-Lexikon für Ästhetik*

## Das Zustandekommen von Musik dies- und jenseits ihrer Hörbarkeit

- gleich der Implementierung von Quellcode im tatsächlich techno-logischen *computing* "gar nicht die wirklich erklingende Musik, sondern vielmehr die in der Tonphantasie des schaffenden Künstlers vor der Aufzeichnung in Noten lebende und wieder in der Tonphantasie des Hörers neue entstehende 'Vorstellung der Tonverhältnisse' das Alpha und Omega der Tonkunst". Festlegung der tonkünstlerischen Schöpfungen in Notenzeichen als auch die klingende Ausführung der Werke "nur Mittel, die musikalischen Erlebnisse aus der Phantasie des Komponisten in die des musikalischen Hörers zu verpflanzen" = Hugo Riemann, Ideen zu einer Lehre von den Tonvorstellungen, in: Jahrbuch der Musikbibliothek Peters 1914/15, 1-26 (2). Sowohl die symbolische Notation (platonischer *Musikbegriff*) wie auch die konkrete akustische Implementierung (Signalwelten) stellen medientechnische Operationen dar - die beiden Dimensionen des Sonischen

- Musik als geistige Tätigkeit = *diagrammatischer Klang*; experimentelle Modellierung, Fallstudie: Schuberts Vertonungen von Goethes Poem *Erkönig*: Meurig Beynon / Steve Russ, Human Computing - Modelling with Meaning, in: Literary and Linguistic Computing, Bd. 21, No. 2 (2006), 141-157, bes. 149, Fig. 1: "An animated diagram to represent the cycle of keys and associated colourwheel"

- bedarf Musik ihrer tatsächlichen Implementierung im physikalischen Schall- und Klangkörperraum? diagrammatisches Hören (das "innere" Hören, analog zur "inneren Stimme"): "<...> structural listening can take place in the mind

---

28 Karlheinz Barck, Aufsatz "Schritte vor, einer zurück", in: xxx

through intelligent score-reading, without the physical presence of an external sound source"<sup>29</sup>. Subotnik zufolge schwebte Adorno eine Zeit vor, in welcher "the silent, imaginative reading of music could render actual playing as superfluous as speaking is made by reading of written material" = 161 f. - wie einst das Vokalalphabet die Stimme (das laute Lesen, nach Svenbro) zum Verstummen brachte. Dgg. definiert John Cage Musik radikal vom organisierten und/oder zufallsgesteuerten Klang (*sound*) her (anders als Iannis Xenakis, der den Zufall stochastisch faßt)

## **Musik, Archäologie, mathematische Serialität**

- gehörte die Archäologie zu den frühesten Fächern an der Philosophischen Fakultät, die sich dem datenverarbeitenden Paradigma stellten. Soweit zum Fach Archäologie im Speziellen, doch jede Archäologie von Wissen steht nicht auf Seiten der Analyse von Diskursen, sondern ebenso auf Seiten der Mathematik; Martin Kusch, xxx. Als Medienarchäologie wird diese mathematische Analyse technologisch (Sampling, Fast Fourier Analysis et al.)

- schreibt Kittler von jenen "unscheinbaren mathematischen Gleichungen, mit denen unter Medienbedingungen alle Parameter aller Musik anschreibbar gemacht worden sind"<sup>30</sup>. Wissensarchäologie und serielle Musik: Die für Foucaults Diskursanalysen "tragenden Begriffe des Ereignisses und der Serie" waren "Theorieimporte aus einer Musik, deren mathematischen Kalkül der junge Foucault an Boulez und mehr noch Barraqué geliebt hatte"<sup>31</sup>. Foucaults Plädoyer, aus Archiv-Aussagen Serien zu bilden statt sie voreilig historiographisch zu kontextualisieren; gleich Dodekaphonie als Dogma der Reihentechnik, "der dem Zwölftonsystem immanente Versuch einer Neuordnung des Tonmaterials"<sup>32</sup>

## **Tonale Serie versus Erzählung**

- bedürfen Musik wie hochtechnische Medien nicht der Narration, weil sie das phänomenologische Existential der Vergänglichkeit an sich schon vollzieht. "Musik versteht sich auf das Ende" = Ernst Bloch über die klassische Komposition, zitiert hier nach: Klaus Peter Richter, Zeitfenster des Augenblicks,

---

29 Rose Rosengard Subotnik, *Deconstructive Variations. Music and Reason in Western Society*, Minneapolis (Univ. of Minnesota Press) 1996 <????>, chap. 3 ("Toward a Deconstruction of Structural Listening. A Critique of Schoenberg, Adorno, and Stravinsky"), 148-176 (161) <zitiert nach Diss. Papenburg>

30 Friedrich Kittler, *Musik als Medium*, in: Bernhard J. Dotzler / Ernst Müller (Hg.), *Wahrnehmung und Geschichte. Markierungen zur Aisthesis materialis*, Berlin (Akademie-Verlag) 1995, 83-99 (84)

31 Friedrich Kittler, *Zum Geleit*, in: Michel Foucault, *Botschaften der Macht. Der Foucault-Reader. Diskurs und Medien*, hg. u. mit e. Nachw. versehen von Jan Engelmann, Stuttgart (DVA) 1999, 7-9 (8)

32 Hansjörg Schäfer 1969: Begleittext zu Siegfried Kurz, *Konzert für Klavier und Orchester*, op. 32, hg. v. VEB Deutsche Schallplatten. LP *unsere neue musik* 35, ETERNA 8 20 938

in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 128 v. 4. Juni 2003, N3

- neuronale Wahrnehmung einer Melodie aber erfolgt auf der Basis eines mikrozeitlichen Mechanismus im Bewußtsein, faßbar als neuronale Korrelation - eine andere, kybernetische Dramaturgie diesseits aller Erzählung, eher ein mathematischer Akt der Zeitzählung<sup>33</sup>

## **Klang / Schweigen**

- deutet Viola Weltmusik aus dem Geist des elektroakustischen Synthesizers mit seiner technologischen Dualität von additiver / subtraktiver Synthese (Fourier): "Die westliche Musik baut Dinge auf, indem sie Note auf Note, Form auf Form stapelt <...>: ihre Grundlage ist die Stille, alle musikalischen Klänge entwickeln sich von diesem Punkt aus. Die indische Musik andererseits geht vom Klang aus. <...> Alle zu spielenden Noten und möglichen Noten sind vorhanden, bevor die Hauptmusiker selbst mit dem Spiel beginnen. <...> Deshalb geht man davon aus, daß die Hauptmusiker beim Spielen die Noten aus einem bereits bestehenden Klangfeld, dem Summen, herausholen<sup>34</sup>

- John Cage über Robert Rauschenberg: "The white paintings came first, my silent piece came later." Damit legte er offen, wieviel das Konzept des berühmten, skandalträchtigen Schweigestücks `4´33´ der Erfahrung von Rauschenebrgs weißen Leinwänden verdankte. [...] die stilisierte `Kunstarmut der Leere´ als neue schöpferische tabula rasa [...]. Philip Glass greift sie in der Erläuterung zu seiner `Music in 12 Parts´ auf [...]: `Wenn es deutlich wird, daß nichts im üblichen Sinne `passiert´, sondern daß statt dessen die allmähliche Ausbreitung des musikalischen Materials zur Grundlage der Aufmerksamkeit des Hörers wird, dann kann er vielleicht eine andere Art und Weise des Hörens entdecken - eine, in der weder Gedächtnis noch Antizipation (die gebräuchlichen psychologischen Mechanismen programmatischer Musik, sei sie barock, klassisch, romantisch oder modern) eine Rolle dabei spielen ... die Hoffnung ist, daß man dann in der Lage sein würde, Musik als Gegenwart wahrzunehmen, befreit von dramatischer Struktur, als bloßes Medium des Klangs'" = Klaus Peter Richter, Grenzen des musikalischen Wachstums. Strategien Minimaler Musik, FAZ 30. Juli 1997, Seite N 6

## **Unhistorische Klangwahrnehmung / als Archäologie**

- gleich Maschinen in Operation / technischen Medien im Signalvollzug: Unfähigkeit, Musik als vergangene zu hören / wahrzunehmen

- Antonin Artauds Stimme auf Schallplatte: seine Phono-Präsenz als purer Effekt des Apparats. Die schwarze Vinylplatte schweigt, archäologisch.

- Musikautomaten lassen den Lochstreifen-Maschinenkode (die binäre Partitur)

---

33 Siehe Martin Ebeling, Verschmelzung und neuronale Autokorrelation als Grundlage einer Konsonanztheorie, Frankfurt/M. et a. (Peter Lang) 2007

34 Bill Viola, Der Klang der Ein-Zeilen-Abtastung, in: Theaterschrift 4: The Inner Side of Silence, Brüssel (September 1993), 16-54 (28)

durch den (Klang-)Körper der Maschinerie. Technische Aktivierung des Archivs, sein Abruf als energetische Aufladung, nicht human-performatives *re-enactment* (Collingwood)

## **MPI für Musik**

- Initiative ging gerade nicht von Kultur- oder Musikwissenschaftlern, sondern von den Naturwissenschaften aus, deren physikalische und physiologische Akustikforschung sich mit der damaligen Emergenz elektronisch erzeugter Klänge traf; solche Pläne aus dem (Zwischen?)Archiv resonieren wohlklingend in den neuen Räumen am Institut für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft
- Initiative vor allem von Naturwissenschaftlern ausgehend; sollte ausdrücklich etwa von Musikhochschulen getrennt bleiben; gibt es ein Staatliches Institut für Musikforschung (SPK) in Berlin; Michael Custodis, Schwer von Begriff. Pläne zu einem nicht realisierten Max-Planck-Institut für Musik (1965-1972), in: Die Tonkunst. Magazin für klassische Musik und Musikwissenschaft, Jg. 6, Nr. 2 (April 2012), 201-211
- Recherchen im Archiv der Max-Planck-Gesellschaft zum (fehlgeschlagenen) Plan der Gründung eines MPI für Musik(forschung) aus den Jahren um 1970 Skizze einer damals geplanten internationalen Konferenz; früher Brückenschlag zwischen Musikwissenschaft und dem, was heute Medienwissenschaft heißt: eine epistemologische Erinnerung wert; Absetzung zum Kunstmusikbegriff und in Allianz mit den neuen elektronischen Gerätschaften zur Analyse und Generierung von Klängen und Raumakustik
- Mitinitiator Biokybernetiker Braitenberger; gerade von Vertretern der Naturwissenschaft ein konservatives Musikverständnis hemmend ins Spiel gebracht. Andererseits der naturwissenschaftliche Beitrag zu den diversen Memoranden, frische Perspektiven auf den wissenschaftlichen Gegenstand und die Musik damit von der engen Festlegung auf eine kunstästhetische Form - mit Blick auf elektronische Medien als Meß- wie Erzeugungsapparaturen von Klang - befreiend. Symptomatisch, wie Boulez in seinem Vorschlag vom September 1971 vom "Centre de Recherches Acoustique" schreibt, wohingegen es dann mit dem tatsächlichen IRCAM bei einem auch typographisch evidenten unentschiedenen "acoustique/musique" bleibt; vor dem Hintergrund der aktuellen Debatten darüber, ob die Sound Studies nun innerhalb der klassischen Musikwissenschaft ihren Ort finden oder eine eigenständig Disziplin ausbilden; einen untoten Gedanken wieder zum Leben erwecken, unter den aktuellen Vorzeichen von kognitiver Neurowissenschaft
- Signatur des Faszikels im SIM: 6.4.3 (Vorgang "MPI für Musik"), sowie 4.5.2/71 (Briefverkehr Stiftungspräsident / MPI-Präsident)

## **"New Music" (Mathews / Shannon)**

- Dialog Shannon / Cage / u. a. verfaßt von Mathews, unpubliziert: Typoskript "New Music - John's Problem, Claude's Question and Gerald's Lament"; einige

der Kernanliegen des Neologismus des "Sonischen"; Entdeckung von Musik als technologischer Form macht auch Rauschen ästhetisch musikfähig

- Nachrichten aus dem Archiv die informativsten, weil nicht (in Redaktion / Reproduktion Durck) redundant

## **Musik und Rekursion**

- Musik-zu-Rauschen-Verhältnis, Liveplayback-Konzerte der *Tödlichen Doris*: "Ein Playbackkonzert der Doris wurde so lange in immer neuen Räumen abgespielt, bis die sich daraus entwickelnde Feedbackschleife das Stück „Über-Mutti“ in fast weißem Rauschen auflöste" = Martin Conrads, Die tote Doris, in: zitty 18/1999, 56; Rekopien, xerographisch, von Ulrich Giersch

## **ZUM PRIVILEGIERTEN VERHÄLTNIS ZWISCHEN MEDIEN & MUSIK respektive MUSIK UND/ALS MEDIUM**

- hat sich in Form (elektro-akustischer) Technologie etwas operativ verdinglicht / logifiziert, was bislang kulturtechnisch-performativ war: zeitinvariante Wiederholung / Wiederaufruf von Sequenzen (umfassende *mousiké*), non-historische, meldosich / rhythmische Zeitweisen, von Bergson ansatzweise als *durée* geahnt. Diese aber ist mediendialektisch nicht das Gegenstück zur mechanisch-mathematischen Uhrzeit, sondern in deren algorithmischer Wiedereinkehr (*live-coding*) aufgehoben.

## **Begriffsbestimmungen der Akustik**

- seit 1924 als "Technische Akustik" firmierende - Beschallungstechnik manches in der Elektrotechnischen Zeitschrift (ETZ) der Jahre 1926 und 1927; in Telefunkenzeitschrift Oktober 1926 von H.Gerdien "Über klanggetreue Schallwiedergabe mittels Lautsprecher"

- befaßt sich Akustik mit den physikalisch meßbaren Schallereignissen; "auditiv" bezeichnet die mit menschlichen Sinnen wahrnehmbaren Schallereignisse; von Holger Schulze vorgeschlagene Terminologie der Sound Studies, unter <http://www.soundstudieslab.org/sound-studies-basic-terminology>

Der Weltraum gilt als schallos (von der Metaphorik des "Urknalls" abgesehen), läßt aber in Spurenelementen Schallübertragung zu, etwa anhand von Gasen um Gestirne und deren fragiler Exosphäre; Karl Urban (2003), Schall im All?, <http://www.raumfahrer.net/astronomie/kosmologie/schall.shtml> (Zugriff Februar 2013)

## **Zeitkritische Bandbreiten menschlichen Hörens**

- hat Mensch einen manifesten akustischen Zeit-Sinn nur für die hörbare Bandbreite zwischen 16 und 20000 Hertz; implizit aber ist das Gespür für infra-

und ultraschallereignisse durch taktile Resonatoren und im Gehörgang breiter

- höchst Empfindlichkeit liegt bei Tönen rund um 1000 Hz. "Dies entspricht den Grundschrwingungen der meisten Gegenstände in der Dimension zwischen 10 cm und 1 m, wenn sie durch Stoß oder Reibung zum Klang oder Geräusch erregt werden. Daraus resultiert die erstaunliche sonische Anpassungsfähigkeit des kulturellen Gehörs, "aus dem Klang, d. h. aus den Eigenschwingungen eines angestoßenen Körpers nicht nur die Größe und die Form <...>, sondern auch das Material <...> zu erkennen, so daß wir die Körper auch im Dunklen gewissermaßen akustisch sehen können" = Heinrich Barkhausen, Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen, 6. Aufl. Leipzig (Hirzel) 1958, 81

### **Extrapolationen des menschlichen Gehörs**

- vermag menschliches Gehör (nach Hermann von Helmholtz' Erkenntnis) mehr als die bloße Verarbeitung des Akustischen zu leisten, sondern kognitiv aktiv bei verrauschter Sprachübermittlung aus 66% Silbenverständlichkeit die volle Aussage zu extrapolieren bzw. hochzurechnen. Der Begriff "Hochrechnung" ist hier im Sinne Heinz von Foesters gewählt: Ausgehend von Johannes Müllers physiologischen Untersuchungen über das *Prinzip der spezifischen Nervenenergie* gilt die Feststellung, daß die Qualitäten der Sinneseindrücke nicht im Empfangsapparat kodiert sind, sondern im Zentralnervensystem erst in der als Wahrnehmung empfundenen Form entstehen: "Sie werden dort, wie ich sagen würde, errechnet"<sup>35</sup>; dies aber nicht im numerischen Sinn, sondern "das lateinische Wort *computare* bedeutet, daß Dinge in einen Zusammenhang gebracht werden" <ebd.> - und zwar diskrete Dinge. Hier kommt der Vorteil des Digitalen zum Zug, der in der Nachrichtenübertragung dem Rauschen obsiegt.

### **Elektroakustik, das menschliche Gehör und Radio**

- bezeichnet Elektroakustik die mikrophonische Wandlung von Luftbewegungen (hervorgerufen durch Schallwellen) in elektrische Signalspannungen mit Hilfe einer Membran. Aus mechanischer Physik wird ein elektrophysikalisches Ereignis. Diese Wandlung ist eine Transformation des Aggregatzustands, eine Trennung von Medium und zeitlicher Form

- stellt "Radio" demgegenüber eine Eskalation dar. Im Unterschied zur unmittelbaren elektroakustischen Schallwandlung bedeutet die Modulation eines hochfrequenten elektromagnetischen Signals durch niederfrequente Artikulation (Sprache, Musik) die *transitive* Information des elektromagnetischen Mediums. Für Amplituden- im Unterschied zur Frequenzmodulation von Radioübertragung gilt: einmal ist Intensität, dort jedoch *Zeit selbst* das Kriterium der Modulation von Trägerwellen durch Sprache und/oder Musik

---

35 Heinz von Foester, in: ders. / Bernhard Pörksen, Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners. Gespräche für Skeptiker, 4. Aufl. 2001, 17

- entziehen sich um ein vielfaches höhere Schwingungen (elektrische Eigenschwingungen wie Funkenentladungen an der Leydener Flasche) der (zumindest der bewußten) Wahrnehmung: So "taugt keiner unserer Sinne dazu, solche direkt wahrzunehmen" <Barkhausen 1958: 81>, so daß die für den Rundfunk notwendigen Trägerfrequenzen, uns ständig umgebend, dennoch nicht auffallen, erst in ihrer NF-ausgefilterten Form (Radio, Fernsehen). Die noch wesentlich höheren Eigenschwingungen (von Elektronen in Molekülen) werden nicht mehr als Zeitvorgänge (Perioden, Schwingungen), sondern nur noch als Licht wahrgenommen: "Von diesen erhalten wir durch das Licht und unser Auge Kunde" <Barkhausen ebd.>, d. h. von den durch auftreffendes Sonnenlicht (Photonen) hervorgerufenen Resonanzen (molekulare Schwingungen).

- hat Mensch auch kein Organ für die unmittelbare Demodulation hochfrequenter Radiowellen in hörbaren / erfahrbaren Klang, verfügt er nichtsdestotrotz über Organe zur Erfahrung anderer Ausschnitte im Spektrum der elektromagnetischen Wellen: Licht/Optik (wobei im Auge dann die Wandlung von photonischer Energie in elektrische durch Induktion stattfindet?), Temperatur. Demgegenüber gibt es sensorische Organe für physikalische Erschütterung: Tastgefühl (Haut), das Ohr (Akustik, Schall) - was nicht von ungefähr durch McLuhan als Verbund zusammengedacht. Es handelt sich also um zwei grundverschiedene Systeme von Schwingungen und ihrer Prozessierbarkeit; beide sind aber ineinander überführbar, transitiv wie die elektromagnetische Induktion zur Mechanik (das hybride System einer durch elektrisches Pendel betriebenen Räderuhr, Modell *Bulle Clock*).

- vermag die in Lebewesen innewohnende Elektrizität nicht unmittelbar auf Radiowellen zu reagieren; Froschradio nicht möglich. Heinrich Hertz setzte in seiner Experimentalanordnung zur Findung elektromagnetischer Wellen im Raum auf Empfängerseite (im "sekundären Leiter") anstelle der nur in begrenztem Maße für die Sendewellen empfindlichen Funkenstrecke "einen stromprüfenden Froschschenkel" ein; "es scheint aber dieses unter anderen Verhältnissen so empfindliche Mittel unter den gegenwärtigen zu versagen", heißt es bei ihm *Über sehr schnelle elektrische Schwingungen* <Ausgabe Leipzig 1971, 96>.

## **Definition "Musik"**

- physikalisch-technischen Ebene: Akustik; sonische Ebene: Klang, physiologisch / kulturtechnisch formiert; *musica* = "un modo <...> di esprimersi mediante suoni coordinati nelle loro successione e nel loro complesso" = Jérôme Joseph de Momigny, *La seule vraie théorie de la musique*, ital.: *La sola e vera teorica della musica*, übers. E. M. E. Santerre, Bologna (Gamberini) 1823, 1

- operativer Begriff von Musik = Klangorganisation (Boethius); Musik im Mittelalter Zahl *und* Ton: als Mathematik diskret, eine Quantität, daher unveränderlich; als Ton aber Qualität, physikalisch, vergänglich = Max Haas, Vortrag "Dispositionen der Schriftlichkeit im Geiste der lateinischen Musiklehre des Mittelalters", Konferenz *Schriftkulturen der Musik*, 17. Dezember 2007, UdK Berlin; Dualität von Algorithmus als Genotyp und konkretem Klang als Phänotyp

## Musik und Schrift (Notation)

- klassische europäische Musiknotation: Dauer + Tonhöhe
- frühmittelalterliche Musiknotation nicht Gedächtnisspeicher (Aufzeichnung, *recording*) = Andreas Haug, Vortrag "Funktionen schriftlicher Musikdarstellung im mittelalterlichen Europa", Konferenz Schriftkulturen der Musik, 17. Dezember 2007, UdK Berlin; Phonograph nicht schon im Mittelalter erfunden, weil das individuelle Signal(ereignis) nicht zählt; vor dem Hintergrund einer oral gespeicherten Musik schlicht die Modifikationen notiert, also Steuerzeichen zur Korrektur eklatanter prosodischer Deformationen; *soni* ungleich *verba*: Differenz *vox litterata* / *vox illiterata* (einmal Schrift für artikulierte Sprache, mit diskursivem Sinn behaftet / einmal Klang, Musik)
- Isidor von Sevilla über Klang / Töne: man kann sie nicht schreiben, also nicht speichern
- Erich Moritz von Hornbostel (1909), Aufsatz "Vorschläge zu einer Transkription exotischer Melodien", Möglichkeit von Transkription als "eine getreue Wiedergabe des Phonogramms": setzt den Medienspeicher als Ausgangspunkt, nicht die logozentristische Unterstellung eines originalen Ereignisses

## Medien und Musik

- interessiert am Akustischen und Sonischen gerade nicht die musikalische Dimension (im neuzeitlichen, nicht altgriechischen Sinne), ebenso wenig wie sich Shannons Nachrichtentheorie nicht mit den semantischen Aspekten der Kommunikation befaßt; vielmehr die Option, über den akustischen Kanal dem Wesen elektronischer, also zeitkritischer Prozesse nahezukommen. Akustik und das Sonische sind damit analytische Werkzeuge einer Medientheorie unter hochtechnischen Bedingungen; elektro-akustische Musik eine solche, die wesentlich erst über das technische Medium existiert (Michael Harenberg)
- erlaubt technische Signalaufzeichnung neue Form der Notation, nämlich im Realen. Wie es Edison schon erträumte: nicht irgendein "Hallo" als phonetische Klasse aufzuzeichnen, sondern s/ein individuelles "Hallo" / Ich = "es"
- digitaler Computer eine referenzlose Maschine, die in ihrer Simulation des Akustischen dasselbe symbolisch im Realen aufzeichnet, als Protokolle auf der Festplatte; komputiert, also er-zählt die Signale. Nicht im Akustischen, sondern in seinem Wesen als zeitdiskrete Maschine teilt der Computer einen Wesenszug mit der Musik

## Asymmetrien des Audio-Visuellen

- neigt in klassischen analogen elektronischen Medien die Schaltung unter Strom zum Driften; tut sich Asymmetrie von Ton und Bild auf: "Während in der Tontechnik mit Sicherheit schon eine Hi-Fi-Übertragung zu erwarten ist, wenn

man lineare und nichtlineare Verzerrungen <...> in erträglichem Rahmen hält, treten bei der Videotechnik noch weitere Probleme auf. Hierbei handelt es sich um Fragen des Impulspegels. Sie sind in dem unterschiedlichen Charakter und Endzweck von Ton- und BVideo signal begründet. Tonfrequenzsignale wirken letzten Endes immer auf eine Schallmembrane, Videosignale steuern eine Bildröhre" = E. Langelüttich, Einführung in die Impulstechnik, Beilage zur Funk-Technik Bd. 12 (1957) Nr. 17, 43-46 (44)

- gehört Akustik zum Reich der klassischen mechanischen Physik (Schalldruck); das Bild aber zum Licht (also ein Ausschnitt elektromagnetischer Wellen). Sonisch-mechanische Phänomene sind anderer Natur als optisch-elektromagnetische: "Das Scheitern aller Versuche, die elektrischen Kräfte auf andere bekannte Erscheinungen zurückzuführen"<sup>36</sup>, führte zum Feldbegriff

- Ohr reagiert auf zeitkritische Unschärfen anders als das Auge

- kybernetisch geschultes Ohr; experimentiert Gordon Pask in den 50-er und 60-er Jahren mit analogen Wachstumsprozessen, dabei sowas wie ein Ohr wachsen lassen: sich selbst organisierende Sulfatlösung, die in der Lage war, nach etwas Training Frequenzen zu unterscheiden (Hinweis Georg Trogemann)

- konvergieren in algorithmischen Maschinen die Differenzen zwischen verzerrtem Ton und Bild auf der Basis ein- und dergleichen Datenverarbeitung; unterscheidend die Datenformate

## **Klang als Medium / der Gewalt**

- Eduard Hanslick definiert (in *Vom musikalisch Schönen*, 1854): Musik sei "tönend bewegte Form" und dies ihr einziger Inhalt; im Sinne McLuhans also (Medium / Botschaft)

- "Die historische Avantgarde konstituierte sich <...> durch die Forderung, aus jedem künstlerischen Medium alles Medienfremde zu entfernen, um nur das Medienspezifische zu belassen. Aus der Malerei sollte alles Mimetische, Sujethafte, Literarische entfernt werden, um reine Kombinationen von Formen und Farben sichtbar zu machen" - weil Photographie und Kino dies inzwischen besser leisteten; Groys weiter: "Aus der Poesie sollte alles Narrative und Bildhafte entfernt werden, um den reinen Klang der Sprache hörbar zu machen; aus der Musik sollte alles Imitative und Melodisch-Narrative entfernt werden, um den reinen Klang hörbar zu machen. Die Abkehr der modernen Kunst von der Referentialität <...> war <...> eine Folge der systematischen Suche nach der Wahrheit des Medialen, nach der medialen Aufrichtigkeit, bei der sich das Medium, das sich üblicherweise hinter der intendierten Mitteilung verbirgt, so zeigt, wie es ist" = Boris Groys, *Unter Verdacht. Eine Phänomenologie der Medien*, Carl Hanser Verlag 2000, 95

- breiten sich Wellen in gekoppelten Systemen (etwa Luftpartikel) aus, per Übertragung an Nachbarpartikel. Für den Transport von Schallwellen ist ein Medium erforderlich; elektromagnetische Wellen setzen solch ein Feld, doch

---

36 Helmut Lindner, *Das Bild der modernen Physik*, Leipzig / Jena / Berlin (Urania-Verlag) 1973, 92

nicht physikalisch vorliegend (wie von Aristoteles als *to metaxy* beschrieben), sondern medien- (und nicht schlicht kultur-)technisch geschaffen

- schwingende Saiten das, was Mersennes genuin signalnahe Erkundung von Pythagoras unterscheidet, der in Harmonien verfangen blieb und damit zwar Mathematik für Musik entdeckt, aber damit die Aufmerksamkeit auf zeitkritische Prozesse verbaut; Sebastian Klotz, xxx

- algorithmische Rekonstruktion der altgriechischen Musiknotation, in Programmierumgebung SuperCollider dann zum Klingen gebracht; Sinustöne, die sich von realen Sängern in menschliche Töne übersetzen lassen. Tobias Perlick: um sich auf die Tonalität altgriechisch einlassen zu können, das musikalischen Unterbewußtsein auswechseln. Mit Mitteln des Computers an die (durch notationelle Fragmente überlieferten) Klänge in Euripides´ Tragödien: genuine Medienarchäologie; sowohl der Computer als auch die altgriechische Musik teilen den Begriff der Mathematik. Gewissermaßen steht der Computer der Antike hier näher als gegenwärtige Ohren

- Mersennes experimentelle Agenda der Frage, wie *raison* korrigierend und supplementierend eingreift, wo *expérience* an ihre Grenzen stößt, am Beispiel schwingender Saiten; Kittlers Vision einer frühgriechischen Antike, die in der Harmonie noch das tatsächlich Widerstrebende, noch nicht Dualisierte meint (Hinweis Sebastian Klotz, November 2004)

- Musik *im* Medium: *sound* als "Mechanical disturbance from a state of equilibrium that propagates through an elastic material medium" = Encyclopaedia Britannica, 2003

- antike Medientheorie bis 1900 (Äther-These), daß durch Propulsion kleinster Teilchen Klang übertragen wird

- Graduiertenkolleg HU "Gewalt" / Workshop Hörstürze WS 03/04, Diss. Florian Schreiner über Hören, Hörigkeit, Sein; akustische Gewalt geschieht im Grenzbereich / "slices" von Xenakis; Heidegger / akustische Gewalt / technische Kodierung zwischen Daseinskopplung und technischer Anwendung

"SOUND, MEDIUM, WAHRNEHMUNG"

## **Musik, synthetisiert**

- Schreiben zum Thema Klavier: das Spiel diskreter Tasten als Subjekt und Objekt

- Lady Lovelace über das musikalische Potential der Analytical Machine von Charles Babbage: "Supposing, for instance, that the fundamental relations of pitched sounds in the science of harmony and of musical composition were susceptible of such expression and adaptations, the engine might compose elaborate and scientific pieces of music of any degree of complexity or extent"<sup>37</sup>

---

37 Ada Lovelace, Notes by the Translator (Note A), in: Bowden (Hg.) 1953/1971: 362-373 (365)

- Bilden Vocoder, welche etwa die spektralen Anteile phonetischer Artikulation auszufiltern und wiederzugeben vermögen, weniger die Sprache ab; vielmehr spricht die Maschine, bzw. entbrigt das Maschinische in menschlicher Artikulation selbst

- Hermann Eimert, Einführung in die elektronische Musik:  
[http://www.elektropolis.de/ssb\\_story\\_eimert.htm](http://www.elektropolis.de/ssb_story_eimert.htm)

## **Der Synthesizer (analog / digital)**

- Gerhard Steinke in Magazin KEYBOARDS, vierteilige Serie zum Thema "Klangerzeuger Subharchord" (Ausgaben 8/03 - 11/03): ästhetische Hemmschwelle, von der klassischen, klangtransitiven Tastatur zur intransitiven musikalischen Informationssteuerung auf Roland-Masterkeyboard für MIDI-Steuerung zu wechseln. "Damit sind zwar so gut wie alle, auch unmusikalischen Effekte möglich, doch ist damit der Faden zerschnitten, der das Gefühl für Materialität des technologischen Artefakts noch intakt (*tangere*) hält

- Verhältnis des Analogen zum Digitalen; mit dem Abtasttheorem von Shannon/Nyquist kommt diese ontologische Dichtotomie zum Erliegen; über diesen Ansatz die alten analogen Synthesizer mit all ihren klanglichen Unzulänglichkeiten als virtuell-analoge Synthesizer digital wieder auferstehen zu lassen

## **Klang(medien)wissenschaft**

- *Klänge* daraufhin zu befragen, wovon sie ein Wissen darstellen; antike *musica* in den gelehrten Traditionen sowohl *ars* als auch *scientia*, also selbst bereits eine Wissenschaft; hatte zunächst nichts mit dem Klingendem zu tun. "Ihre Ontologie (*numerus*, Proportion, Wahrheit) entfaltetete sich auch ohne das Klangliche. Verfügt nun auch der *Klang* über ein gleichartig angewandtes und epistemisches Profil? [...] Die in den Klängen vorliegenden signaltechnischen rekursiven und algorithmischen Prozeduren, die in Klangobjekten zur Erscheinung kommen, beinhalten im Inneren eine hochtechnische *Analysis* und damit bereits ein eigenes Wissen. Klangwissenschaft erfordert nicht mehr eine wissenschaftlich-hermeneutische *Analyse*, wie sie für Musik/Musikwissenschaft maßgeblich war. Vielmehr sind die Vermittlungsebenen präzise zu exponieren, die zwischen der technischen Operativität von Klängen, ihrer Beobachtbarkeit und Zurechenbarkeit als relevante Ereignisse sowie ihrer Transformation in kulturellen Sinn bestehen. [...] Eine Prämisse wäre, dass im Klang eine auditive *ars* und *scientia* kurzgeschlossen werden. [...] Klänge sind [...] Kürzel für die Einführung von Technologie und Kognition" = Sebastian Klotz, Klang als Technologie und Kognition. Systemtheoretische und medienarchäologische Hypothesen, abstract zur Tagung Audio Medien Theorie. Methoden einer interdisziplinären Klangwissenschaft. Tagung am Lehrstuhl Theorie und Praxis Multimedialer Systeme FB 3, Medienwissenschaft, Universität Siegen, 12. bis 14.2.2010

## **Musik als Effekt ihrer Medien?**

- nicht die kulturelle Form Musik, nicht Melodie das Objekt von Medienwissenschaft, sondern Akustik, Signal, Geräusch, *signal-to-noise-ratio* ;im Kern der mathematischen Nachrichtentheorie selbst ein Begriff aus dem Akustischen); eine Oper als ein „akustischer Datenfluß“ = Kittler 1987: 95 in ihrer kulturtechnischen Bedingung, nicht hinreichend als ästhetische Form definiert

- "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)

- Unterscheidung des Mittelalters zwischen Musik als *ars liberalis*, geistig (Komposition) und *ars mechanica*, technisch (Musikausübung) = Kapitel 2.1.1.2. "Trennung von Wissenschaft und Kunst", in: Ästhetik und Kunst, hg. v. Erwin Pracht, Berlin 1987, 130 f. "So galt im Mittelalter real klingende Musik als niedrigste Stufe, nicht als Begründungsform von Musik. [...] Musiker nicht Verwalter von Klängen des Kosmos, der unhörbar vor sich hinklingt" (Sebastian Klotz)

- Manifest von *Forum 440*: Speicher- und Kommunikationsmedien; verändert sich das kulturelle Gedächtnis, wenn es vom menschlichen Körper auf Schrift oder Tonaufnahme verlagert wird; Auswirkungen technischer Mittel, Kanäle und Schnittstellen auf die Produktion und das Verständnis von Musik; Besonderheiten mechanischer bzw. elektronischer Klang(re)produktion

- April 2002 Tagung *Klangkörper* des MPI für Wissenschaftsgeschichte: Einschnitt die Möglichkeit zur Klangspeicherung per Grammophon. Klangkörper erzeugen nicht allein Klänge, sondern empfangen, verarbeiten und speichern Klänge. Klangkörper demnach auch der an cerebrale Sprach- und Gedächtnisregionen gekoppelte menschliche Stimmapparat, das Mikrophon und der elektro-akustische Synthesizer im Tonstudio, Grammophon und Trichter; CD-Player und Lautsprecher; klangspeichernde Klangkörper: Notenpapier, die Schallplatte, die CD, die Musikdatei im World Wide Web, in denen Klänge zum Zwecke des Aufbewahrens oder des Transports vorübergehend zum Schweigen gebracht werden, und die zur Entfaltung ihrer Effekte auf ganz anderes als auf die äußere Einwirkung von (Luft-) Schwingungen angewiesen sind

## **Musik, ein zeitbasiertes Medium / Geräusch**

- Indem Johann Wolfgang von Goethe Architektur als „verstummte Musik“ bezeichnete, setzte er die räumlich-mathematische Ordnung der Musik über deren akustische, *zeitbasierte* Qualitäten. Schlegel dagegen spricht von Architektur als „gefrorener Musik“ und betont damit deren besonderen Zeitcharakter.<sup>38</sup> Nicht Musik, Akustik ist zeitbasiert.

---

38 Jörg H. Gleiter, "... bis zum Umgekehrten hindurch ...". Nietzsches "Experimental-Ästhetik" und die Architektur, in: Gerhard Schweppenhäuser / ders. (Hg.), Nietzsches Labyrinth. Perspektiven zur Ästhetik, Ethik und Kulturphilosophie, Weimar (Universitätsverlag) 2001, 34-59 (39)

- steht *noise* Shannons *Mathematical Theory of Communication*, eingeschrieben; "Medium" im strengen Sinne schlicht der Kanal; die Schnittstelle zur sozialen oder Umwelt liegt nicht an den technischen Orten der De-/Kodierung, sondern erst in Signalsenke

- überwiegen im Gehör, "im Gegensatz zum optischen Gebiet, diejenigen akustischen Wahrnehmungen, die uns von Veränderungen Kunde geben, so beträchtlich diejenigen, die auf unverändert Fordauerndes hinweisen" = Rudolf Arnheim, *Das Weltbild des Ohres*, in: ders., *Rundfunk als Hörkunst und weitere Aufsätze zum Hörfunk* [\*Radio, London 1936], Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2001, 18- (19); Radio-Hörszene damit eigentliche (Medien-)Szene für dramatisches Geschehen; im Sinne Lessings: "Klangwahrnehmung überhaupt ist immer nur innerhalb eines Zeitablaufs möglich. Für das Auge existiert in jedem Zeitaugenblick ein reiches in drei Raumdimensionen erstrecktes Bild. Daher gibt es auch zeitlose Augenkünste: Malerei und Plastik (neben zeithaften wie Theater, Film, Tanz). Hingegen ist die Vorstellung von einer zeitlosen akustischen Wahrnehmung sinnlos" = Arnheim ebd.; das wäre Stille. „Zum Charakter des Hörbaren gehört die Erstreckung in der Zeit, und daher haben alle Ohrenkünste (Musik, Rundfunk, Theater, Tonfilm usw.) Zeitcharakter“ = ebd.

Als temporales Geschehen ist M. ein Medium, das, im einmaligen Erklängen sich erschöpfend, weder ausgestellt oder gespeichert, noch auf andere Weise bewahrt werden kann; es sei denn in der Erinnerung des Zuhörers. Zentral für M. ist daher neben Produktion und Rezeption ihre Wiederholung<sup>39</sup>

- zentrales Kriterium technisch aufgezeichneter Prozesse Wiederholbarkeit der Signale; kodiert gespeichert kein Klang, sondern strukturell Musik

## **Musik, Akustik, Mathematik**

- liegt Zeit in Sukzession, in der Zählung: Seele, so Euler, "bekömmt eben dadurch auch den Begriff des Successiven, in so ferne sie andre und andre Eindrücke hintereinander empfindet, und daraus entspringet die Idee von der Dauer und der Zeit: sie bemerkt die Verschiedenheit ihrer Empfindungen, die eine auf die andre folgen, und fängt an sie zu zählen, ob gleich dieses Zählen aus Mangel der Zeichen oder Namen, die zu Bemerkung der Zahlen gehören, eben nicht weit gehen kann"<sup>40</sup>

- „bringen die von aller Wirklichkeitsbezogenheit gereinigten Klänge der Musik die akustischen Ausdruckseigenschaften auf so mathematisch strenge Verhältnisse, daß die künstlerische Form mit ihrer Hilfe in sonst unerreichbarer Vollkommenheit realisiert werden kann" = Rudolf Arnheim, *Das Weltbild des Ohres*, in: ders., *Rundfunk als Hörkunst und weitere Aufsätze zum Hörfunk* [\*Radio, London 1936], Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2001, 18- (20). Rein aber ist nur die nicht-implementierte musikalische Komposition wie Algorithmus; jede elektro-physikalische Verkörperung von Verunreinigung = Welthaftigkeit von Medienprozessen;

---

39 Christian Bielefeldt, Eintrag  Musik, in: Pethes / Ruchatz (Hg.) 2001: 389-391 (389)

40 Leonard Euler, Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie, Nachdruck der Ausgabe Leipzig u. a. 1769-1773, Braunschweig (Vieweg) 1986, 95. Brief, 107

datenverarbeitendes Paradigma der "unscheinbaren mathematischen Gleichungen, mit denen *unter Medienbedingungen* <meine Hervorhebung, W. E.> alle Parameter aller Musik anschreibbar gemacht worden sind" = Friedrich Kittler, "Musik als Medium", erschienen in: Bernhard J. Dotzler / Ernst Müller (Hg.), *Wahrnehmung und Geschichte. Markierungen zur Aisthesis materialis*, Berlin (Akademie-Verlag) 1995, 83-99 (84); anschreibbar = inventarisierbar / rechenbar

- macht Medienarchäologie Musik nicht schlicht zu ihrem Objekt, sondern versteht sich selbst als musikalische Funktion; Zusammenhang zwischen Foucaults *Archäologie des Wissens* und der seriellen Musik; "waren die tragenden Begriffe des Ereignisses und der Serie Theorieimporte aus einer Musik, deren mathematischen Kalkül der junge Foucault an Boulez und mehr noch Barraqué geliebt hatte"<sup>41</sup>

- mit Pythagoras - Musik eher von der Zahl / vom *computing* her, also von der Mathematik, als vom akustischen Klang denken; realer Klang bedarf der Materialisierung, die Ableitung der musikalischen Idee in operativer Materie = Techno/logie; musikalische und arithmetische Seite der Dinge unterscheiden sich für die Pythagoräer in nichts; Konrad Zuses Begriff vom *Rechnenden Raum*. Konvergenz: Computermusik. Jacob Klein, *Die griechische Logistik* (S. 68) schreibt von „angleichender Seinsidentifikation“ = Zitiert nach: Oliver Busch, *Logos Syntheseós. Die euklidische sectio canonis, Aristoxenos, und die Rolle der Mathematik in der antiken Musiktheorie*, Berlin (SIM Preußischer Kulturbesitz) xxx, 122; Pythagoreern nicht am phänomenologischen Wahrnehmungsbereich gelegen; vielmehr entwerfen sie ihr Modell „ohne jeden Bezug auf die sinnliche Wahrnehmung, sondern aus einem völlig abstrakten Moment heraus“ = Busch xxx: 128. Keine Beurteilung des sinnlich Wahrnehmbaren (*krísis aisthetón*). Nicht Phänomenologie, sondern Kalkül, insofern auf Seiten der mathematiknahen Medienarchäologie. "Pythagoras' Nachweis, daß die Tonhöhen einer schwingenden Saite zueinander in Brüchen oder Verhältnissen stehen, die den jeweiligen Saitenlängen umgekehrt proportional sind, erlaubte eine elementare Mathematisierung und Verschriftung von Musik. <...> *Die Musik aber als Zeit, also in Frequenzbegriffen zu beschreiben, trägt erst ihre neuzeitliche Theorie*" (Kittler)

- "die Empfindung des [musikalischen] Vernehmens", frei nach Goethes Farbenlehre, "etwas von trockenen Zahlenverhältnissen ganz Verschiedenes", nämlich ein "inneres Hören und Verstehen", überführt die musikalische Physik in eine musikalische Hermeneutik. "Eben das macht sie zur Sache der Philosophie" (Kittler)

- Musik immer schon Stille als Apriori gleich Mathematikgeschichte des (Null)Punkts (Brian Rotman): "Die westliche Musik baut Dinge auf, indem sie Note auf Note, Form auf Form stapelt <...>: ihre Grundlage ist die Stille, alle musikalischen Klänge entwickeln sich von diesem Punkt aus. Die indische Musik andererseits geht vom Klang aus. <...> Alle zu spielenden Noten und

---

41 Friedrich Kittler, *Zum Geleit*, in: Michel Foucault, *Botschaften der Macht. Der Foucault-Reader. Diskurs und Medien*, hg. u. mit e. Nachw. versehen von Jan Engelmann, Stuttgart (DVA) 1999, 7-9 (8)

möglichen Noten sind vorhanden, bevor die Hauptmusiker selbst mit dem Spiel beginnen. <...> Deshalb geht man davon aus, daß die Hauptmusiker beim Spielen die Noten aus einem bereits bestehenden Klangfeld, dem Summen, herausholen<sup>42</sup>

- Musik in Proportionen, in Zahlenverhältnissen, in Intervallen gedacht; Anschluß Algorithmisierung, Musikautomaten; gleichrangige Überführbarkeit von Schrift-Bild-Ton-Zahl in diskret rechnende Maschine; Konzeption des Lochkartengesteuerten, frei programmierbaren und zwischenspeichernden Rechners von Charles Babbage basiert auf der Inspiration durch den bildwebenden Jacquardwebstuhl, der seinerseits analog zu Lochkartengesteuerten *Musikautomaten* zu lesen ist = Ulrike Bergemann, Science film. Eine Geschichte des Computers: Von Frauen und Weben, in: Frauen in der Literaturwissenschaft. Rundbrief 48 (August 1996), 18-23 (20); Habil.schrift Sebastian Klotz

- interaktive kybernetische Musik-Systeme dem Versprechen der Turing-Galaxis nahe: Rechner verwandelt sich von einem Instrument zur Ausführung von Partituren zu einem intelligenten Gegenueber, und das Netz wird von einem Distributionskanal zu einer Kooperationsumgebung; Schlußthese Attali, *Bruits: Zeit des composer*, im Sinne einer mittelalterlichen *ars liberalis*

## Schallübertragung (Helmholtz)

- tritt Medienbegriff im Kontext der Akustik auf / *arché*, Aristoteles § 419b. "Schallerzeugend ist", so definiert es Aristoteles in *Über die Seele*, "was fähig ist, die einheitliche Luftmasse zusammenhängend bis zum Gehörorgan in Bewegung zu setzen." Tatsächlich Schall in diskreten Schwingungen übertragen; Hermann Helmholtz in seiner Schrift *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik* 1863 (Braunschweig: Vieweg 1863, unveränderter Nachdruck Frankfurt/M: Minerva 1981, 16): "Unserem Ohre werden nun die Erschütterungen, welche von den tönenden Körpern ausgehen, in der Regel erst durch Vermittlung der Luft zugetragen"

- Nietzsches Einwand gegen die Musik Wagners: "wozu diese erst noch unter ästhetischen Formeln verkleiden? Ästhetik ist ja nichts als angewandte Physiologie. [...] Und so frage ich mich: was will eigentlich mein ganzer Leib von der Musik überhaupt? Denn es gibt keine Seele" (II 1041); "seelenlose" phonographische Aufzeichnung. Medienarchäologische vs. phänomenologische Deutung von *aisthesis*: "Licht wird erst Licht, wenn es ein sehendes Auge trifft, ohne dieses ist es nur Aetherschwingung" = Hermann von Helmholtz, Vorträge und Reden, Bd. 1, Braunschweig 1896, 87-117 (98). „Wir hören nicht Luftschwingungen, sondern den Klang der Glocke.“<sup>43</sup> Phänomenologie ist für technische Medieneinsicht taub; in Störung (mit Heidegger) macht sich das Medium bemerkbar

---

42 Bill Viola, Der Klang der Ein-Zeilen-Abtastung, in: Theaterschrift 4: The Inner Side of Silence, Brüssel (September 1993), 16-54 (28)

43 Sybille Krämer, Das Medium als Spur und als Apparat, in: dies. (Hg.), Medien - Computer - Realität. Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1998, 73-94 (74)

- Inhaltsverzeichnis für das Kapitel "Die Zusammensetzung der Schwingungen":  
"Während die Wellen continuierlich fortschreiten, führen die Theilchen des Mediums, durch welches sie fortschreiten, periodische Bewegungen aus" = Hermann Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, Braunschweig (Vieweg) 1863, unveränd. Nachdr. Frankfurt/M. (Minerva) 1981; physikalisches Medium diskretisiert die Botschaft; im Phonautographen sichtbare Wellen

- Bruchstelle; erinnert Helmholtz schon im ersten Satz der Einleitung seines Buches: "Das vorliegende Buch sucht die Grenzgebiete von Wissenschaften zu vereinigen, welche, obgleich durch viele natürliche Beziehungen auf einander hingewiesen, bisher doch ziemlich getrennt neben einander gestanden haben, die Grenzgebiete nämlich einerseits der *physikalischen* und *physiologischen Akustik*, andererseits der *Musikwissenschaft* und *Aesthetik*. <...> Der naturwissenschaftliche, der philosophische, der künstlerische Gesichtskreis sind in neuerer Zeit mehr, als billig ist, auseinandergerückt worden, und es besteht deshalb in jedem dieser Kreise für die Sprache, die Methoden und die Zwecke des andern eine gewisse Schwierigkeit des Verständnisses, welche auch bei der hier zu verfolgenden Aufgabe hauptsächlich verhindert haben mag, dass sie nicht schon längst eingehender bearbeitet und ihrer Lösung entgegengeführt worden ist" = Helmholtz 1863: 1

- Um Zahl der Schwingungen genau, also meßbar zu bestimmen, welche elastische Körper als hörbare Töne hervorbringen, radikale Distanz von musikalischer Ästhetik: "Die mathematische Theorie und mannigfaltige Versuche mussten sich zu dem Ende gegenseitig zu Hilfe kommen" = Helmholtz 1863: 21; Differenz - oder weniger platonisch-idealistisch: *différence* - zwischen den mittelalterlichen *artes liberales* und den *artes mechanicae*, "between physically embodied machines, whose ultimate function is to transduce energy or deliver power, and abstract machines, i. e., machines that exist only as ideas" = Weizenbaum 1976: 111

- wechselt Helmholtz, um Klangfarbe und Schwingungsform von Tönen zu erklären, die Artikulationsform, nämlich als Abkürzung komplexer Sachverhalte durch das Bild: "Um das Gesetz solcher Bewegungen dem Auge übersichtlicher darzulegen, als es durch weitläufige Beschreibungen geschehen kann, pflegen Mathematiker und Physiker eine graphische Methode anzuwenden, die auch wir noch oft zu benutzen gezwungen sein werden" = Helmholtz 1863: 33; Étienne-Jules Marey, *Méthode graphique*; im Reader *Abbildungen* Seite 45 u. 46; schreibt eine mit Stift versehene Stimmgabel eine Kurve; Mareys *Mouvement de la vie*. Damit Bewegung aufgezeichnet werden kann, notwendig, daß das Meßinstrument selbst sich bewegt: "So thut man am besten, das Papier über einen Cylinder zu ziehen, der durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation versetzt wird" <34>. Es ist das Medium der Taktung, das hier analoge, kontinuierliche Effekte zeitigt: „Eine solche Zeichnung zeigt also unmittelbar, an welcher Stelle seiner Bahn sich der schwingende Körper in jedem beliebig gewählten Zeitmoment befand, und gibt somit ein vollständiges Bild seiner Bewegung“ = Helmholtz 1863: 35; nutzt Helmholtz das Speichermedium Buch selbst als symbolische Maschine, die auch zur Wiedergabe des Gespeicherten in der Lage ist - Grammophon, *avant la lettre*. Aus dem klassischen Träger buchstäblicher Information wird ein Labor, eine Versuchsanordnung. Helmholtz

rekurriert auf den *Phonautographen* (und eben nicht Phonographen, denn hier werden Schwingungen vermessen, nicht Effekte des Lebendigen) von Scott und König <ebd., 34>. "Diese Linie, nachdem sie auf das Papier gezeichnet ist, bleibt stehen als ein Bild von derjenigen Art der Bewegung, welche das Ende der Gabel während der tönenden Schwingungen aufgeführt hat" = Helmholtz 1863: 34; *Verbildlichung des Tons*, wie sie mit der optischen Einlesung nicht mehr abspielbarer Wachswalzenzylinder aus der Zeit um 1900 durch digitale Scanner im Jahre 2000 korrespondiert

## **Musikalische Memetik**

- Melodien, Sätzen, architektonischen Bögenbauten als Beispiele für Memetik; geht über in Kulturtechniken: Musik, Schrift, Erziehung, die Odyssee: Übertragungsform Hexameter; rechtwinkliges Dreieck (Satz des Pythagoras, zeitinvariant), Schach; Dawkins, *Das egoistische Gen*, Heidelberg, 1988; Dennett, *Philosophie des menschlichen Bewusstseins*, Hamburg 1994

## **Wenn Musik- als Mediensoziologie, dann *bruits***

- inwiefern ein technisches Medium den Zugang zu Musik erweitert oder beschränkt; Provokation der *Mediensoziologie*: Im Sinne von Jacques Attali's *Bruits* kann jedoch Soziologie als Analyse der akustischen Rhythmisierung einer Gesellschaft betrieben werden

- semiotischer Medienbegriff primär mediensoziologisch orientiert; demgegenüber versteht Medienarchäologie (als wohldefinierte Medienwissenschaft) unter "Zeichensysteme<n> in den Medien" vielmehr nachrichtentechnische Prozesse der Signalübertragung, -prozessierung und -speicherung

- "Einer Epoche, in der dem Menschen nichts als die eigenen Organe zur Verfügung standen (Stimme), folgt die Epoche der Tonwerkzeuge als Extensionen des Menschen ganz im Sinne McLuhans. Die „elektronische Epoche“ aber „stellt den Menschen nur noch an den Beginn des Kompositionsprozesses, schaltet ihn aber als Mittler aus.“ So verschwindet das Mensch-Medium (Faulstich) und der klassische, passive Medienbegriff. „Ihre dehumanisierte Musik ist in der Domäne des reinen Geistes entstanden" = H. H. Stuckenschmidt, *Die dritte Epoche*, in: *die Reihe 1* (1995); Hinweis M. J. Grant. *Mathematik jedoch ihrerseits von Anfang an gespalten gedacht: ideell (als „reiner Geist“) versus Materialität der Zahl. „Dehumanisiert“* meint andererseits das medienarchäologische Ohr: das primär schweigend das Phänomen Akustik angeht, als Rechenvorgang

## **"Musik und Medien" - eine *liaison dangereuse*?**

- Notation einerseits (Kodierung, *logos*), maschinelle Implementierung andererseits (*techné*) - also Techno/logie. Erst im materialisierten Vollzug in der Hardware (Instrument, menschliche Stimme) erklingt Musik - der ganze Unterschied zwischen Algorithmus als Anweisung und vollzogener Turing-

## Maschine (1936/37)

- Edison-Walze, die vorrangig für Büro Zwecke (als Diktiermaschine und Anrufbeantworter) geplant, Bandbreite von Sprache (ca. 5000 Hz), während erst Emil Berliners Grammophon (Schallplatte, Seitenschrift statt Tiefschrift) die wirksame Wiedergabe von Musik und ihre technische massenhafte Reproduktion erlaubt
- welches nun das historische Klangereignis: medienarchäologisches Ohr hört das Geräusch des Geräts; die aus der Nachrichtentheorie Shannons vertraute *signal-to-noise ratio*; in Audiotechnik wird mit D. <sc. Dynamik> das Verhältnis eines Nutzsignals, z. B. Klanginformationen wie Musik, zu den mehr oder weniger unvermeidlichen Störgeräuschen (Störspannung, Rauschen, Brumm) angegeben; bei Klangaufzeichnung mit einem Tonbandgerät wird die D. beispielsweise durch die größtmögliche Aussteuerung (ohne hörbare Verzerrung durch Übersteuerung der Übertragungselemente) und durch das Eigenrauschen des speichernden Tonbands begrenzt<sup>44</sup>
- *close reading* (nicht "listening") der entsprechenden Tonspuren, wie es optische Scanner zu leisten vermögen, zeigt das nicht mehr symbolische, sondern im Realen operierende diskrete "Alphabet" der Schallaufzeichnung
- erhört medienarchäologisches Ohr nicht nur das Rauschen, also den Anteil des medialen Übertragungskanal von akustischen Signalen; es hört auch die Mathematik darin - ganz so, wie Leibniz einst am Meeresstrand im Brechen der Wellen die Welt sich rechnen hörte
- hat Musik mit technologischen Medien gemeinsam: daß sie sich erst im Vollzug entfalten, anders als etwa das Bild, die bildende Kunst (Malerei, Skulptur, Architektur). Gotthold Ephraim Lessing schreibt im *Laokoon oder über die Grenzen der Malerei und Poesie* 1766, Kapitel XVI, gegen sogenannte Intermedialität, "daß die Malerei zu ihren Nachahmungen ganz andere Mittel oder Zeichen gebraucht als die Poesie, jene nämlich Figuren und Farben in dem Raume, diese aber artikulierte Töne in der Zeit, wenn unstreitig die Zeichen ein bequemes Verhältnis zu dem Bezeichneten haben müssen" = Ausgabe Reclam Leipzig o. J., durchgesehen v. Rob. Riemann; indexikalischer Bezug; Signalfluß in technologischen Medien teilt mit dem musikalischen (oder klanglichen Ereignis oder gar akustischen) Ereignis das "bequeme Verhältnis" zur Zeit, also den dynamischen Zeichencharakter; Charles Sanders Peirce, der zwischen dem "Unmittelbaren Interpretanten, welches der Interpretant ist, wie er durch das richtige Verstehen des Zeichens selbst offengelegt wird und gewöhnlich die Bedeutung des Zeichens genannt wird," und dem "Dynamischen Interpretanten" unterscheidet, "welcher die tatsächliche Wirkung ist, die das Zeichen als Zeichen wirklich bestimmt"<sup>45</sup>
- Akustik als analytischer Kanal zur Medienanalyse (nicht aus Liebe zur Musik)
- Andreas Luckner, Zeit, Begriff und Rhythmus. Hegel, Heidegger und die

44 Bernd Enders, Lexikon Musikelektronik, 3. Aufl. Mainz (Schott) 1997, 67

45 Charles Sanders Peirce, Semiotische Schriften Bd. III (1906-1911), hg. u. übers. v. Christian Kloesel / Helmut Pape, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1993, 145

elementarische Macht der Musik, in: Richard Klein / Eckehard Kiem / Wolfram Ette (Hg.), *Zeit in der Musik*, Weilerswist (Velbrück) 2000, 108-138

- Hegels Ausführung über die Verschränkung von "Zeitmaß, Takt, Rhythmus" = 163 ff.; der musikalische Rhythmus ist ein "hörbares Modell der Koordinierungstätigkeit des Geistes" = Luckner 2000: 129, in Paraphrase Hegels

- mathematischer Code auf Papier in der Fläche; erst seine Implementierung in maschinelle Prozesse das, was daraus eine Folge von Signalen *in der Zeit* (das physikalische Wesen von Signalen *per definitionem*) macht; Wolfgang Coy, *Aufbau und Arbeitsweise von Rechenanlagen. Eine Einführung in Rechnerarchitektur und Rechnerorganisation für das Grundstudium der Informatik*, 2., verb. u. erw. Auflage, Braunschweig / Wiesbaden 1992, 5. Medien-im-Vollzug vom Kanal her gedacht, vom Übertragungsakt, von der Prozessualität her: aber nicht nur im trivialen Sinne der physikalisch-akustischen Laufzeitverzögerung, anhand derer Aristoteles eins in *De Anima (Peri Psychès)* erst ein "Dazwischen" (*to metaxy*) namens Medien als unsichtbarem Widerstand entdeckte - denn das wäre Klang als Medium nur im Sinne der Physik, sondern in der Gegenwart ist diese Lage eskaliert - was unter verkehrten funktionalen Vorzeichen als frühe Form des Datenzwischenspeichers im Computer eingesetzt wurde: ein Kanal, der mit der Zeit *rechnet*. Musik wird nicht mehr nur auf der kompositorischen Ebene mathematisiert, sondern auf der Ebene ihres Zustandekommens im elektronischen Raum

- spitzt technologische Signalverarbeitung des Akustischen den von Hegel entdeckten Zusammenhang von Sein, Zeit und Ton zu. Damit kommt das zeitkritische Element ins Spiel, denn ein akustisches wie ein elektrotechnisches Ereignis ist nicht schlicht zeitbasiert wie etwa die Kunst des Theaters oder die Entfaltung von Literatur im Erzählfluß, sondern in höchstem Maße empfindlich gegenüber kleinsten zeitlichen Momenten. Die Objekte zählen hier weniger als die Operationen. Das mediale Dazwischen, das Dazwischengeschobene, west hier vor allem in den Intervallen.<sup>46</sup> Kommunikation in der Zeit; Analyse *zeitkritischer Prozesse* ist imstande, das We(i)sen elektronischer Medien zu ergründen

- stehen für Großteil Medienwissenschaft "Sendungen, Genres, Erzähl- und Darstellungsweisen, Inhalte letztlich im Vordergrund medienwissenschaftlicher Analyse"<sup>47</sup>; medienarchäologisches Interesse aber richtet sich auf das Zeilenschreiben des Kathodenstrahls beim Fernsehen, nicht auf die televisuell erzeugten Unterhaltungsinhalte

- hat Marshall McLuhan das "Taktile" des Kathodenstrahls in der TV-Bildröhre mit einer Renaissance des Akustischen verbunden und als Überwindung der (druck-)schriftzentrierten Gutenberg-Galaxis gefeiert

---

46 Siehe Régis Debray, *Pour une médiologie. Définitions premières*, in: ders., *Manifestes Médiologiques*, Paris 1994, 21-33

47 Knut Hickethier, *Binnendifferenzierung oder Abspaltung. Zum Verhältnis von Medienwissenschaft und Germanistik. Das "Hamburger Modell" der Medienwissenschaft*, in: Heinz-B. Heller u. a. (Hg.), *Über Bilder Sprechen. Positionen der Medienwissenschaft*, Marburg 2000, 35-56 (54)

- Daseinsbedingung von Medien in der Zeit; Medienkünstler Bill Viola beschrieb einmal das technische Wesen des Videobilds ausdrücklich und unmetaphorisch als den *Klang der Einzeilen-Abtastung*

- erfand John Logie Baird, Pionier des frühen elektromechanischen Fernsehens, einen Vorgänger der Videodisc zur Speicherung flüchtiger Bildsignale - sogenannte *Phonovision*, auf Schellackplatte. Bis vor Kurzem waren die Signale darauf zwar gespeichert, aber extrem verrauscht und für uns unlesbar, geschweige denn als TV-Bild; ein medienarchäologischer Akt der Art, daß die Archäologen hier die Maschinen selbst sind, und zwar die digitalen, beschert uns nun das Wunder, daß wir TV-Bilder aus der prähistorischen Phase von experimentellem Fernsehen wiedergewinnen konnten. Komplizierte algorithmische Verfahren (Wavelets etwa) vermochten aus den verrauschten, verzerrten Signalen wieder Bildinformation zu destillieren. Das vorliegende Trägermedium, die Schellackplatte, verweist ihrerseits auf das Dispositiv des Grammophons; *sehen* hier von Schallplatte, was sonst nur als Klang vernehmbar: <http://users.telenet.be/thomasweynants/television.html>

- laden akustische Prozesse zum analytischen (d. h. zeitdiskreten) Zugang ein, die Prozessualität elektronischer und digitaler Medien zu begreifen - audionautische Klangreisen in die Eigenzeit der elektronischen Medien. Mithilfe der Akustik lassen sich Zeitstrukturen und das Zeitbasierte in der Programmierung und den Algorithmen viel besser herausarbeiten, als zum Beispiel am Bild. Denn mit akustischen Phänomenen teilen mediale Prozesse, daß sie erst in der Zeit zum Sein kommen - entscheidungskritische Zeitprozesse. Das Verhältnis von *Sein und Zeit* ist damit technisch implementiert. McLuhan zieht daraus die medienarchäologische Konsequenz: „Die Elektrizität besitzt die gleichen Eigenschaften wie die akustische Welt.“ Im elektronischen Raum kommt damit Medienzeit zu sich. Das Summen des Servers im Signallabor ist das *basso continuo* der Medientheorie - immerfort, während für Hegels *Ästhetik* "ist der Ton eine Äußerlichkeit, welche sich in ihrem Entstehen durch ihr Dasein selbst wieder nichtet und an sich selbst verschwindet"<sup>48</sup>

- Chladnis Klangfiguren; Darstellung der Schallwellen (einzelner Töne) überführt die Zeitlichkeit, die die Oszillation des Tons ausmacht, in eine "Gestalt im Raume", die "die Zeit ganz *augenscheinlich* organisiert" <Ritter, Fragmente, xxx, 275>. Im Ornament der "Klangfigur" ist also das "organisiert", und zwar "augenscheinlich", was hernach zum phonotechnischen Paradigma wird: *Bewegung in der Zeit*<sup>49</sup>

## **Elektroakustische Studios**

- 1928 eine "Musikalische Funkversuchsstelle", an Hochschule für Musik in Berlin; Gerhard Steinke, xxx, in: Technische Mitteilungen des RFZ, 11. Jahrgang,

---

48 Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Vorlesungen über die Ästhetik III, in: Werke 15, Frankfurt/M. 1970, 134f

49 Bettine Menke, Akustische Experimente der Romantik, in: Claus Pias (Hg.), Neue Vorträge zur Medienkultur, Weimar (VDG) 2000, 165-184 (168)

Heft 4, Dezember 1967. Rundfunk- und Fernsehtechnische Zentralamt (RFZ) hatte seinen Standort in der Agastraße in Berlin-Adlershof (heute: "Media City Adlershof"). Der spätere Name des RFZ war "Zentrum für Funkdienste" (ZFu)

- Labor für akustisch-musikalische Grenzprobleme (Name variiert mit -gebiete) bestand bis ca. 1990, und hieß ab 1971 "Ton-Studiottechnologie". Über die Geschichte des Labors, des Studios in Berlin-Adlershof und die Entwicklung des Subharchords berichtet der ehemalige Leiter, Dipl. Ing. Gerhard Steinke in seinem Rückblick auf das „SUBHARCHORD“ und die Arbeit des "Studios für künstliche Klang- und Geräuscherzeugung" im Rundfunk- und Fernsehtechnischen Zentralamt (RFZ) der Deutschen Post in den Jahren 1960 bis 1970 in Berlin-Adlershof

- Elektroakustik und "Musik" - unverträglich? John Cage faßt Komposition mit Klang ("organized sound") durchaus - geradezu umso emphatischer - als Musik auf: für einen erweiterten Musikbegriff = interviewt durch John Sanborn und Kit Fithgerald, produziert als Video des Neuberger Museum 1981 aus Anlaß der gleichnamigen Ausstellung *Soundings* (1981)

### **Zur (zeit-)realitvischen Verschränkung von Medien & Musik in der Prgrammierung**

- Ästhetik von Maschinensteuerung: seit Programmiersprache Smalltalk (1971) möglich, ein Programm während seiner Laufzeit "on the fly" umzuschreiben. Diese Zeitform entbirgt sich privilegiert am Musikalischen, "insbesondere im Bereich der Klangsynthese, in der die Zeitstruktur von Prozessen gewissermaßen der einzige Gegenstand ist" = Julian Rohrhuber, xxx, in: Volmar (Hg.) 2009: xxx. "Zeitebenen, die miteinander im Widerstreit stehen" = Rohrhuber 2009: xxx: Ein differentielles, zeitrelativisch verschränktes Verhältnis verschiedener Zeiten (als *différance*) tritt besonders dann auf, "wenn das, worauf ein Programm verweist, vollständig in der Zeit verläuft. Verweist beispielsweise ein Algorithmus zur Klangsynthese auf ein Schallereignis oder auf die Maschnek, id ees erzeugt?" = Rohrhubert 2009: Anm. 29

- Collins, Nick, McLean, Alex, Rohrhuber, Julian, Ward, Adrian (2003): Live Coding in Laptop Performance, in: Organised Sound, Bd. 8, H. 3, 321-330

### **Methoden der Musikwissenschaft**

- Tableau in: G. Adler, Umfang, Methode und Ziel der Musikwissenschaft (1885): Unterteilung "Historisch" (mit ausdrücklich aufgelisteten "Hilfswissenschaften", u. a. Paläographie, Archivkunde); "Systematisch" (mit "Hilfswissenschaften" Akustik, Mathematik, Physiologie, Psychologie = heute: Medienwissenschaft). Trennen: "historische Semantik" von radikaler Archivnutzung und Quellenkritik, also: geschichtswissenschaftliche Methoden ja, aber Verabschiedung des linear-narrativen Zeitmodells. "Historischer Kontext" betrifft die Metadaten. "Historische Hilfswissenschaften" beibehalten, abzüglich: Oberbegriff "Geschichte". Doch "eine Systematik ohne Geschichte ist leer" (Weinzierl, mit Kant)

## Von musikalischer Semantik entlasteter Klang: Musikautomaten

- Sebastian Klotz, *Kombinatorik und die Verbindungskünste der Zeichen in der Musik zwischen 1630 und 1780* über Kompositionsmaschinen in Barock und Vormoderne, Kapitel 9

- ein Maschinist / Komponist, dessen Name buchstäblich Programm ist: Marie Dominique Joseph Engramelle Ende des 18. Jahrhunderts Autor des Buches *La Tonotechnie ou l'art de noter les cylindres*

- enthält Bd. 4 von Dom François Bédos de Celles' *L'art du facteur d'orgues*, Paris (Delatour) 1778 einen Abschnitt zur "Programmierung" von Musikautomaten; tatsächlich "komponiert" hatte dieses Kapitel Engramelle. So heißt das von Dom Bédos eingefügte Kapitel in direkter Übernahme von Engramelle "De la Tonotechnie ou Notage des Cylindres"

- übersetzt Patrick Feaster französischen Begriff "noter" im Titel von Engramelles Buches englisch mit "recording", und der technische Begriff der "notage", so Feaster, hat im Französischen den exklusiven Sinn "setting of pins in barrel organs" <Feaster 2012: 7>. Feaster leitete daraus sein mutiges Verfahren ab, die gedruckten Kupferstich-Illustrationen wörtlich zu nehmen und wie eine phonographische Klangspeicherung zu sonifizieren = Vertonung von Dom François Bédos de Celles' *L'art du facteur d'orgues*, Paris (Delatour) 1778, Bd. 4, Abschnitt zur "Programmierung" von Musikautomaten, Kupferstich "Plate 120", in: Feaster 2012: 8

- zeitgenössische Variante solch kodierter Musik, nämlich Conlon Nancarrow's *Studies for Player Piano* Hinweis - Loch für Loch individuell gestanzt, bis in die 1990er Jahre; CD WER 6670 2 (Wergo) conlon nancarrow, *studies and solos*

## Experimentierung sonischer Evidenz (HAEL)

- Sebastian Klotz, Klang als epistemische Ressource und als operativer Prozess, in: Axel Volmar / Jens Schröter (Hg.), *Auditive Medienkulturen. Techniken des Hörens und Praktiken der Klanggestaltung*, Bielefeld (transcript) 2013, 189-206

- nicht schlicht *sound cultures* respektive Sound Studies als klangnahe Kulturwissenschaft; dezidiert der Ansatz musikologischen Wissens, um die disziplinäre Kompetenz der *Musikwissenschaft* ins Spiel bringen, gekoppelt mit akustischem und elektroakustischem Wissen, bis hin zu buchstäblichen Kurzschlüsse zwischen klangtechnischer und musikalischer Semantik: das Potential, das in Momenten der Befreiung des Klangs von der kulturellen Macht der Musik als Kunstform liegt.

- plädiert Sebastian Klotz dafür, daß die Lücke zwischen Klang und Sinn nicht mehr zwangsläufig nur in Form des "pathetischen" Begriffs von Musik zu füllen ist, sondern im Horizont der "Sound and Music Computing" Forschung <191 f.>. Genau dazu richtet sich nun das Forschungs-*lab* ein: als Ermöglichung, sich forschend auf jener auditiven Ebene zu bewegen, "die noch nicht kulturell-semantisch aufgeladen ist", und sich gerade dazu zumindest zeitweise von

technischen Verfahren gegenüber der semantischen Fixierung unseres Verstehens suspendieren zu lassen <194>; Begriff des Sonischen

- damit seit Stumpfs und Hornbostels Zeiten in Musikwissenschaft der Humboldt-Universität erstmals wieder Daten abgenommen; Differenz technisch grundierend im Signalverstärker, der physiologisch analoge Signale a) überhaupt erst lesbar macht und b) in digitale, also mathematisch analysierbare Daten wandelt; kritische Nachfrage: "Was an transkultureller Musik verstärkt der Verstärker?" (Sebastian Klotz, Juni 2016)

- führt Einrichtung des Hornbostel Audio Emergence Lab (Institut für Musik- und Medienwissenschaft, HU Berlin) geradewegs in die Digital Humanities; in Tradition von Carl Stumpfs und Hornbostels Gestaltpsychologie, Psychoakustik, Instrumentenkunde und kritischem Einbezug phonographischer Aufnahmetechniken Wahrnehmungsweisen des Musikalischen erproben, bis hin zur Wissenschaft von *embodied* und *situated cognition*. Die musikpsychologische Erforschung von Aufmerksamkeitssteuerung soll hier um komplexe Konstrukte wie Synchronisation and Empathie erweitert werden, durch Untersuchungsverfahren wie *motion capturing* und *hyperscanning*; hier liegt ein Dialog zu anderen Labs bis hin zur Sportwissenschaft nahe, aber auch am hiesigen Institut selbst (das Labor der Systematischen Musikwissenschaft, das Signallabor der Medienwissenschaft) - praxisnahe Chance, daß aus der Not einer aus heterogenen Instituten zusammengewürfelten Fakultät ein aktives Netzwerk wird.

- angewandte neuromusikalische Forschung am MPI für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig; Arbeits- und Untersuchungsfelder des Labors etwa *brain-computer-interfaces*, auch Bio-Feedback-Signalwege; Musikwissenschaft um laborbasierte Arbeitstechniken erweitert; akademische und *Forschungskunst* zusammenfinden lassen; semantische Lücke zwischen "Sound" und "Sense", zwischen Klang und Sinn(en) austesten

- Kurzbeschreibung HAEL: Lehr-, Demonstrations- und Forschungseinrichtung; kombiniert apparative, introspektive, phänomenologische und qualitative Verfahren, auf audio-basierte kognitive Aufgaben und die resultierenden Prozesse angewendet; *meßmedienbasierte Ermittlung* und Beschreibung von emergenten Prozessen im Kontext musikalischer Situationen im weitesten Sinne; Paradigmen post-funktionalistischer neurokognitiver Forschungen. Strategisch siedelt sich das HAEL unter Forschungslaboren an, die interventionistisch ausgerichtet sind; komplementär zu den etablierten musikpsychologischen Laboren = <https://www.muwi.hu-berlin.de/de/musikwissenschaft/trans/hornbostel-audio-emergence-lab-hael-in-gruendung>, Abruf Juni 2016

- apparativ zunächst äußere physiologische Indikatoren und ereigniskorrelierte Potentiale (EEG) erfaßt; Implementierung von *hyper scanning* angestrebt, um Phänomene der Synchronisation, joint action und Konsensualität abbilden und analysieren zu können; Brain Computer Interface und Bio feed-back-Verfahren; werden im Hornbostel Audio Emergence Lab nicht nur die emergierenden Prozesse, sondern auch die Form der Gewinnung von Daten thematisiert. Das Labor somit als spezifisches Arrangement von Akteuren, Expertisen, Technologien, Parametrisierungen und Objektivitäts-Standards im Sinne von

ANT erkennbar. Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Daten-Evidenzen und Konzepten von „Musik“, „Bewegung“, „Emotion“, „Affekt“, „Multi-Modalität“, *entrainment*, *embodiment*. Kritische Mit-Thematisierung der "Form der Gewinnung von Daten": "meßtechnische Form", oder auch "medienepistemologische Form"

SCHWINGUNGEN (nicht-klänglich)

### **Definitionen der "Schwingung"**

- Schwingung als periodischer Bewegungszustand eines Teilchens / Körpers. Dagegen Ausbreitung der Schwingungen vom Anregungsort über viele gekoppelte Teilchen hinweg: Welle = Düsing-Schaefer, Experimentalphysik. 24. Aufl. Leipzig (Fachbuchverlag) 1957, 159

- Begriff „Schwingung“ aus Mechanik; in übertragenem Sinne dort gebraucht, wo es sich nicht um wirkliche Bewegung materieller Körper handelt (Pendel), sondern "Veränderungen irgendwelcher Größen, deren zeitlicher Ablauf durch dieselben formalen Mittel darstellbar ist, wie jene" = Josef Ritter von Geitler, Elektromagnetische Schwingungen und Wellen, Braunschweig 1905 , 49

### **Technische Schwingungen: die Saite als Meßmedium**

- akustische Erkenntnis buchstäblich *von Saiten* des Monochords. Argument Weinzierl (Vortrag "Muß systematische Kulturforschung historisch sein?", 26. Januar 2016, Ringvorlesung UdK Berlin): Schwingungsereignisse gehören der physikalischen Mechanik an; das Klavier aber ist nur kulturhistorisch zu verstehen. Dazwischen aber steht das Monochord: einerseits *wissenshistorisch*, andererseits als nachvollziehbares Ereignis gleichursprünglich (Kriterium der Wiederholbarkeit des Laborexperiments, wodurch sich Naturwissenschaften von historischer Forschung unterscheiden, der das Ereignis in der Vergangenheit nicht wiederholbar ist)

- 1920/21 entwickelt die Firma Maikhak MDS-Geräte (Maihaks Dauerschwingende Saite). Eine schwingfähig gespannte Stahlsaite fungiert hier nicht der Klangerzeugung, sondern der Analyse (thermo-)dynamischer Prozesse in Physik und Natur (Druck, Dehnung, Neigung, Temperatur) = Monika Wersche, Ingenieur Hugo Maihak. Eine Geschichte, unter <http://www.funkstunde.com/de/technik/maihak>; Zugriff 5. März 2010

### **Eingeschwungener Zustand *versus* Transienten**

- harmonische Schwingung definiert durch die Zeitabhängigkeit ihrer veränderlichen Zustandsgrößen: sinusförmig. Zugleich Schwingungsdauer T bzw. Frequenz f unabhängig von der Amplitude; Form der Schwingung entsteht in einfachen linearen Systemen ohne Dämpfung = wikipedia.org

- Schwingungen immer erst als Störung zustandekommen; Kernthese Dissertation Heinrich Barkhausens über die *erzwungene* Oszillationen in

Elektronenröhren; harmonische Schwingung nicht das Natürliche, sondern Resultat einer Irritation: die mikro-traumatische Spur, die der *harmonía* anhaftet und unbewußt mitgehört wird als etwas Irreduzibels, das von der "zeitlosen" Fourier-Analyse verfehlt wird

- kybernetische List der Elektronenröhre, in Form des Meissner-Schaltung einen sich selbst korrigierenden Schwingkreis einzukoppeln und damit periodisch gleichbleibende Oszillationen zu generieren (die Grundlage aller amplituden- oder frequenzmodulierten Nachrichtenübertragungskanäle)

- Anschlagen oder die Auslenkung einer gespannten Saite aus dem Ruhezustand ist ein Eingangssignal, welches sie in einen nicht-stationären Zustand versetzt; ist diese Schwingung nicht mehr von ihrer Auslenkung oder ihrem Anschlag abhängig, gilt der der Systemzustand als eingeschwungen. "Durch einen Eingriff in das System ändert sich auch dieser stabile Zustand" = [http://de.wikipedia.org/wiki/Eingeschwungener\\_Zustand](http://de.wikipedia.org/wiki/Eingeschwungener_Zustand); Zugriff 16. März 2009

- elektrische oder akustische Transienten zur Klasse genuin zeitkritischer Ereignisse; ihre Zeitweise ist ultrakurz, impulshaft, und zumeist hochfrequente. Signale manifestieren sich in der Steilheit ihrer auf- und (oder) absteigenden Flanken. Der Begriff selbst sagt die Botschaft dieser technischen Ereignisse: *Transient* bedeutet „vergänglich mit der Zeit“. Ein biegsamer Körper etwa benötigt nach einer kurzzeitlichen Krafteinwirkung eine Zeit, um wieder in in den Anfangszustand zu kommen; zeitigt diese Einwirkung eine dauerhafte Änderung, wird ein neues Gleichgewicht erreicht. Die Physik prägte dafür den bemerkenswerten Begriff des Materialgedächtnisses. "Transiente Spannungen (Vorgänge) sind zeitlich nicht vorhersehbar (zufällig) sowie von begrenzter Dauer"; wiederholen sich nicht periodisch und lassen sich in ihrer Form nicht eindeutig voraussagen = <http://de.wikipedia.org/wiki/Transienten>; Zugriff 16. März 2009

## **Die gestrichene Saite: Modellfall "Historische Aufführungspraxis" in der Musik**

- *Die Stahlsaite als Kulturfaktor* des Geigenbauers Franz Thomastik in Wien (1932); extrem verlangsamte, präzise hinschauende Bewegungsanalyse des gestrichenen Tons sieht Prozeß von dramatischer Dimension: wie ein Geigenbogen eine gespannte Saite durch die Adhäsion des Kolophoniums (am Roßhaar) torsionshaft verdreht und gleichzeitig die gesamte Saitenstellung verschiebt - ein genuin differentialdynamischer Prozeß. "Sobald der Torsionswiderstand größer wird, als der Reibungswiderstand, reißt sich die Saite vom kolophonierten Roßhaar los, dreht sich zurück <...> und schnellert von S(1) durch die Ruhelage nach S(2) hinüber. Der weiterstreichende Bogen nimmt sie wieder nach S(1) mit, tordiert sie inzwischen neuerdings in der Richtung der Pfeilspitze, dann reißt sich die Saite wieder los usw."<sup>50</sup>

- je genauer der Blick, desto medienarchäologischer: "Schon die <...> einfache Bewegungsanalyse macht das hinreichend klar. Dringt man aber bis in die

---

50 Franz Thomastik, *Die Stahlsaite als Kulturfaktor*, Wien (Selbstverlag) 1932, 11

Feinheiten der Produktion vor, so sieht man vollends, daß der gestrichene Ton weder theoretisch noch praktisch irgendwelche Analogien mit dem gezupften und angeschlagenen Ton zuläßt" = Thomastik 1932: 13; der gleichzeitig möglichkeitsbedingende und diskontinuierliche Sprung von der medienarchäologischen Analyse akustischer Medienprozesse zur kulturellen Semantik ("Musik"): "Auch *musikalisch* ist der gestrichene Ton eine Besonderheit. Vor allem besitzt er in vollendetem Maße etwas, was dem gezupften und angeschlagenen Ton gänzlich fehlt: *Modulationsfähigkeit*" = Thomastik 1932: 13; wird die gestrichene Saite zum Radio, denn sich eröffnet die zeitkritische, schwingende *epoché* des Spiels von Hoch- und Niedrigfrequenz (niederfrequente Modulation einer hochfrequenten Trägerschwingung)

- wirklicher Kanal operativer Medien (die sich erst im Vollzug definieren) nicht Materie, sondern die Zeit der Überlieferung

- Möglichkeitsbedingung solcher Musik ihrerseits tonlos: "Die Torsionsschwingung", also der extrem zeitkritische Moment der (in der Geigenspieler Sprache genannten) "Ansprache" der Saite, "ist natürlich auch bei der Erregung durch Streichen *tonlos*, weil sie keine Möglichkeit hat, Arbeit an die umgebende Luft abzugeben" <ebd., 15>

- gestrichene Saite gleichsam ein Oszillator un/gedämpfter Schwingungen (wie in frühen Löschfunkensendern des Radios), eine Verschränkung diskreter (periodischer) Bewegungen zum Eindruck von "analoger" Stetigkeit: "Während der gezupfte Ton *musikalisch* aufwärts, der angeschlagene *musikalisch* abwärts akzentuiert ist, hat der gestrichene Ton den Charakter der Stätigkeit <sic>. Dieses dadurch, daß man beim gestrichenen Ton sein Werden ununterbrochen miterlebt, wogegen der gezupfte und angeschlagene Ton immer erst nach der Erregung hörbar wird. Dieses Miterleben <Resonanz?> des inneren Werdens ruht keinen Augenblick und schwankt auch nicht. Grundton und Obertöne werden auf einmal erzeugt, u. z. <= und zwar> die Grundtonlage durch die <...> Impulsierung <!>, die man am richtigsten mit "Differentialpizzikato" bezeichnen kann, und die Obertonanlage durch den von der Strichstelle unmittelbar ausgehenden Zwang zur sofortigen Unterteilung. Gleich bei der ersten Schwingung ist alles da und entsteht durch den Strich fortlaufend von neuem" = Thomastik 1932: 15

- ist es das Merkmal auch aller (hoch)technischen Medien, daß sie ihre Gegenwart fortwährend neu erzeugen, nicht einfach aus der Vergangenheit fort dauern wie ein Glas Wein auf dem Tisch

- gilt zumal für eine "historische" Aufnahme, etwa eines Guslars, also Epensängers im früheren Südjugoslawien durch die Homerforscher Milman Parry and Albert Lord, der dies dann nicht mehr auf Direktschneidegerät, sondern mit Wire Recorder im elektromagnetischen Feld vornahm; Sprung von Kultur- zu Elektrotechnik; erzeugt elektronisches Abspielmedium für die Magnetdrahtspule aus elektromagnetischen Induktionen den Ton immer wieder neu und zugleich gleichursprünglich (*der* und *das* medienarchäologische Moment)

- steht die medienarchäologische Analyse (Methode) der Kultur (den Geisteswissenschaften) gleich nah wie den mathematischen, technischen und Naturwissenschaften; wird die Stahlsaite zum "Kulturfaktor" (Thomastik) auch im Wire Recorder; kippt von der Kulturtechnik (des Musikinstrument, der Geige) in die Elektronik; bringt auch Magnettondraht den vernehmenden Menschen selbst zur Mitschwingung, also zur Resonanz, und appelliert an dessen ureigensten Sein- als Zeitsinn, indem er ihn auf dem Niveau des Zeitsinns massiert (auf McLuhans und Fiore's Schrift *Das Medium ist Massage* anspielend): "Gleich bei der ersten Schwingung ist alles da und entsteht durch den Strich fortlaufend von neuem. Das verleiht dem gehaltenen Geigenton etwas in sich Webendes, dessen künstlerischer Ausdruck das vibrato und das glißando <sic> ist. Erstens imitiert <sc. er> den gefühlsmäßig erlebten inneren Schwingungsbetrieb äußerlich durch ein wellenförmiges Abfließen lassen <sic> des einzelnen Tones. Das zweite ist die gleitende Verbindung verschieden hoher Töne. Künstlerisches Maß vorausgesetzt, drückt sie musikalisch aus, daß man vom vorhergehenden Ton noch nicht recht los kann und daß man seelisch irgendwie die Verbindung mit ihm aufrechterhalten möchte" = ebd., 15 - wie Bergson und Husserl das kognitive Geheimnis der Melodieerfassung definieren

- "Das glißando, dieses *Urphänomen alles Melodischen*, ist neben der menschlichen Stimme *so* nur dem Streichinstrument möglich" = ebd., 15

- spielen Medienprozesse mit menschlichem Zeitsinn in einer Weise, welche die Ordnung der Historie unterläuft

### **Der sonische Effekt (mit Hanslick)**

Genau darin liegt die privilegierte Macht sonischer Signale über menschliche Empfindung: "ein lebhaftes Assimilationsbestreben mit den *Nerven*, diesen nicht minder rätselhaften Organen des unsichtbaren Telegrafendienstes zwischen Leib und Seele" = Eduard Hanslick, Vom Musikalisch-Schönen. Ein Beitrag zur Revision der Ästhetik der Tonkunst [Leipzig 1854], in: ders., Vom Musikalisch-Schönen. Musikkritiken, Leipzig (Reclam jun.) 1982, 73-145 (103) - hier ganz *unisono* mit Nietzsche: "Ebensowenig hat die im Triumph fortschreitende Wissenschaft der *Physiologie* etwas Entscheidendes über unser Problem gebracht" (ebd.).

Hanslick erfaßt sehr wohl die "Affekte" als Funktion der "physische<n> E'wirkung der Schallwellen, welche sich durch den Gehörnerv den übrigen Nerven mitteile" = 104, doch nach dieser Theorie "würden wir durch die Tonkunst nicht anders bewegt als etwa unsere Fenster und türen, die ebei einer starken Musik zu zittern beginnen" = 104; Resonanz, "vibrational force" (Goodman). "Das ist nur keine *Musik*" = 104, sondern schlicht eine Frage von Akustik.

Das Spannende an technologischen Medien ist, daß Menschen durch sie an etwas erinnert werden, was, obgleich zu 100 % aus Physik bestehend, dennoch nicht schlicht vorgefundene Naturkräfte sind, sondern wissend angeeignete, "durchkomponierte" (im Sinne Hanslicks), formatierte *physis* - auch jenseits der "harmonisch" geschlossenen, pythagoreischen Welt, die in der romantischen Naturphilosophie eines Schelling noch einmal zu schließen versucht worden ist.

Der reine Sinuston ist kein Naturvorkommnis, sondern genuine Sonik von Gnaden technischer Schwingungserzeugung (mechanische Stimmgabel, elektronischer Tongenerator). Gleich der Quarzuhr emanzipiert sich das wissenstechnische Artefakt von der Orientierung an der umweltlichen Natur, um die *physis* vielmehr aus ihrem Inneren neu zu erfahren.

"Die harmonische Progression erzeugt sich auf der gleichbesaiteten Äolsharfe von selbst, gründet also auf einem Naturgesetz, allein das Phänomen selbst hört man nirgends von der Natur unmittelbar erzeugt" = 130; damit beschreibt Hanslick die kulturell dialektisch angeeignete zweite Natur technisch-physikalischer Medien. "Der Mensch muß also fragen, damit die Natur Antwort gebe" = 130; stärker formuliert: Es gibt einen techno-logischen Appell der Mediendinge, von Menschen endlich ge(*alias* "er-")funden und gewußt, und damit in explizites Wissen gewandelt zu werden. In der gegenüber klassischer Kulturgeschichte verkehrten Perspektive des Gleichursprünglichen appelliert implizites technisches Wissen an menschliche Neugierde, zu "Bewußtsein" zu kommen.

Tonkunst entsteht zunächst "durch unbewußte Anwendung ursprünglicher Größen- und Verhältnisvorstellungen durch ein verborgenens Messen und Zählen, dessen / Gesetzmäßigkeit erst später die Wissenschaft konstatierte" = 130 f. "Dadurch, daß in der Musik alles kommensurabel sein muß, in den Naturlauten aber nichts kommensurabel ist, stehen diese beiden Schallreiche fast unvermittelt nebeneinander" = 131. Genau das unterscheidet Vogelgesang von mechanischer Spieluhr in musikalischer Hinsicht = 130.

Zwar anerkennt Hanslick "daß die Schwingungen der Töne, der Abstand der Intervalle, das Konsonieren und Dissonieren sich auf mathematische Verhältnisse zurückführen lassen" (ebd.), wie es Martin Ebelings Untersuchungen zur neuronalen Autokorrelation akustischer Pulse als Grundlage der Harmonieempfindung bestätigen. Hanslick widerspricht der pythagoreischen Annahme (und Kittlers Einleitungssatz zu *Aphrodite*), "auch das *Schöne* einer Tondichtung gründe sich auf Zahlen); die "'Berechnung' der Komposition" lehnt Hanslick als "eine Art Kabbala" ausdrücklich ab (ebd.). Zwar liefert "für die Erforschung des physikalischen Teils der Tonkunst die Mathematik [...] einen unentbehrlichen Schlüssel" (ebd.), doch in einer noch so mißlungenen eigentlichen "Tondichtung" höherer Ordnung "ist gar nicht mathematisch berechnet" = Hanslick 1854 / 1982: 91. Hier rührt Hanslick *avant la lettre* an die Gretchenfrage der Digital Humanities: Gelingt der qualitative Sprung jenseits der quantiativen Exploration großer Datenmengen erst unter Anleitung geisteswissenschaftlich angeleiteter Fragen? "Alle Monochordexperimente, [...] Intevallproportionen und dergleichen gehören nicht hierher, der *ästhetische* Bereich fängt erst an, wo jene Elementarverhältnisse in ihrer Bedeutung aufgehört haben" (ebd.); mithin begrenzt diese Definition die Reichweite der (medien)archäologischen Analyse, die sich auf die Möglichkeitsbedingung (im Sinne von Kants *a priori*) der Tondichtung erstreckt, nicht aber deren Semantik zu erfassen vermag - bis daß die Kybernetik, in Form von Abraham Moles' und Max Benses *Informationsästhetik*, auch diese Festung zu nehmen suchte. "Die Mathematik regelt bloß den elementaren Stoff zu geistfähiger Behandlung und spielt verborgen in den einfachsten Verhältnissen" = 91; damit korrespondiert die Archaik früher elektroakustischer Experimente

und Apparate. "Aber der musikalische Gedanke kommt ohne sie an Licht" = 91 - mithin ein inkommensurables Verhältnis. Hanslick zitiert Oerstedts Frage: "Sollte wohl die Lebenszeit mehrerer Mathematiker hinreichen, alle Schönheiten einer *Mozartschen* Sinfonie zu berechnen?" = zitiert 91. Zeit solch menschlichen *computer* aber wird durch Hochleistungsprozessoren algorithmischer Maschinen längst auf ein nahezu Echtzeit-Fenster gestaucht. Hanslick bekennt ausdrücklich, daß er das nicht verstehe. "Was soll denn oder kann berechnet werden? Etwa das Schwingungsverhältnis jedes Tones zum nächstfolgenden oder die Längen der einzelnen Perioden gegeneinander?" = 91 - in der Tat, genau das sind stochastische Übergangswahrscheinlichkeiten, wie sie die kybernetische Informationsästhetik am Beispiel der Analyse von Beethoven-Kompositionen im Vergleich zu Mozart etwa unternahm.

Hanslick adressiert die kritische Differenz zwischen musikalischem Symbol und sonischem Signal: "Schon das *körperlich* Innige, das durch meine Fingerspitzen die innere Bebung <vibrational force> unvermittelt an die Saite drückt <und vice versa: Resonanz> oder den Bogen reißt oder gar im Gesange selbsttönend wird, macht den persönlichsten Erguß der Stimmung im Musizieren recht eigentlich möglich. Eine Subjektivität wird hier unmittelbar in Tönen *tönend* wirksam", als Zeitobjekt wie als Zeitsubjekt, "nicht bloß stumm in ihnen formend" = Hanslick 1854 / 1982: 100. Genau dazwischen schiebt sich Liszts "stummes" Reiseklavier zu Fingerübungszwecken. Der Komponist schafft "für das Bleiben, der Spieler für den erfüllten Augenblick" = 100. "Das Tonwerk wird geformt, die Aufführung *erleben* wir" = 100. Das medientechnische Äquivalent: dazu liegt im operativen Signalvollzugs, dessen es bedarf, damit stumme / starre Materie in den Medienzustand gerät; ansonsten bleibt sie schlicht ein Möbelstück (Hardware) oder Text (Programmcode). "So liegt denn das gefühlstäußernde und erregende Moment der Musik im Reproduktionsakt, welcher den elektrischen Funken aus dunkelm Geheimnis lockt und in das Herz der Zuhörer überspringen macht" = 100 (Hinweis Jan Class van Treeck). Bedarf es dazu der menschlichen Performanz? "Die künstliche Spieluhr kann das Gefühl des Hörers nicht bewegen" = 100; darauf aber antwortet längst die Technomathematik von *humanizing* in der elektroakustischen Signalverarbeitung (Matthias Zöller) und "post-human rhythematics" (Kedwo Eshun, Heller als die Sonne).

A gap opens with "posthuman rhythematics" in contemporary popular music culture. Edgar Varèse, in 1936, predicted machines which could generate any arbitrary sound and beat or micro-durational pause - fractions of time in all ratios and exact repetition<sup>51</sup> - in fact Lev Termen's *Rhythmicon*

Am Ende seines Aufsatzes „Von Pythagoras zu Josef Matthias Hauer“ (1947) deutet Heinz von Förster die Zwölftonmusik „in der überwältigenden Gesetzmäßigkeit ihres inneren Ablaufes“; sie wird jeweils quasi algorithmisch aktuell generiert, braucht also nicht von Schallplatte abgespielt zu werden - das generische, algorithmische Prinzip i. U. zur Abspeicherung in Form von Samples.

---

51 "[...] das alles in vorgegebenen Zeiteinheiten, die ein Mensch nie einzuhalten vermöchte": Varèse, as quoted in: Kodwo Eshun, Heller als die Sonne. Abenteuer in der Sonic Fiction, Berlin (ID-Verl.) 2xxx, chap. 6 "Rhythmatische Frequenzen programmieren", 93-110 [EO xxx], 94

- Erinnerung an gescheiterten Plan eines Max-Planck-Instituts für Musikforschung
- Neuansatz einer Kybernetik des Sonischen
- Gretechenfrage: Sound Studies und / oder (Tiefe der) Musikwissenschaft; "Berliner Modell" des Instituts für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft (HU)

Musikelektronik stellt nicht die Eskalation, sondern den Bruch mit der alteuropäischen musikalischen Tradition dar; ihre Protagonisten wie Stockhausen forderten - im Schwung der unmittelbaren westdeutschen Nachkriegszeit - einen radikalen Neuansatz, der nicht mehr vom mechanischen Instrument, sondern von den elektronischen Schaltkreisen und Meßgeräten her denkt - wie auch die Kunsthochschule für Medien in Köln mit den klassischen Kunstakademien brach, indem sie überhaupt erst jenseits von Malerei und Bildenden Künsten Medienkunst seit Photographie bis zum Computerdesign ausbildet.

Dementsprechend unterscheidet sich auch eine *Medienarchäologie* des Akustischen von der Musikwissenschaft, hinsichtlich der Eskalationen von Instrumenten als Elektronik. Der Begriff der Musik wird tiefergelagert in den rechnenden Raum selbst ("Algorhythmen") - und damit rückverlagert in die von den signalaufzeichnenden Analogmedien gerade erst suspendierte pythagoreische Welt.

### **Zeitlosigkeit der musikalischen Notation versus Flüchtigkeit des Tons?**

Lange galt eine unüberbrückbare Differenz zwischen dem symbolisch Notierbaren, damit auch der kalkulierbaren, aber stummen musikalischen Harmonie in zeitunfähigen Speichermedien einerseits, und dem tatsächlich erklingenden, aber unwiderbringlich flüchtigen Ton. Musik als Notation ist prinzipiell dauerhaft, ahistorisch, weil (weitgehend) verlustfrei kodierbar und kopierbar, in juristisches Neudeutsch also immerfort fähig zur Originalkopie. Und doch unterliegt auch die symbolische Notation und computermusikalische Kpodierung der physikalischen Entropie: "[a]lthough digital information is theoretically invulnerable to the ravages of time, the physical media on which it is stored are far from eternal."<sup>52</sup>

Auf der anderen Seite ist gerade der real erklingende Ton als "Zeitobjekt" (Husserl) nicht länger flüchtig wie die Sprache; mit dem Phonograph wurde die Mikrogeschichtlichkeit des Tons, sein Sein-zum-Tode, sein Vergehen (Hegel) selbst aufgehoben. Geschichtlichkeit im Vergehen verschiebt sich auf die Entropie der Speichertechnologien selbst.

Von Hegel steht geschrieben, was pikanterweise ein "mündlicher Zusatz" zum

---

<sup>52</sup> Jeff Rothenberg, Ensuring the Longevity of Digital Documents, in: Scientific American, Vol. 272, No. 1 (January 1995), 42-47 (42)

Text war: "Das Wort als *tönendes* verschwindet in der *Zeit*"<sup>53</sup> - womit begründet ist, warum sich in der Akustik (Da-)Sein selbst kritisch zei(ti)gt. Akustik steht daher privilegiert für die Analysierbarkeit zeitkritischer Prozesse; das Gehör unter allen menschlichen Sinnen am engsten mit der Zeit verknüpft. "Der *Ton* ist die flüchtige Erscheinung einer Innerlichkeit, die in dieser Äußerung nicht ein Äußerliches bleibt, sondern sich als ein Subjektives, Innerliches kundgibt."<sup>54</sup> Schwingungen und Wellen entfalten sich allein in der Zeit; ihr implizierter Kehrwert aber ist die mathematische Frequenz, prinzipiell (*en arché*) zeitlos.

## Gezeiten rechnen, Pulsare sonifizieren

- William Thomsons (*alias* Lord Kelvins) analogmechanischer Gezeitenrechner ("Tide Predictor") erlaubte 1873 zwar keine Zeit-, aber Gezeitemvorhersagen. Zur zeitdramatischen Verhandlung stehen hier (makro-)zeitkritische Prozesse: "Ende des 19. Jahrhunderts werden harmonische Analysatoren und Synthesatoren auf der Grundlage von Reihendarstellung periodischer Funktionen mittels Sinus- bzw. Kosinusfunktion nach Fourier entwickelt. Diese werden beispielsweise als Tidenrechner der Vorausberechnung von Ebbe und Flut eingesetzt" = Christine Krause, Die Analogrechenstechnik unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung von Analogrechnern in Thüringen und Sachsen; Internet unter der URL xxx

- wird man einen Pulsar als Quelle einer radiomagnetischen Strahlung von hoher Periodizität besser im Medium der Akustik beschreiben denn als Visualisierung (eigentlich: Imaginierung, *imagineering*) kleinen Neutronenstern von sehr großer Dichte und Masse; steht der akustischen Ästhetik der Spektralen Musik im Paris der 1970er Jahre nahe; an den Obertonspektren orientierten Stimmungssystemen brach die Grenze zwischen Harmonik und Klanglichkeit auf und schuf "eine Musiksprache, deren Fokus auf der Oberflächenwirkung der Klänge, nicht auf deren Konstruktion liegt"; Interesse von Gérard Grisey an Pulsaren als klanglichem Phänomen. Im Opus *Le Noir de l'Étoile* für sechs Perkussionsisten und Tonband [Uraufführung 1990] werden die Signale der Pulsare B0359-54 und B0833-45 („Vela“) *live* in den Konzertsaal übertragen und bestimmen mit ihren Frequenzen von etwa 1.4 und 11 Umdrehungen in der Sekunde die musikalische Struktur<sup>55</sup> = medienarchäographisches, sonisches *interfacing*

- "Im Frankreich der 1970er Jahre wollten die SpektralistInnen die Musik nicht länger als Produkt von Tonsatz und Kontrapunkt begreifen, sondern als Entfaltung und Entwicklung komplexer Klänge in der Zeit" = Straebel 2002

---

53 Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Werke in 20 Bd., auf d. Grundlage d. Werke von 1832-1845 neu ed. Ausg., Bd. 10: Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse [1830], Teil 3: Die Philosophie des Geistes (mit den mündl. Zusätzen), § 462, S. 279 (mdl. Zusatz)

54 Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Werke in 20 Bd., auf d. Grundlage d. Werke von 1832-1845 neu ed. Ausg., Bd. 4: Nürnberger und Heidelberger Schriften 1808-1817, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1986, Philosophische Enzyklopädie für die Oberklasse (1808 ff.), § 159, S. 52

55 Volker Straebel, B0359-54, B0833-45, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 147 v. 28. Juni 2002, BS 4

## **Die Sensibilisierung für zeitkritische Schwingungen (Barkhausen)**

- mit Tatsache, daß elektrische und mechanische Schwingungen weitgehend gemeinsam behandelt werden können, in ständiger Analogie, macht die Natur (Physik) selbst eine Aussage; ausdrücklich analoge Behandlung mechanischer und elektrischer Schwingvorgänge in: Heinrich Barkhausen, Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen, 6. Aufl. Leipzig (Hirzel) 1958, Vorwort zur 2. Auflage

- Heinrich Barkhausens Lehrmethode: Sachverhalte in Natur und Technik auf elementare Sachverhalte zurückführen, also gleichursprünglich, um vor diesem Hintergrund bislang unbekannte Effekte als Abweichendes zu erkennen ("Man muß sich wundern können"); Diss. Göttingen 1906 *Das Problem der Schwingungserzeugung mit besonderer Berücksichtigung schneller elektrischer Schwingungen*; 1928 erinnert er sich anlässlich der Verleihung der Heinrich-Hertz-Medaille rückblickend zur Diss. an den "Augenblick, als mir vor 22 Jahren der erlösende Gedanke kam, dass eine Schwingungserzeugung unter normalen Verhältnissen gar nicht möglich sein könne, dass also immer etwas Abnormales dabei im Spiele sein müsse"; Schwingung = Störung des Gleichgewichts: H. A. Lorentz, Sichtbare und unsichtbare Bewegungen, Braunschweig (Vieweg) 1902, 43

- charakteristisch an technomathematischen Medien, daß sich ihr Sein erst im Vollzug preisgibt = dynamisierte Ontologie. Günther, *Radiotechnik* (Abb. 4, Darstellung des Versuchs, der Hertz zur Entdeckung der elektrischen Wellen führt): "Bringt man in die Bahn dieser Wellen einen Resonator ein, d. h. einen an einer Stelle unterbrochenen Drahtbügel, so verrät sich das Dasein der Wellen dadurch, daß an der Unterbrechungsstelle winzige Funken überspringen"

- Barkhausen Kriegsdienst bei Marine in Kiel; 1917 HF-Wellenerzeugung mit Elektronenröhren, unter Ausnutzung der entdeckten Laufzeit-Schwingungen der Elektronen zwischen Kathode und Anode in einer unüblichen Schaltungsanordnung

## **"Im Uhrwerk erklingt die Zeit: Bulova Akkutron**

- Zeitsignal (Schwingung), Kehrwert Frequenz; läßt sich umgekehrt diskrete Zeit auch in Bewegung, und diese in akustische Schwingungen (zurück-)fassen. 1960 stellt die Firma Bulova (USA /CH) ein Armbanduhrwerk ohne Unruhe vor; eine Stimmgabel mit 300 Hz trieb das Werk mechanisch an, also ein zeitanzeigendes Gegenstück zu Hermann von Helmholtz' Einsatz elektromechanisch rückgekoppelter Stimmgabeln als Meßgerät. Anstelle des Tick-Tack hörte man ein Summen; ultrasonische Eskalation: "silicon tuning fork from Quartz watch". Prinzip Quarz-Uhr: Zeiterzeugung durch Schwingung

- Werbung "The Tick vs. The Hum" für Accutron by Bulova: clocks that tick "work on balance wheels, hairsprings and wachtworks. And that's what can make them work wrong. The Accutron timepiece <...> hums. (Musically,

between E and F but above Middle C). Accutron operates on the precise vibrations of an electronic-powered tuning fork. Each vibration splits the seconds into 360 equal parts and Bulova can guarantee accuracy to within one minute a month. That's an average of 2 seconds a day"; vgl. Digitalcomputer Parametron auf Basis von Schwingkreisen

- 1973/74 verbessert Omega das Prinzip der Stimmgabeluhr maßgeblich; Oszillationsrate der "Omega megasonic" verdoppelt die 360 hz der Accutron auf 720 hz; <http://members.iinet.net.au/~fotoplot/acctech720.htm>

- *diapason* nicht nur Oktave, materielle geerdet / prosaisch auch Stimmgabel und Kammerton

## **Dynamische Erkenntnis: Oszillationen**

- materielle vs. dynamische (Übertragungstechnische) "Verpackung" als Kanalkodierung: modulierte Signal genau genommen auch nicht streng periodisch, sondern durch die Modulation mindestens die gleiche Information trägt wie das informierende Signal

- 1947 in Harvard tatsächlich gebaut, was bei Peirce reine Skizze blieb: "The first electrical machine designed solely for propositional logic was built in 1947 by <...> William Burkhart and Theodore A. Kalin. They had been taking a course in symbolic logic with Professor Willard V. Quine and they had chanced upon Shannon's paper on the relation of such logic to switching circuits" = Martin Gardner, *Logic Machines and Diagrams*, New York / Toronto / London (McGraw-Hill) 1958, 128

- gerät die logische Erkenntnis selbst in Schwingung: "When certain types of paradoxes are fed to the Kalin-Burkhart machine it goes into an oscillating phase, switching rapidly back and forth from true to false" <ebd., 131>. Was hier eine Maschinisierung von Russells Paradox darstellt, ist ein für Norbert Wiener vertrautes Problem der (positiven) Rückkopplung, und ein Äquivalent zum Quantisierungsrauschen in der A/D-Wandlung (Wiener: "time of non-reality").

- Zeitklang vs. -quanten mit Wiener vs. Shannon: Was sich derart zum Zeitklang überlagert, ist einerseits *idealiter* (und zeitlos) mit der von Fouriers Mathematik inspirierten Harmonischen Analyse und andererseits mit Gabor's diskreten Zeitfenstern faßbar

- Jean Baptiste Joseph Fourier, *Analytische Theorie der Wärme*, [\*Paris 1822], Berlin (Springer) 1884; ferner Denis Gabor, *Acoustical Quanta and the Theory of Hearing*, in: *Nature* Nr. 4044 (Mai 1947), 591-594; ferner Norbert Wiener, *The Historical Background of Harmonic Analysis* [\*1938], in: ders., *Collected Works with Commentaries*, Bd. II, Cambridge, Mass. / London (M.I.T. Press) 1929, 56-68

- Wiener setzte in seinen Ereignisanalysen zusammengesetzte Schwingungen voraus. Shannons Bewegungsanalyse unterstellte keine nach Mustern gelenkte klangartige Verläufe, sondern das schiere medienphysikalische Ereignis; nimmt für Zeitverläufe Phasenrelationen an, deutet die zeitlichen Veränderungen also

in Intervallen. Für Wiener ist eine Botschaft aus periodischen Frequenzen zusammengesetzt; für Shannon besitzt eine Nachricht diskret meßbare, mithin: entropische Übergangswahrscheinlichkeiten in der Zeit.<sup>56</sup>

- "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 practically 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" = Charles Babbage, Ninth Bridgewater Treatise. A Fragment, 1837, 37; eine gedämpfte Schwingung nicht endlich; entäußert sich jene Energie, die als Dämpfung scheinbar verlorenggeht, als Wärme - eine Frage der thermodynamischen Analyse

- indem für alles, was oszilliert, der Frequenzbegriff gilt, kann man "auch Lichtwellen als eine Art Uhr betrachten: Ihre Schwingungen ahmen die Bewegung eines Pendels nach. Das Licht eines schrumpfenden Sterns nimmt also immer niedrigere Frequenzen an - die zunehmende Zeitverzerrung macht seine Schwingungen immer langsamer" = Paul Davies, So baut man eine Zeitmaschine, München (Piper) 2004, 58. Licht zählt, paramathematisch

- Ausstellung 'heinrich heidersberger: rhythmogramme - das gestimmte bild' in der Petra Rietz Salon Galerie, Berlin, April bis Juli 2014: das "gestimmte" Bild ist etwa das Oszillogramm der Stimmung von Saiteninstrumenten; dem entspricht im Elektronischen das tuning , das Abstimmen von Schwingkreisen; elektronisches Bild implizit klangzeitlich; Bill Viola, Der Klang der Einzeilen-Abtastung, in: xxx

## **Die Stimmgabel**

- Stimmgabel mit einem Stabe in bestimmtem Rhythmus angeschlagen; der "Stab — und natürlich auch das, was den Stab selbst führt — ist in dieser Koppelung das Führende, die Stimmgabel folgt. Wieder läßt sich an dem Geschehen an der Stimmgabel zweierlei trennen: Die Wellenlänge der Schwingung ist der Stimmgabel eigen, der Rhythmus, in dem die Schwingung einsetzt, ist außenbedingt und nicht charakteristisch für das System, dem dieser Rhythmus aufgezwungen wird. <...> Je mehr ein Gegenstand Medium ist <...> destoweniger kann ich aus den aktuellen Bestimmungen dieses Gegenstandes über ihn selbst erfahren. Stelle man sich eine in hohem Grade durchsichtige Glasscheibe vor; wie kann ich sie erkennen? Keinesfalls, solange ich sie nur als Vermittelndes auf mich wirken lasse, ich kann ja durch sie durchsehen wie durch klare Luft, ohne weitere Differenzierung."

---

<sup>56</sup> Schrittweise aufgedeckt hat diese Differenz Axel Roch, Claude E. Shannon. Spielzeug, Leben und die geheime Geschichte seiner Theorie der Information, Berlin (gegenstalt Verlag) 2009

= Heider, Fritz (1930): Die Leistung des Wahrnehmungssystems. Zeitschrift für Psychologie 117(1930), S. 371-394 (Eingegangen am 31. August 1929)

## Keine Frequenz bei den Griechen?

- frühgriechische Ablehnung der "objektorientierten" Griffnotation zugunsten abstrakter Notation in pythagoräischer Enharmonik; verfehlt die Physik des Klangerzeugers zugunsten eines (*ideo*)logisch korrigierten Gehörs

- Lev Thermen entwickelt ein "Fingerboard Theremin" - ein durch ihm vertraute Spielweise des Cello (das der Gusle ja nahekommt) inspiriertes Instrument mit Griffsensor. Gerade weil es so ähnlich aussieht, verdeckt es die medientepistemische Differenz um so dissimulativer: "Anstelle eines Griffbretts gibt es einen berührungsempfindlichen Celluloid-Streifen, wie bei herkömmlichen Saiteninstrument erzeugen tiefe Lagen tiefere Töne, das [...] Instrument hat eine Tonhöhenanzeige zum leichteren Erlernen der genauen Intonation" = Katalog Kriesche (Hg.) xxx: 52; Abb. der Formation aus der Sammlung Andrej Smirnov, in: Katalog Krieschec (Hg.) xxx: 53

- "Bei der Theorie, die die Farbentstehung aus dem Nebeneinanderliegen von Weiß und Schwarz erklärt, muß man <...> mit einer unsichtbaren Größe wie mit einer nicht wahrnehmbaren Zeit rechnen," - Wieners *time of non-reality* - "damit wir den sukzessiven Ablauf der Bewegungen nicht merken und durch den Eindruck der Gleichzeitigkeit ein einziges Bild erhalten" = Aristoteles, Über die Wahrnehmung und die Gegenstände der Wahrnehmung, in: Kleine naturwissenschaftliche Schriften (Parva naturalia), Stuttgart (Reclam) 1997, 58. Aristoteles trifft hiermit auf ein mechanisches (wenngleich nicht elektromagnetisches) Schwingungsmodell, nahe an der Transformation von Stimmen (als akustischen Schwingungen) in elektrische Impulse zum Zweck der Abstrahlung und Übertragung als elektromagnetische Wellen (welche rechtwinklig zueinander stehen)

- "Nicht ein Gegenstandsteil, sondern eine Mediumserregung - nicht beispielsweise ein Farbatom, sondern ein Schwingungszustand - gelangt zum Organ und wirkt auf dieses ein. <...> Was Aristoteles meint, ist ganz offenbar das, was wir als Fortpflanzung von Schwingungszuständen bezeichnen" = Wolfgang Welsch, *Aisthesis. Grundzüge und Perspektiven der Aristotelischen Sinneslehre*, Stuttgart (Klett-Cotta) 1987, 192; schließt Aristoteles diese Option wieder aus (und damit das zeitkritische Element als Wissensgegenstand): "Es ist wohl unmöglich, daß es eine Zeit gibt, die nicht wahrgenommen werden kann, und die wir nicht merken" <ebd., 82>. Aristoteles' Analyse erschließt sich vornehmlich anhand der sonischen Phänomene, denn deren Laufzeiten waren (im Unterschied zur Lichtgeschwindigkeit) auch der noch nicht mit hochtechnischen Meßmedien ausgestatteten Antike sinnlich als zeithafte faßbar. Aristoteles nähert sich jener Allianz von Auditivem und Taktilem, die Marshall McLuhan in seinem Spätwerk für die Epoche der Elektrizität wieder aufgreift: "Die Luftwellen <...> gehen in ihrer Vermittlung auf, so daß wir überzeugt sind, das Ticken unmittelbar zu hören", schreibt Fritz Heider.<sup>57</sup> Es handelt sich also um eine

---

57 Fritz Heider, Ding und Medium, in: *Symposion 1, Heft 2* (1926), 109-157; Wiederabdruck (gekürzt) in: Claus Pias / Joseph Vogl / Lorenz Engell et al.

Selbstverausgabung des medialen Kanals als Bedingung seines Gelingens, eine Ökonomie der *dissimulatio artis*

- "Immer hat die Luft in den Ohren eine eigene Bewegung. Der Schall aber ist fremd (kommt von außen) und ist nicht dem Ohr eigen. <...> Der Schall ist ja Bewegung dessen, was sich so bewegen kann, wie das, was von einer glatten Fläche abprallt, wenn man sie anschlägt. <...> das Angeschlagene muß eben sein, damit die Luft in geschlossener Masse abprall und schwingt. Die Unterschiede der schallenden Dinge zeigen sich im verwirklichten Schall; wie die Farben ohne Helligkeit nicht wahrnehmbar sind, so auch nicht ohne den Schall das Hohe (Scharfe) und Tiefe (Schwere). Diese Benennungen werden aus dem Bereich des Tastsinnes übertragen. Das Hohe (Scharfe) bewegt das Wahrnehmungsvermögen auf kurze Zeit stark, das Tiefe (Schwere) auf lange Zeit / schwach" = Aristoteles, Über die Seele, übers. v. Willy Theiler, Berlin (Akademie) 1986, Buch II, Kap. 8, 39; impliziert in der Tat einen Begriff von (Ton-)Frequenz

- eine Lautsprecher-Installation nicht nur Klangkunst, sondern auch Technik; verdeutlicht das ganz buchstäbliche *lay-out* von Lautsprechern in der sogenannten akustischen Laufzeit-Tomographie für lokale Wetterprognosen, welche analog zum Begriff der bildgebenden Verfahren (*imaging*) ein tongebendes Verfahren (sozusagen *sounding*) darstellt. Das von Meteorologen der Universität Leipzig entwickelte Meßsystem besteht aus acht Trichterlautsprechern und zwölf Mikrofonen, ein bis zwei Meter über dem Erdboden installiert. Auch hier Rasterfahndung, akustisch, denn dieses Netzwerk aus Meßpunkten überstreicht eine Fläche von 300 x 700 Metern. Über die Lautsprecher wird alle 30 Sekunden ein kurzes Schallsignal abgegeben. Mikrophone fangen die Signale auf; auf diese Art zeitliche und räumliche Veränderungen der Laufgeschwindigkeit des Schalls gemessen<sup>58</sup>

- erinnert an die akustischen Verzögerungsspeicher der ersten Computergeneration, die Verzögerung von Schallübertragung selbst als Zwischendatenspeicher benutzt haben. Die akustische Laufzeit-Tomographie läßt kurzfristig lokale Wetterprognosen zu, weil die Laufzeit des Schalls (dessen Langsamkeit ihn als Nachrichtenübertragungsmedium im Vergleich zum Licht / zur Photonik ungeeignet macht) besonders durch Lufttemperatur und Wind beeinflusst wird; Abgleich der so gewonnenen Daten mit Modellvorhersagen läßt damit einen drohenden Wetterumschlag ebenso rasch erkennen wie die Luftverwirbelung von startenden oder landenden Flugzeugen messen

- diskutiert Wiener im Zusammenhang mit der Theorie des Wechselstroms mit ihrem (gegenüber Stromleitungen) komplizierteren Fall, nämlich der Fernsprechtechnik: "komplizierter, weil seine Schwingungsfrequenz in der Sekunde nicht feststeht und weil wir jeden Augenblick mit vielen gleichzeitig auftretenden Schwingungsarten arbeiten müssen. <...> Die Leitung muß alle Töne übermitteln können, vom Gurren bis zum Quietschen. Wir haben es hier mit einem der ältesten Zweige der Mathematik zu tun, der Theorie der schwingenden Saite [...]" = Norbert Wiener, Mathematik. Mein Leben, Düsseldorf / Wien (Econ) 1962, 70

---

(Hg.), Kursbuch Medienkultur, Stuttgart (DVA) 1999, 319-333 (321)

58 <ubi> Lautsprecher für Wetterprognosen. Lokale Vorhersagen mit der akustischen Laufzeit-Tomographie, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 139 v. 19. Juni 2002, N2

- Tonaufnahmestudio; durch Glaswand sichtbar, aber nicht hörbar getrennt vom Orchester vor Mikrophon; Dirigent nimmt Sichtkontakt mit Tonmeister auf. Geste des Reglers am Mischpult (lächelnd) und des Orchesters völlig verschieden und doch im gleichen Ereignis gründend - nicht Musik *versus* Elektronik, sondern gleichursprünglich

- Pythagoras' Nachweis, daß die Tonhöhen einer schwingenden Saite zueinander in Brüchen oder Verhältnissen stehen, die den jeweiligen Saitenlängen umgekehrt proportional sind, erlaubte eine elementare Mathematisierung und Verschriftung von Musik. "Die Musik aber als Zeit, also in Frequenzbegriffen zu beschreiben, trägt erst ihre neuzeitliche Theorie" = Kittler. Im Begriff Frequenz tritt anstelle der geometrischen Saitenstrecke als unabhängige Variable die Zeit: "Eine physikalische Zeit, die mit den Metren oder Rhythmen der Musik nichts zu tun hat und Bewegungen quantifiziert, deren Schnelligkeit kein Menschaugen mehr erfaßt: von 20 bis 16000 Schwingungen pro Sekunde. Reales rückt anstelle des Symbolischen" = Friedrich Kittler, *Grammophon Film Typewriter*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 42

### ***Petits perceptions: Im Rauschen der Wellen die Welt sich rechnen hören***

- Nietzsche contra Wagner: "Ästhetik ist ja nichts als angewandte Physiologie. [...] Denn es gibt keine Seele" (II 1041)

- gilt für andere Formen von *aisthesis*: "Licht wird erst Licht, wenn es ein sehendes Auge trifft, ohne dieses ist es nur Aetherschwingung" = Hermann von Helmholtz, *Vorträge und Reden*, Bd. 1, Braunschweig 1896, 87-117 (98); steht unser alltäglicher Umgang mit Medien aber quer zu diesen Einsichten: „Wir hören nicht Luftschwingungen, sondern den Klang der Glocke.“<sup>59</sup> Insofern ist die Mediendefinition hier (englisch) *deaf*, nämlich taub. Erst in der Störung (mit Heidegger) macht sich das Medium bemerkbar.

- "Womöglich sind Wolken keine Computer, die jeden ihrer Regentropfen berechnen, und umgekehrt Computer keine Maschinen, die Wolken das Regnen abnehmen. Physikalisch ist die Church-Turing-Hypothese daher eine Täuschung: Sie injizierte dem Verhalten der Wirklichkeit algorithmische Züge, für die sich [...] keinerlei Evidenzen zeigen" = Friedrich Kittler, *Dem Schöpfer auf die Schliche*. Auf der Suche nach einem universalen Zeichensystem: Gottfried Wilhelm Leibniz zum 350. Geburtstag, in: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 29.06.1996, Nr. 149, S. B4

- Geräuschböen in einer analogen Telefonverbindung in medienästhetischer Allianz zu den Kompositionen von Xenakis, der die serielle Musik dadurch über sich hinaustreibt, daß unter Rückgriff auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung statistische Häufungen, *cumuli*: also Wolken als Klangklima aufziehen

---

59 Sybille Krämer, *Das Medium als Spur und als Apparat*, in: dies. (Hg.), *Medien - Computer - Realität. Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1998, 73-94 (74)

- Brosl Hasslacher, "Beyond the Turing Machine", in: xx (Hg.); Turing (machine) half a century survey, Berlin (Kammerer & Unverzagt) 1988, 417-434

- Beantwortung dynamischer Prozesse durch die kalkulierende mathematische Analysis seit Leibniz und Newton; rechentechnisch der Analogcomputer, Ableitungen einer Funktion nach der Zeit. Demgegenüber (John von Neumanns zeitkritische Architektur des Digitalcomputers als Antwort auf hydrodynamische Probleme) die numerische Mathematik, die sich "mit der Konstruktion und Analyse von Algorithmen für kontinuierliche mathematische Probleme" und ihrer Implementierung in Rechenmaschinen befaßt = [http://de.wikipedia.org/wiki/Numerische\\_Mathematik](http://de.wikipedia.org/wiki/Numerische_Mathematik); Stand: 3. Dezember 2009

- Zerlegung des Klangs in seine Einzeltöne durch das Ohr, das auch Helmholtz zufolge "rechnet" (Fourier-Analyse). „Zählorgan Ohr“ = Georgiades 1985: 42>, weil es - mit Leibniz - „ohne es zu wissen, zählt“ = zitiert ebd.: 69

- sichtbare Schwingungen; unterscheidet sich der kinematische Akt des Lesens (das rapid eye movement im zeilenförmigen Lesen) von der Natur der Zusammensetzung eines Bewegungseffekts durch leicht gegeneinander differenzierte Einzelbilder (Chronophotographie), eher der Tonerzeugung nahe: "Die tönenden Schwingungen fester Körper können wir sehr häufig mit dem Auge erkennen. Wenn auch die Schwingungen zu schnell vor sich gehen, das dass wir jeder einzelnen mit dem Auge folgen könnten, so erkennen wir doch leicht an einer tönenden Saite, oder Stimmgabel <...>, dass dieselben in lebhafter hin- und hergehender Bewegung zwischen zwei festen Grenzlagen begriffen sind, und das regelmässige und scheinbar ruhig fortbestehende Bild <...> lässt auf die Regelmässigkeit seiner Hin- und Hergänge schliessen" = von Helmholtz 1963: 16

- unwillkürliche, analogmathematische Analyse: Brechen sich die Wellen am Sandstrand, werden sich von den Sandkörnern, an denen sich die Wellen brechen, infinitesimal analysiert (implizit berechnet) bzw. im Falle des Kieselsteinstrands buchstäblich *kalkuliert*

- Alain Fournier, *Flags and Waves*: "séquences de dix secondes d'images synthétiques de vagues balayant une plage. <...> Un modèle mathématique simule la surface de la mer et les vagues. <...> L'écume des vagues qui se brisent est calculée. <...> Celui-ci génère de multiples trains d'ondes à paramètres réglables et parfois aléatoires"<sup>60</sup>

- Zusammenlese gründet nicht mehr als Lektüre im Groben der alphabetischen Symbole, sondern in deren infinitesimaler Unterlaufung durch kleinste quantenhafte Erscheinungsweisen (also *zugleich* Teilchen wie Welle); kann nur noch akustisch oder quasi-akustisch (als sonisches Zeitwissen) wahrgenommen werden; Jens Papenburg, xxx, in: Axel Volmar (Hg.), *Zeitkritische Medien*, Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2009, xxx. Deren Analyse, die Analyse des Dynamischen selbst (die Fassung durch Grenzwerte von Reihen und als Funktionen reeller

---

60 Jean-Louis Weissberg, *Espaces virtuels*, in: *Imaginaire numérique* Vol. 1, Nr. 1 (1987), 67; dazu Gérard Raulet, *Bildsein ohne Ähnlichkeit*, in: Bernhard Dotzler / Ernst Müller (Hg.), *Wahrnehmung und Geschichte*, Berlin 1995 (Akademie), 165- (168)

Zahlen) bleibt nicht bei Elementen stehen, sondern wird zur mathematischen Analysis im Sinne von Leibniz oder in der Bezeichnung Newtons als *Fluxation*, also genuine Dynamik.

- Leibniz' Epistemologie von (Sprach-)Analyse, durch die Distinktheit des griechischen Vokalalphabets denkbar, *stoicheia*: "nichts, das der Zahl nicht unterworfen wäre"; läßt sich "jedem Gegenstand seine bestimmte charakteristische Zahl beilegen" = Leibniz 1904: Zur allgemeinen Charakteristik, 30-38 (30); damit maschinenrechenbar (Analog-/Digitalcomputer)

- Differenz von numerischen Kieselsteinen (*psiphoi / calculi*) und stochastischem Sand (Archimedes) für die Idee der Kalkulierbarkeit; am Ende: Meereswellen bei Leibniz, nur noch infinitesimal rechenbar / "petits perceptions" bei Leibniz: Zitat in Siegert 2003: 182, der selbst darin "im Kern eine Theorie des Rauschens" entdeckt / statistische Zufallsverteilung

- Norbert Wieners Verschränkung von "time and the machine" - Statistik, Wärme, Ergodik

- "Musica est exercitium arithmeticae occultum nesciens se numerare animi" = Gottfried Wilhelm Leibniz, zitiert als Motto zum Beitrag von Bernd Enders, Mathematik ist Musik den Verstand, Musik ist Mathematik für die Seele. Zum Verhältnis von Ton und Zahl, Klang und Gefühl, Musik und Technik, Sound und Computer, in: ders. (Hg.), Mathematische Musik - musikalische Mathematik, Saarbrücken (Pfauf) 2005, 7-37 (7)

- analytische Funktionen, die stetig und kontinuierlich sind, vs. "Sprache der Statistik von Zufallsereignissen oder von nichtkorrelierten Ereignissen" = Axel Roch / Bernhard Siegert, Maschinen, die Maschinen verfolgen. Über Claude E. Shannons und Norbert Wieners Flugabwehrsysteme, in: Sigrid Schade / Georg Christoph Tholen (Hg.), Konfigurationen. Zwischen Kunst und Medien, München (Fink) 1999, 219-230 (225)

- Rauschen als Zeitserie: nicht deterministisch ein von Entscheidungen bestimmtes Verhalten injiziert, sondern Wahrscheinlichkeitsverteilung

- zickzackförmige Verläufe: definiert d'Alembert Begriff der stückweise stetigen Funktion; die schwingende Saite stellte den Fall einer stückweise linearen Funktion dar. *Fonctions arbitraires*, allein vom freien Willen dessen, der eine beliebige Linie auf Leinwand malt, abhängt.<sup>61</sup> (378); diese aus stückweise stetigen Funktionen zusammengesetzt, also Fourier-analysierbar; interpretiert Wiener solche Linien als delirant; an die Stelle der stückweise stetigen tritt dann die unkorrelierte Bewegung. Wiener sucht - wenn nicht feindliche Flugzeugbewegungen, so doch den Gang eines Mannes zu beschreiben, "der so betrunken ist, daß zwischen der Richtung seines jetzigen und der seines vorigen Schrittes überhaupt keine Beziehung besteht" = Wiener 1962: 73 - Kontingenz in Zeitreihen als Provokation des "Gangs" von Geschichte, Markov-Prozeß nullter Ordnung. "Man erhält eine statistische Gleichverteilung von

---

61 Leonard Euler, *Éclaircissements sur le mouvement des cordes vibrantes*, in: Leonhardi Euleri Opera Omnia, series secunda, Bd. X, Bern 1947, 378

Auswahlmöglichkeiten. Eine Kurve, die nur aus Entscheidungen besteht (Ecken), die nicht miteinander korreliert sind, ist ein Objekt derselben Klasse wie eine Nachricht, deren Elemente optimal verschlüsselt worden sind und daher von Rauschen ununterscheidbar ist. Ein Maximum an Entscheidungen ist äquivalent mit einem Maximum an Information, wenn in beiden Fällen die Korreliertheit der Elemente verborgen ist" = Roch / Siegert 1999: 227

## **Mathesis und Mathematik der Schwingung**

- Dynamik einer freien Schwingung in die Schwingungsgleichung überführen (eine Differentialgleichung) = Analyse von Zeitverhältnissen, wobei  $r$  den Ort und  $v$  die Geschwindigkeit nennt: "Die jeweiligen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sind Grenzgrößen, die das Verhältnis zwischen zwei infinitesimalen Größen messe: die Veränderung von  $r$  (bzw. von  $v$ ) während eines Zeitintervalls  $[\Delta]t$ , das gegen Null geht, und diesem Intervall selbst. Derartige Größen nennt man 'Ableitungen nach der Zeit'" = Prigogine / Stengers 1981: 64

- verblüffende Analogie zu elektrischen Systemen: "Die Schwingungsgleichung kann auch interpretiert werden als Widerspiegelung von Vorgängen gewisser elektrischer Systeme" <ebd.>. Die (Gleich?)Gültigkeit ein und derselben Gleichung für verschiedene Vorgänge bedarf der (medien)epistemologischen Reflexion.

- eine gedämpfte Schwingung erscheint aus mikroskopischem menschlichem Maßstab wie die mikroskopische Vergrößerung einer Kurve in einer Funktion: obgleich objektiv eine gekrümmte Teilstrecke, erscheint sich als gerader Abschnitt und läßt sich daher mit der vertrauten Arithmetik behandeln. Setzen wir nun die leichte Dämpfung einer fast periodischen Schwingung der leichten Krümmung einer Kurve in einem Graph (einer Funktion) gleich, läßt sich auch auf schwingende Prozesse Differentialrechnung anwenden; in Analogie zur (fast) geraden Strecke läßt sich hier auch die leicht gedämpfte Schwingung wie eine rein harmonische behandeln (Fouriers Idealisierung, die Gabor schon wieder kritisiert, im Namen des An- und Verklingens eines Tons)

- Form und Methode von Fouriers Klang-Analyse offensichtlich nahegelegt und induziert von der Kulturtechnik des Vokalalphabets, fließende Prozesse (Sprache, Gesang) diskret zu zerlegen. Was aber, wenn das Ganze mehr als die Summe der Teile (der Einzelfrequenzen) ist und Unschärfen im Sinne der Schrödingerschen Wahrscheinlichkeitswellen zeitigt?

- eine Fourieranalyse elektronischer Bilder, wo sich die Fourieranalyse doch auf Zeitsignale bezieht, also periodische Schwingungen die Grundlage sein müssen? Oder wird davon ausgegangen, daß ein digitales Bild zeilenweise ausgelesen wird und damit einem "sonischen" Signal nahesteht, das der Fourieranalyse offensteht? Die mathematische Operation der Fouriertransformation transformiert eine \*beliebige\* (aber periodische!) Funktion in den Frequenzraum. Dabei ist es grob gesagt erst einmal egal, ob es sich um ein Signal in der Zeit, also eine  $f(t)$ , oder um ein Signal im Raum (= ein Bild,  $f(x, y)$ ) handelt - also auch Bildmuster; vgl. Moiré-Effekt. Eine besondere Variante des "implizit Sonischen". Problem: daß die meisten Bilder (Fotografien,

Gemälde) klare Begrenzungen haben, also von sich aus keine periodischen Funktionen sind, die sich „bis in alle Ewigkeit“ wiederholen. Das gleiche gilt aber genauso für die üblichen Zeitsignale wie Klänge, die man fourieranalysieren möchte

- technischer Kunstgriff: das Signal (Klang oder Bild oder jede beliebige andere begrenzte Signalfunktion) kopiert in alle Richtungen, nimmt also an, dass sie periodisch seien („sich bis in alle Ewigkeit immer wiederholen“). Dann kann man auf diese Funktionen eine diskrete Fouriertransformation anwenden und erhält eine Darstellung desselben Bildes/Klanges/was-auch-immer im Frequenzraum. Dabei geht keinerlei Information verloren, man kann verlustfrei wieder in Zeit-/Ortsraum zurücktransformieren. Abtastung entweder tatsächlich zeilen(pixel)weise, oder auch in einzelnen Bildblöcken - gerade für die Kompression

- aus Sicht der Signalverarbeitung ist die Fourier\*Analyse\* ja nur die eine Hälfte der Medaille. Einen Großteil der praktischen Anwendungen (aus der Sicht der Signalverarbeitung) bietet erst die Fourier\*Synthese\*. Denn die Verarbeitung der Daten im Frequenzraum (Filterung, Kompression, andere Modifikationen) und die anschließende Rücktransformation in den ursprünglichen Raum (die inverse Fouriertransformation) bieten noch weitaus mehr Möglichkeiten als die „bloße Analyse“ (Maibaum)

- Fouriertransformation liefert also zunächst einmal nichts weiter als die Übersetzung einer mathematischen Funktion in eine andere, aber \*äquivalente\* mathematische Funktion (Frequenzdarstellung anstatt Zeit-/Orts-/...-/Darstellung). Beide Funktionen, die Ausgangsfunktion und ihre Fouriertransformierte liefern exakt dieselbe Information, nur in unterschiedlichen Darstellungen. Für das mathematische Gelingen der Fouriertransformation ist die physikalische Einheit/Dimension der Eingangsdaten irrelevant. Einzige Bedingung ist, daß sie periodisch sind.

- Edmund Husserls Zeitdiagramm (gedruckt in seinen *Vorlesungen zur Phänomenologie des inneren Zeitbewußtseins* von 1928) faßt das Jetzt nicht als Punkt, sondern als eine Vielzahl von "Jetztpunkten" in einem Zeitfeld, das die aktuelle "Urimpression" sowie Re- und Protention umfaßt.<sup>62</sup> "Daß mehrere aufeinanderfolgende Töne eine Melodie ergeben, ist nur dadurch möglich, daß die Aufeinanderfolge psychischer Vorgänge sich 'ohne weiteres' zu einem Gesamtgebilde vereinige. Sie sind im Bewußtsein nacheinander, aber sie fallen innerhalb eines und desselben Gesamttaktes."<sup>63</sup> Husserl sucht den psychophysischen Mechanismus zu beschreiben, der diesen sonischen Eindruck ermöglicht: "Dies Bewußtsein ist in beständiger Wandlung begriffen; stetig wadelt sich das lebhaftes Tonjetzt in ein Gewesen, stetig löst ein immer neues Tonjetzt das in die Modifikation übergegangene ab. Wenn aber das Tonjetzt, die Urimpression, in Retention übergeht, so ist diese Retention selbst wieder ein

---

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

63 Edmund Husserl, Vorlesungen zur Phänomenologie des inneren Zeitbewußtseins, hg. v. Martin Heidegger, Halle (Niemeyer) 1928, 383

Jetzt, ein aktuell Daseiendes. Während sie selbst aktuell ist (aber nicht aktueller Ton), ist sie Retention *von* gewesenem Ton." <ebd.>

- läßt sich jede zeitveränderliche Funktion  $f(t)$  durch eine Überlagerung sinusförmiger Anteile mit unterschiedlichen Frequenzen beliebig genau approximieren, bzw. mittels Fourierintegralen darstellen" = Skript "Elektrotechnik" ETH Zürich, § 4.1.1

- mit Fourierintegralen das akustische, schwingzeitliche Ereignis - medienarchäologisch (techno-mathematisch, also sowohl in den Operationen der Meßmedien als auch in der mathematischen Analyse) faßbar: nicht aber das Wesen der Musik

- Barkhausen, Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen, 6. Aufl. Leipzig (Hirzel) 1958, 30: tabellarischer Vergleich (formuliert in mathematischen Formeln) "Analogie elektrischer und mechanischer Schwingungen". Bei aller Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Schwingungen (nur phänomenologisch analog, oder gleichursprünglich?) - Medienwissenschaft setzt mit den elektrischen Resonanzen an und verliert sich nicht schon vorweg in der Kulturgeschichte der Relation von Musik und Mathematik (das wäre kulturtechnisch orientierte Kultur- und Musikwissenschaft); den Schnitt also disziplinärer, am emergierenden Medienobjekt orientiert ansetzen: dort, wo es nicht mehr um die physikalischen "Medien" (*to metaxy* Aristoteles´) geht, und auch nicht um kulturtechnische Artefakte (wie die instrumentale schwingende Saite am Monochord etwa), sondern um erzwungene Schwingungserscheinungen im artifiziiellen elektromagnetischen Feld, Grundlage der Medieneskalation im Sinne McLuhans.

- erhört das pythagoäische Ohr an der klingenden Saite des Monochords die ganzzahlige, also mathematisierbare Harmonie der Welt im Klang - nicht aber die Frequenz der Saite selbst. Die aber ist die eigentliche Mathematik als Kehrwert von Zeit. Soweit der Zusammenhang von Musik & Mathematik; mit dem Elektromagnetismus aber wird ein solcher Klang (als kulturelle Artikulation im sonischen, also NF-Bereich) einer HF-Trägerschwingung aufmoduliert, die nichts ganzzahlig-Harmonisches an sich hat, sondern einer komplizierten, von James Clerk Maxwell erst durchdrungene Differentialrechnung zugänglich ist. Hier spielt die Medienmusik; die wahre mathematisch-musikalische Harmonie ist der elektrische Schwingkreis. Dies aber ist nicht mehr musikalische Instrumentation, sondern Instrumentalisierung der Elektrizität als Elektronik, also Mathematisierung des Stroms, Techno/logie als Technomathematik

- Mathematik der schwingenden Saite / *mathesis* derselben, d. h. einmal harte Mathematik als Bewältigung des Phänomens, einmal Erkenntnis, die anhand derselben gewonnen wird - Erkenntnis am Klang (entlang). Ist diese spezifische Form von Wissen eine, die sich erst im Zeitvollzug selbst (mit)vollzieht, also eine resonniernde (denn Resonanz setzt immer schon einen Zeitprozeß voraus)?

- Voraussetzung für den Befreiungsakt von der harmonischen Proportion hin zur Frequenz (die dann mit Fouriertransformation und Gaborquanten unter

umgekehrten Vorzeichen wiederkehrt) war, daß die abendländische Kultur auf einem ganz anderen Feld an den Takt und die pendelnde Schwingung kulturtechnisch trainiert worden war. Eine Art analog/digital (A/D)-Umwandlung von aufgespeicherter Energie in übetragene Information wurde erstmals praktiziert anhand der Unruh (Hemmung) der spätmittelalterlichen Uhrwerke. Die Klosterwelt generierte die getaktete Uhr, genauer: die Uhr mit der Hemmung, der Unruh als Mechanismus, der unter der Hand zur Sensibilisierung für Schwingungsvorgänge führt (und in der Frühneuzeit dann zum oszillographischen Weltbild führt, das Fourier komplettiert)

- mit periodischer Oszillation wird die getaktete Zeit (Frequenzen), mithin die Räderuhr, zum Dispositiv der neuzeitlichen Ontologie als Vollzug, ein (Da)Sein in der Zeit

- 1803 schreibt Ritter an Oersted: "Aller Sinnesempfindung liegt Oscillation zum Grunde. <...> überall, wo nur etwas geschieht, geschieht es auch nothwendig oscillatorisch" = zitiert nach Siegert 2003: 300

- Hans Christian Ørsted 1808: "If we imagine a taut string making its slowest vibrations, we are able to distinguish each vibration with our eyes. Let the speed increase, and now we can no longer distinguish one vibration from the other; we see only the entire space through which the string vibrates filled by it. There is a gap between the point where the visibility of the individual vibrations ceases to the point where the deepest tone begins. Now imagine the vibrations proceeding with increasing speed and producing higher and higher tones; in the end the speed of the vibrations becomes too great to be perceived by the ear" = Hans Christian Ørsted, *Experiments on Acoustic Figures* [1808], in: *Selected Scientific Writings of H. C. Ørsted*, trans. and ed. Karen Jelved, Andrew D. Jackson, and Ole Knudsen, Princeton (Princeton Univ. Press) 1998, 280

- a "Savart's wheel" (Félix Savart, 1791–1841): "It was invented over and over again, starting—probably—with Robert Hooke (1635–1703). [...] its experimental design demonstrating, visually and aurally, the correlation between frequency and pitch. On the basis of the number of teeth on the cog and its rotation speed, we can calculate how many times the cog strikes per second to produce a given pitch. Clearly excited about his idea, Hooke also told [...] that he would be able to identify the buzz of a fly by counting the frequency at which it flapped its wings. From a musical perspective Hooke's wheel was overshadowed by the invention of the tuning fork only a few decades later. But for a media archaeologist, the wheel, which lays bare the underlying mechanics, has great advantages over the tuning fork. It allows us to 'reverse-engineer' the mechanism of sound generation" = Alexander Rehding, Introduction, in: *Journal of the American Musicological Society*, Vol. 70 No. 1, Spring 2017, Themenheft "Discrete/Continuous: Music and Media Theory after Kittler", 221-256; <http://jams.ucpress.edu/content/70/1/221>, unter Bezug auf: Stephen Inwood, *The Man Who Knew Too Much. The Strange and Inventive Life of Robert Hooke, 1635–1703*. London (Pan Books) 2003, 223 ff. - als Klangereignis, und als wiederholter Anlauf zu seiner (Er-)Findung in diversen "historischen" - aus medienepistemologischer Sicht jedoch *gleichursprünglichen* - (Ur-)Szenen

- 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."<sup>64</sup> Demgegenüber entdeckt Leonard Euler *avant la lettre* den Dirac-Impuls (Deltafunktion) von (potentiell un)endlicher Amplitude, aber einer gegen Null gehenden zeitlichen Dauer, ein "digitaler Impuls" <Siegert 2003: 219>. Doch ist unendlich klein nicht Nichts: Zeit vergeht, minimalst, auch im Digitalen.

- Differenz von Schwingung, Frequenz und Impuls; Lochsirene Caignard de la Tour: Luftstöße als Impulse; aus diskreten Momenten setzt sich der Ton als Frequenz zusammen, zählbar (Frequenz). Luft (als umgebendes Medium) wird mit Luft moduliert (Impulse)

- Georg Simon Ohm, Über die Definition des Tones, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen, in: Annalen der Physik und Chemie 135, Heft 8 (1843), 513-65

- Eulers Darstellung der Variationsrechnung (Lausanne/Genf 1744); Anhang: Infinitesimale Schwingungen elastischer Körper. Kommentiert Euler: "Man sieht wohl, daß dies durch keinerlei reguläre Funktion von  $t$  repräsentiertbar ist" = *De la propagation du son*, 430; das Intervall strebt hier gegen Null (als Limeswert *lim*). Aus der (scheinbar) kontinuierlichen Bewegung wird hier ein Moment herausgeschnitten, der nicht mehr nur ein zeitlicher Moment ist, sondern auch ein epistemisches Moment: ein Moment, "der nicht transitorisch gedacht werden kann <...> sondern vielmehr Funke, stroboskopischer Lichtblitz, der die Bewegung für einen Augenblick einfriert" <Siegert 2003: 220, unter Anspielung aus Lessing 1766>. Und ergänzend: "Die ersten Bewegungen, die durch mit Wechselstromfunken erzeugtes Stroboskoplicht beobachtet wurden, waren neben anderem auch schwingende Saiten: Euler diskontinuierliche Funktionen machten die irregulären Kurvenformen der Saite sichtbar" = Siegert 2003: 474, Anm. 135; entdeckt Feddersen durch schnelle Spiegeldrehung den oszillatorischen, schwingenden Charakter der Funken selbst

## **Aristoteles und/oder Heider**

- Aristoteles zufolge Wahrnehmungsmedien (*to metaxy*) wie das Licht oder das Wasser oder die Luft durch Qualitäten (etwa Farben) der Wahrnehmungsgegenstände angestoßen; das vermittelnde Medium nimmt dabei die spezifischen Qualitäten der Gegenstände an und gibt diese Erregung darauf an das humane Sinnesorgan weiter. Dort erfolgt eine analoge Rekonstruktion der ästhetischen Qualitäten. Aristoteles vermag Licht nur unmittelbar zu denken (anders als Luft, als Zeitwiderstand gegen Schall etwa): "Licht setzt die Existenz von etwas in etwas voraus, ist aber keine Bewegung"<sup>65</sup>; Aristoteles vermag Licht als Wellenbewegung (im

---

64 Edward B. Magrab / Donald S. Blomquist, *The Measurement of Time-Varying Phenomena*, New York et al. (Wiley) 1971, 1

65 Aristoteles, Über die Wahrnehmung und die Gegenstände der Wahrnehmung, in: ders., *Kleine naturwissenschaftliche Schriften (Parva Naturalia)*, übers. u. hg. v. Eugen Dönt, Stuttgart (Reclam) 1997, 47-86 (77)

elektromagnetischen Spektrum) nicht zu denken. "Ortsveränderungen erreichen natürlicherweise zunächst die Mitte des durchlaufenen Raums (der Schall ist ja offenkundig die Bewegung von etwas, das seinen Ort verändert)" - Aristoteles weiß hier um den Doppelsinn von lat. *medius* sowohl im räumlichen wie zeitlichen Sinn, quasi differential -, "bei dem aber, was seine Qualität verändert, ist dies nicht der Fall" <ebd.>

- für sonische Vorgänge Aristoteles' feines medienhermeneutisches Gehör; an der Laufzeit raumakustischer Impulse identifiziert er geradezu das irreduzible Wirken eines Dazwischen (*to metaxy*) als Zeitweise

- antizipiert Aristoteles Leibniz' Begriff der *petits perceptions* als zeitkritische Prozesse: "Stimmt es, was einige Musiktheoretiker sagen, daß die Töne nämlich nicht zugleich unser Ohr erreichen, daß es uns nur so vorkommt und daß wir dies nicht merken, wenn es sich um eine nicht wahrnehmbar Zeitdauer handelt? Dementsprechend könnte man auch gleich sagen, daß wir deshalb glauben zugleich zu sehen und zu hören, weil wir den Zeitabstand nicht merken."<sup>66</sup> Genau dies ist der kinematographische Nachbildeffekt und der von Bergson und Husserls beschriebene Eindruck einer Melodie. Doch dann Aristoteles' Einspruch: "Das stimmt wohl nicht, und es ist wohl unmöglich, daß es eine Zeit gibt, die nicht wahrgenommen werden kann" = ebd.

- hat Aristoteles einen Begriff des Gegenwartsfensters der Wahrnehmung, nahe dem Begriff der Dauer bei Henri Bergson: Wahrnehmungsobjekt "bleibt in den Wahrnehmungsorganen nicht nur so lange bestehen, wie die Wahrnehmungen aktuell vorhanden, sondern auch noch nachdem sie verschwunden sind"<sup>67</sup> - der kinematographische Nachbildeffekt. Ähnliches sieht Aristoteles für Dinge, die sich in Bewegung befinden: "Auch bei diesen dauert die Bewegung fort, obgleich der Kontakt mit dem Ding, das den Anstoß zur Bewegung gab, bereits gelöst ist. Dieses hat nämlich einen entsprechenden Teil der Luft in Bewegung versetzt, dieser wiederum durch seine Bewegung einen anderen, und auf diese Weise vollzieht ein Ding die Bewegung, in der Luft wie im Wasser, bis es zum Stillstand kommt" <ebd.>. Hier ist Aristoteles nahe am Begriff der gedämpften Schwingung, verbleibt aber in einer (Teilchen-)Physik des kinematischen Stoßes, gelangt damit nicht zur Frequenz

- schließt Fritz Heider auf den ersten Blick unmittelbar an Aristoteles' Medienphysik an; unterscheidet sich durch Radioerfahrung davon, welche das altgriechische Erbe von der Mediengegenwart trennt; so ist bei ihm die Rede von Schwingungen und einer Art Modulation der ästhetischen Erfahrung: "Die Art des Geschehens, daß hier an der Stelle des Raumes Schwingungen von der Wellenlängedes Gelb sind, an der anderen Stelle andere Schwingungen, all die ist nur von Eigenschaften des Steins abhängig"<sup>68</sup>, beschreibt Heider den von der Sonne beleuchteten Stein, der auf Seiten seiner Materialität (Substrat) "innenbedingt" ist (seine Definition des "Dings", worin das Geschehen dem Substrat zugeordnet ist; innenbedingte Schwingungen sind "Eigenschwingungen". Zu Eigenschwingung begabte Körper (siehe

---

66 Aristoteles, Über die Wahrnehmung und die Gegenstände der Wahrnehmung, in: ders., Kleine naturwissenschaftliche Schriften (Parva Naturalia), übers. u. hg.v. Eugen Dönt, Stuttgart (Reclam) 1997, 47-86 (82); Kursivierung W. E

67 Aristoteles, Über Träume, in: ders. 1997: 119

68 Fritz Heider, Ding und Medium, (Vorwort Dirk Baecker), Berlin (Kulturverlag Kadmos) 2005, 38

Elektronenröhrentechnik und die schwingende Saite) vermögen Resonanzen zu zeitigen (Prinzip Radiosendung und -empfang etwa), sind also - weil dynamisch - im latenten Medienzustand (ein Begriff von Medien-im-Vollzug, im Unterschied zum ontologischen Dingbegriff). Anderes Mediumgeschehen dagegen ist außenbedingt: aufgewungene Schwingungen. Im AM- und FM-Funk aber modulieren Schwingungen Schwingungen

### **Spezialfall: Zungenfrequenzmesser, resonnierende Saiten**

- nutzt Helmholtz elektrisch rückgekoppelte Stimmgabel als Meßgerät für ultrakurze Zeitmomente; Einsatz des "vibrating wire resonator" in der Physik kleinster Teilchen

- einfaches Netzstrom-Frequenzmeßgerät: Zungen sprechen je nach Resonanz auf Wechselstromfrequenz an, und erzittern jeweils nach Maßgabe der Skala. Es handelt sich hier um einen elektromechanischen Fourier-Analysator, der an Schwingungen die Zahl (skalar) sichtbar macht; *zählt* die (Elektro-)Physik

- leitet Pythagoras aus dem Klang des Schmiedehammers den Daimon ab, fortentwickelt von seinen Schülern zu einer Analyse musikalischer Proportionen, also Mathematik = Friedrich Kittler, in: ders. / Cornelia Vismann, Vom Griechenland, Berlin (merve) 2001, 132; Frage nach historischer Glaubwürdigkeit eines Subjekts Pythagoras medienarchäologisch irrelevant: operativ diagrammatisches Argument gleichursprünglich; schlägt Hammer 16 mal/Sekunde, wird (Brumm)Ton hörbar; in diesem Feld werden Werkzeuge zu (klangerzeugenden) Medien; deren Eigenwahrnehmung unterscheidet keine Hörschwelle: auch Ton immer als Impuls gewußt

- wirkt das hochtechnische Medium im Gegensatz zum Werkzeug nicht auf Stoffe ein; ist vielmehr "ein Modus der Kontrolle"<sup>69</sup>; Hammer eine Technik erst in der Hammermühle oder im Hammerklavier

- "Zeug" das "im Besorgen begegnende Seiende" = Heidegger 1993 = Ausgabe *Sein und Zeit*, 68; demgegenüber "Dinge" nur in der (theoretischen) Betrachtung erfahren. Volksempfänger ist elektronisches Zeug. Das Zeug hat die (vektorielle) Struktur des "um zu". Ein "Hammerding" begegnet uns nicht im Betrachten, sondern nur im Hämmern, in welchem das Zeug "Hammer" sein "um-zu" hat. Demgegenüber aber ist ein Fernsehapparat nicht schlicht ein "um-zu", sondern "durch-hindurch": der Kanal rückt in den Vordergrund, und das ist nicht mehr schlicht Zeug. Der "Volksempfänger", jetzt sendend, ist ein Medium nicht allein im Sinne der aristotelischen Physik, sondern zweiter Ordnung: das Medium, die Wellen, werden künstlich gesetzt, dann moduliert; beides technologische, nicht mehr schlicht kulturtechnische Akte

- eine Art (Wechsel-)Stromklavier; gleich den Klaviersaiten, deren Eigenschwingung durch einen Anschlag hammerartig angeregt wird, kommt hier die Schwingung durch impulsartige Resonanzanregung zustande: "Ein Wechselstrommagnet mit großer Streuung wird von der zu messenden

---

69 Serge Moscovici, Versuch über die menschliche Geschichte der Natur, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1990, 220

Frequenz gespeist. Vor dem Magneten sind kleine Stahlzungen angebracht, deren freie Enden umgebogen und mit weißen Marken versehen sind. Jede Stahlzunge hat eine bestimmte Eigenfrequenz, die in Stufen von 1, 2 oder 5 Hz von der Frequenz der nächsten Zunge abweicht. Unter dem Einfluß des magnetischen Wechselfeldes geraten die Zungen in mechanische Schwingungen, wobei diejenigen mit der dem Wechselstrom naheliegendsten Eigenfrequenz die weiteste Schwingungsamplitude zeigen oder sogar in Resonanz kommen. Zeigen zwei Zungen die gleiche Amplitude, so liegt die zu messende Frequenz dazwischen."<sup>70</sup>

## **Musik des Telegraphenkabels (Schwingung und Telephonie)**

- 1920er und 1930er Jahre überraschende Parallelität von Fernsehentechnikentwicklung in Japan Deutschland, den USA, England, Rußland; medientechnische Forschung nicht schlicht durch "Diskurs" oder gegenseitige Fachliteratur in Resonanz geraten, sondern durch gemeinsame "Erdung" der untersuchten Medienprozesse in Physik und Mathematik; derart geerdete Technik (be)stellt Techniker, sich wissend in immer neuen Anläufen zu ihr zu verhalten, wie konkret die schwingende Saite als durchlaufender Gegenstand abendländischen Wissens

- Zerlegung der Stimme in ihre spektralen Teile; Bells Mißverständnis, daß Helmholtz die Vokale telegraphiert habe, bewegt ihn zur Entwicklung des Telephons; Wolfgang Hagen, Gefühlte Dinge = <http://whagen.de/publications/GefuehlteDinge/GEFDING.HTM>; publiziert in: Stefan Münker / Alexander Roesler, Telefopnbuch. Beiträge zu einer Kulturgeschichte des Telefons, Frankfurt/NM. (Suhrkamp) 2002; läßt sich Alexander Graham Bell 1874 vom Helmholtzschen Klavier als Fourier-Analysator für Vokale in ihrer Frequenzzusammensetzung zum Entwurf eines elektromagnetischen Saiteninstrumentes inspirieren, dem *Harp Apparatus*; Schwingung in jeweiliger Resonanzfrequenz des zu übertragenden Stimmklanganteils induziert Wechselstrom in der Spule des Elektromagneten; Robert V. Bruce, Bell. Alexander Graham Bell and the Conquest of Solitude, Boston 1973, 122>

## **Interferenzen (Ästhetik der Schwebung)**

- Interferenzen aus der Überlagerung von Wellenereignissen gleichen Typs; Wellenringe zweier Steine im Wasser bilden an Schnittstellen durch Überlagerung neue Muster (Prinzip Huyghens / Wellenfeldsynthese)

- herrscht eine (epistemologische oder analoge?) Vertäuerung (zumindest Affinität) zwischen Attraktoren (die Organisation non-linearer Ereignisse durch Schwerpunktbildung) und mechanisch gekoppelten Schwingungen (Doppelpendel Christiaan Huyghens, simulierbar am Analogcomputer); wird

---

<sup>70</sup> Hansgeorg Laporte, Die Messung von elektrischen Schwingungen aller Art nach Frequenz und Amplitude, Halle/Saale (Wilhelm Knapp) 1949, 18f (u. Abb. 31)

dieses kurzzeitige Zustandekommen als Moment der "Schwebung" hörbar;  
Lissajous-Figuren und Stereoklanganalyse durch Goniometer

- Hörbarkeit des Laufzeitspeichers: Läßt man eine periodische Schallwelle durch ein Interferenzrohr laufen (vgl. akustischer Verzögerungsspeicher; Linz Ars Electronica-Installation Kim), wird die Welle geteilt, und beide Wellenfronten setzen sich durch die beiden U-Bögen fort. Wird ein U-Bogenteil etwas verlängert (herausgezogen), legt die Schallwelle dort einen längeren Weg zurück und trifft etwas später (*différence*) mit der Welle des anderen Bogenteils zusammen; zeit- bzw. phasenverzögert. Kommt es dabei zu Auslöschungen, herrscht ein Mikro-Moment der Stille: wenn Streckenunterschied genau eine halbe Wellenlänge beträgt, weil dann Wellenberg und Wellental aufeinandertreffen, so daß "die Frequenz eines Teiltones, den man durch Interferenz aus deinem Klang herausgelöscht hat, aus der Rohrlänge berechnet werden kann, und zwar über die Beziehung Frequenz ist gleich Schallgeschwindigkeit durch Wellenlänge. Ein Interferenzrohr ist also <...> das Gegenteil <oder Gegenstück> eines Resonators, denn der unterdrückt <...> alle anderen Frequenzen außer derjenigen, auf die er eingestimmt ist" = Grieger 1989: 54; inverser Fourier-Analysator

- Schweb- und Schwebungszustände: akustische durch Überlagerung fast gleicher Schwingungen; physikalisch: Erhebung eines Hubschraubers über der Erde; Schwebung zweiter Ordnung: Empfang derselben Kurzwellensendung, aber durch verschiedene Geräte; stehen (fast) gleichursprünglich zur Sendung. Mit leichter Differenz (Lichtgeschwindigkeit: endlich; analog zu Michelson / Morley: Messung mit Licht zum Ätherwiderstand); erzeugt eine Schwebung, die aber dem menschlichen Ohr, weil zu fein, verborgen bleibt?

## Parameter Frequenz

- *Stauchung* der "historischen" Zeitdifferenz im Moment des Erklings; parallel zu *wirklich* experimentellen Hinterfragungen (nicht nur anekdotisch überlieferten) der Grundlagen der pythagoräischen Verhältnisse: neue Auffassungsweise vom Ton als physikalischem Phänomen; Frage nach der Beschaffenheit von Schallen selbst (schon Archytas) "und damit auch der Frage nach der Übertragungskette Instrument - Raum - Empfängerrohr, die offenbar mit den Schwingungsbewegungen der Saiten zusammenhängen musste" (Volmar)

- stellen Marin Mersenne, Taylor und Sauveur die Untersuchung der schwingenden Saite auf eine physikalische Grundlage, damit die Akustik als naturwissenschaftliche Methode begründend; anders als Pythagoras errechnet Mersenne die Schwingungszahlen, nicht die Streckenproportionen; obsiegt in beiden Fällen die Aussage, daß der Zusammenhang von Medium und Mathematik ein originärer ist: "Gerade in der Theorie der Schwingung <...> und der damit verbundenen Darstellung der Obertöne schlägt ja das Akustische in das Musikalische wieder um, berührt sich die mathematisch-physikalische Theorie wieder mit der mathematisch-ästhetischen in einem Ausmaße, wie das eigentlich nur noch einmal repräsentativ in der Antike gewesen ist" = Max Bense, Konturen einer Geistesgeschichte der Mathematik II. Die Mathematik in der Kunst [1949], in: ders., Ausgewählte Schriften, hg. v. Elisabeth Walther, Bd.

2, Stuttgart/Weimar (Metzler) 1998, 233-428 (418) - scheinbar rekursiv; ist nicht die Historie am Werk, sondern der Appell des Mediums: die schwingende Saite erzwingt Stellungnahmen des Wissens, die je verschieden ausfallen, sich aber am gleichen Ereignis abarbeiten; der Appell des Mediums (die schwingende Saite) stellt erklingend die Frage nach ihrem Seinsvollzug

- Saiten dadurch zum Tönen bringen kann, indem in der Nähe befindliche gleichgestimmte in Schwingungen versetzt = Arthur Wilke, Die Elektrizität. Ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe, bearb. u. hg. v. Otto Lich, Berlin (Neufeld & Henius) 1924, 692; Experimentalanordnung Hippasos; Tongefäße mit Wasser gefüllt, je nach erregtem Ton klingen Wasseroberflächen verschieden an

- beschreibt Phänomen der Resonanz ein un-historisches Verhältnis der erkennenden Sinne dazu: Das physikalische Phänomen, historisch invariant, fordert der vernehmenden Sinn (Auge, Ohr) durch die schiere Eigenästhetik (Faszination der Entdeckung von Resonanz) im Sinne Heideggers "heraus" und dazu auf, sich zu ihm zu verhalten; setzt sich dieses physikalische Phänomen im elektr(on)ischen Schwingkreis fort.

- Spule (als Bauteil) das materiale Korrelat zur Schwingung: gleichförmig, aber fortschreitend

- veränderliche Ströme (Wechselstrom) nicht zu Zwecken der Musik, sondern der höheren Effizienz der Energieübertragung eingesetzt; Edisons Ablehnung von Teslas Wechselstrom; Thomas Alva Edisons Phonograph bleibt (schon von der Namensgebung) her in der Logik der Kulturtechniken (Schrift / *graphé*) und der Klassischen Physik (Mechanik); pneumatische Druckschwingungen der Luft als mechanische Schrift eingraviert; steht dem nicht als technikhistorische Folge, sondern originäre Alternative (Patent Oberlin Smith) die elektromagnetische Aufzeichnung gegenüber, die nicht mehr in der Welt der *graphé* operiert, sondern der Felder (und damit eine andere Medienepisteme); in Analogie zum elektrischen Telephon wird auf Stahldraht die Schallschwingung induktiv unter Nutzung des Wechselstroms (als objektives Korrelat zu Sinusschwingungen, aber ganz und gar unmusikalisch zustandegekommen) eingesetzt - ein anderer, transklassischer Typus von Signalen

- nicht mehr Kraftübertragung im Sinne der klassischen Mechanik (Newton), wie sie bis hin zu den kinematischen Beziehungen im Verarbeitungsmaschinenbau eine Rolle spielt (Getriebelehre): "Betrachten wir z. B. eine moderne Druckmaschine und verfolgen den Lauf des Papiers, so stellen wir fest, daß eine große Anzahl periodisch wiederkehrender Bewegungen vollzogen werden muß, bevor der bedruckte Bogen die Maschine verläßt. Diese periodischen Bewegungen, etnstanden aus der Nachahmung manueller Arbeit, sind überhaupt das Kennzeichen der gesamten Verarbeitungsmaschinen" = Gottfried Tränkner, Ziel und Ausgaben der Forschung im polygraphischen Maschinenbau, in: Die Technik. Messesonderheft 1952, Berlin (Verlag Technik), 114-116 (114); setzt die Harmonische Analyse an: "Mit der Analyse der Gesamtheit dieser Bewegungen beginnt die Forschung. Hier werden zunächst die Bewegungen der einzelnen Arbeitsorganein Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet <...>. Anstelle der

Zeit ist der ihr proportionale Drehwinkel der Antriebswelle als Maßstab eingesetzt. <...> Man sollte annehmen, daß diese <...> Art der Darstellung komplizierter Zusammenhänge allgemein bekannt ist, da sie erkennen läßt, ob der Gesamtablauf der Bewegungen harmonisch ist, ob die gegenseitigen Verhältnisse der für die einzelnen Vorrichtungen zur Verfügung stehenden Zeiten jeweils die optimalen Werte besitzen" = ebd.

- macht Einsatz von Schleifen-Oszillographen die Registrierung solcher rasch ablaufenden Vorgänge möglich; Zeitmarken geben hier die Zeitbasis gegenüber den Arbeitszyklen ab - gleich einer Makroversion des Mikrozeitgeschehens in getakteten Computern

- geschieht Übertragung elektrischer Energie von einem Stromkreis mit veränderlichen Strömen (Wechselstrom) auf einen zweiten, davon vollkommen (selbst durch Vakuum) isolierten Leiter (wie nahe auch immer, etwa als Transformator) durch Induktion. Von ganz nah (Prinzip Transformator) zu ganz fern (Telegraphie, Radio, Antenne); vollzieht sich die Übertragung elektrischer (HF-)Energie vom Primärsystem auf das sekundäre Leitersystem durch extrem schnelle Wechselströme im Primärsystem; erzeugt werden Wechselströme, deren Richtung und Stärke sich *in regelmäßiger Weise* (also harmonisch schwingend) ändert, durch Bewegung von Leitern in Magnetfeldern (Prinzip Dynamo). Wird diese Kreisdrehung als Winkelfunktion graphisch aufgetragen, resultiert das Bild einer sinusförmigen Wechselspannung; Zeitraum, innerhalb dessen sich ein einziger derartiger Verlauf der Änderung vollzieht, als Periode oder analog der Bezeichnungsweise bei den Pendelschwingungen als Schwingungsdauer bezeichnet = Wilke 1924: 682; für drahtlose Telegraphie Wechselströme von mindestens 30000 Hz (nicht die ultralangsamem 50 Hz des Stromnetzes)

## **Grund- und Obertöne von Wissensgeschichte**

- wenn die Geschichtsschreibung des Klangs selbst klangförmigen Charakter annähme? Oberwellen des Wissens, etwa: das pythagoräische Monochord-Experiment als Grundton, demgegenüber Fourier als Harmonische des sonischen Wissens; bricht die Erfahrungswissenschaft der Neuzeit mit den axiomatischen, aus der Antike überlieferten Dogmen und filtert vielmehr jene antiken Wissens Elemente aus, die sich nach wie vor experimentell verifizieren ließen - etwa die Schwingung am Monochord, die nicht neu erfunden, sondern neu gedeutet wurde - diesmal zeitkritisch, als Schwingungsereignis, nicht mehr im Sinne ganzzahliger harmonischer Mathematik, sondern in Frequenzen analysier- und berechenbar (Fourier)

- Können nur schwingungsfähige Systeme in Resonanz treten, oder auch ihr Kehrwert, die symbolische Ordnung? Resonanz zielt auf die *Eigenfrequenz* eines Systems, das "angesprochen" wird - also die implizite Zahl

## **Resonanzen als Zeitmodell**

- Phänomen der Resonanz schwingungsfähiger Systeme; korreliert damit im Zeitfeld der Begriff der "Eigenzeit": "In der speziellen Relativitätstheorie haben

gleichberechtigte Bezugssysteme, die sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegen, jeweils eine eigene, individuelle Zeit"<sup>71</sup>

- Wilhelm Wunds psychophysiologischer Befund lautet, "dass jede Vorstellung geneigt ist, eine ihr *ähnliche* in's Bewußtsein zu rufen"<sup>72</sup> - Superposition, Autokorrelation, Klang; "dass eine Vorstellung sich besonders leicht mit solchen associiert, mit denen sie / *häufig* verbunden gewesen ist, sei es in Folge räumlicher Coexistenz, sei es durch die regelmässige Ordnung in einer Zeitreihe" = ebd., 788 f.

- Fortschreiten periodischer Schwingungen; quer dazu ebenso eine Faltung, eine Überlagerung: der Frühling im aktuellen Jahr weckt Momente der Erinnerung an vergangene Frühlinge (Bergsons Bewußtseinskonus, dessen gegenwärtige Spitze die Fundierung in der Vergangenheit akzualisiert), ausgelöst durch Momente wie etwa den spezifischen Duft eines regennassen, junggrünen Waldes; Überlagerung stellt als Zeitfigur implizit (d. h. nicht notwendig akustisch) ein "Klang" im Sinne Fouriers: eine Superposition gegenüber einem (aktuellen) Grundton; kennt Neurologie solche Faltungen auf der mikrozeitlichen Signalverarbeitungsebene als Koinzidenz und Autokorrelation, die Abbildung eines zeitversetzten Signals auf sich selbst. In der Messung neuronaler Signalverarbeitung, die eher mit Impulsketten denn mit den (allein konitiv existierenden) "kontinuierlichen" Meßdaten konfrontiert ist (Frequenz als Kehrwert der Periodizität), die Rede von Autokorrelation, "wenn die kontinuierliche oder zeitdiskrete Funktion (z. B. ein- oder mehrdimensionale Funktion über die Zeit oder den Ort) mit sich selbst korreliert wird. Beispielsweise  $x(t)$  mit  $x(t+\text{Verschiebung})$ " = <http://de.wikipedia.org/wiki/Autokorrelation>; Zugriff 8. Juli 2008; Schauplatz von Autokorrelation hochtechnische Signalverarbeitung ebenso wie die neuronale Wandlung diskreter rhythmischer Impulserinnerungen von Tönen, resultierend in der musikalischen Empfindung; werden vom EEG nicht Einzelneuronen, sondern Summenpotentiale von Frequenzen (neuronale Signale als *spikes*, idealerweise modelliert durch Dirac-Impulse) gemessen. Klänge als überlagerte Schwingungen vermögen ihrerseits überlagerte Erinnerungen in Resonanz zu versetzen, resultierend etwa in Melancholie

- ruft laut Henri Bergson aktuelle Wahrnehmung (die - am Beispiel Licht - selbst als ein schwingendes, hochfrequentes Signal auf "Dauer" angewiesen ist) immer auch erinnerte Wahrnehmung mit auf; resultieren quasi-klanglichen Superpositionen; sogenanntes "Gedächtnis" ist ein selbstmodifizierendes, rückgekoppeltes System von Eigenfrequenzen

- Rezitation eines algriechischen *paian* zur Lyra: Wer oder was singt? In dem Moment, wo die Worte und Notationen durch die Stimme und den Klangkörper von Sänger(inn)en laufen, werden diese selbst zum Medium der Macht der Sprache; diese positioniert den Menschen, stellt ihn (Gestell, Dispositiv), was aber nur gelingt, wenn der performierende Körper hinreichend darauf (auf den Empfang dieses Appells) gestimmt ist, gleich dem Schwingkreis eines Radios

---

71 Peter Eisenhardt, *Der Webstuhl der Zeit. Warum es die Welt gibt*, Reinbek (Rowohlt) 2006, 357 (Glossar)

72 Wilhelm Wundt, *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, Leipzig (Engelmann) 1874, 788

- "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" = Bachofen, zitiert hier nach Gossman, "Orpheus", 46 f.

- Modell des "resonierenden Intervalls" (McLuhans Plädoyer für eine wahrhaft elektronische, nämlich sonische Wissenskultur) klingt an: "Resonanz ist der Zustand des akustischen Raums" = Marshall McLuhan / Bruce R. Powers, *The Global Village. Der Weg der Mediengesellschaft ins das 21. Jahrhundert*, Paderborn 1995, 39; gemeint damit keine flache Analogie, sondern speziell jener Zwischenraum, das Intervall von "Figur" und "Grund" (*arché*, Infrastruktur); quasi-radiotechnisch respektive quantenmechanisch identifiziert McLuhan diesen Zwischenraum als resonierend und baut darauf nicht nur ein alternatives Geschichtsmodell, sondern eine Alternative zum Geschichtsmodell (speziell von Medien) selbst

## **Schwingungen, neurologisch**

- prägen sich menschlichen Sinnen *qua* Aisthesis keine Singularitäten, sondern Wellenzüge ein; was an neuen Eindrücken einfließt, resoniert Frequenzebene mit den als Spektren aufgespeicherten Alteindrücken (Schemata), die dann wieder vom Frequenz- in den Zeitbereich zurückverwandelt werden; von daher Erinnerungstäuschungen

- "left-hemispheric one-dimensional time, which can change only from the direction of the past towards the direction of the future, is not sufficient for describing and unifying all physical phenomena. Therefore, we have replaced the left-hemispheric one-dimensional time with a multidimensional right-hemispheric temporal 'space', which comprises at least four independent and perpendicular axes" = Uri Fidelman, *Brain Time and Physical Time*, in: Susie Vrobel / Otto E. Rössler / Terry Marks-Tarlow (Hg.), *Simultaneity. Temporal Structures and Observer Perspectives*, Singapur (World Scientific Publishing) 2008, 79-90 (87)

- unterstreicht Bergson in *Matière et Mémoire*: Farbwahrnehmung recht eigentlich eine Funktion von Lichtschwingungen, und sich Bilder mithin in periodische Ereignisse auflösen

- verfügt menschliche Physiologie über keinen lokalisierbaren Zeitsinn; kommt Zeitempfindung in einem Feld zustande, das durch regelmäßige Pulsfolgen im Gehirn (im Takt von 30 Millisekunden) jeweils aufgebaut wird<sup>73</sup>

## **Diesseits der Elemente: Schwingungen?**

---

73 Dazu Marc Wittmann / Ernst Pöppel, *Hirnzeit. Wie das Gehirn Zeit macht*, in: *Kunstforum International* Bd. 151 (2000), 85-90

- (sub)elementarer Aufbau der Materie. "Sätze wiederum bestehen aus Wörtern; und riskiert man einen noch näheren Blick, so entdeckt man die Buchstaben als Grundbausteine alles Geschriebenen. <...> Die Frage aber, woraus wohl ein Buchstabe bestehen mag, macht keinen Sinn mehr" = Frank Grotelüschen, Der Klang der Superstrings. Einführung in die Natur der Elementarteilchen, München (Deutscher Taschenbuch Verlag) 2001, 13; seit Altgriechenland in abendländischer Expistemologie unterhinterfragte elementare Buchstäblichkeit; demgegenüber Phonograph und die physiologische Akustik im 19. Jahrhundert (Léon Scott, Hermann von Helmholtz): nicht mehr die Vokale und Konsonanten als kleinste Einheiten annehmend, sondern die Vokale selbst sich in Frequenzen auflösen zu lassen (mit Fourier) - eine Auflösung des Atomismus zugunsten eines medienarchäologischen Zugangs; Theorie der Superstrings, die "nicht von punktförmigen Elementarteilchen, sondern von unmeßbar kleinen Saiten als den letzten Grundbausteinen der Welt ausgeht" = Grotelüschen 2001: 129; damit ist der Begriff Elementarteilchen selbst obsolet zugunsten einer apriorischen Dynamik, der eine mathematische Analysis beikommt, nicht aber die ganzzahlige Proportionalästhetik der Pythagoreer

- sonische Epistemologie der Schwingung; gibt es *per definitionem* nicht den Punkt, erst in der Frequenz manifestiert sich ein Ton. Selbst wenn Schweigen zum musikalischen Argument wird (wie bei John Cage), ist dieses Intervall ein ausgedehntes *spatium* respektive *momentum*

- Max Plancks Kritik des materiellen Punkts als des "elementarsten Begriff<s> der klassischen Mechanik. Die bisherige zentrale Bedeutung dieses Begriffs muß grundsätzlich geopfert werden"<sup>74</sup>; wird die aristotelische Definition von Zeit als Maßzahl von Bewegung im diskreten, ganzzahligen Quantensprung nicht unterlaufen. Aristoteles' Physik Buch IV (219b 1-2): *touto gar estin ho chronos, arithmos kineseos kata to proteron kai hysteron* - "das also ist die Zeit, die Zahl der Bewegung unterschieden nach Vorher und Später. Ist das Sein einmal als Bewegung definiert (Arist. Phys. II, 192 b 21) und diese Bewegung abzählbar, läßt sich Zeit frequentativ berechnen. Schwingung als Kehrwert von Frequenz, äquivalent im Sinne Fouriers; Sampling-Theorem

## **Mathematisierung mit Euler und Fourier**

- Ereignishaftigkeit akustischer Prozesse von Euler (und asymmetrisch dazu von d'Alembert) mathematisch (auf)gelöst, kulminierend in Fourier, der sich eher für thermodynamische denn akustische Prozesse interessiert; Schwingungsfrage weniger an Musik gekoppelt denn an Akustik; diese selbst lediglich schmaler Ausschnitt aus dem Frequenzspektrum

- mathematische Auswertung phonetischer Kurven auf Kymogrammen; Problem der Eigensinn des Apparats: "Bedingt durch die Konstruktion des Schreibhebels, der aus der geradlinigen Schwingung der Membran eine Bogenbewegung macht (denn der Schreibhebel `pendelt´ um eine Achse), ergab sich eine Verzeichnung"<sup>75</sup>; von daher die Entwicklung spezieller mechanischer Kurvenkorrektoren, "und man glaubte sogar, an Schallschwingungskurven mit

Hilfe der Fourieranalyse die relative Amplitude der harmonischen Teilschwingungen bestimmen zu können. Dabei aber allein die Eigenschwingungen der Schreibkapseln die Kurven und damit auch die Rechenergebnisse <...> verfälscht" <ebd.>

- gilt für die Wellenschrift auf Grammophon-Schallplatten, daß ihre (Wieder-)Hörbarmachung durch den abtastenden elektromagnetischen *pick-up* nur bedingt eine sonifizierende Form von Fourier-Analyse darstellt (oder auch die Ausgabe dieser minimalsten Ströme am Oszilloskop respektive Mikro-Ampèremeter)

## **Die Alternative zum Monochord: Der Schwing(ungs)kreis**

- am Monochord mechanische schwingende Saite; mit Barkhausens *Schwingungslehre* die Alternative dazu für den elektromagnetischen, mithin genuin medientechnischen Raum definiert - der ganze Unterschied zwischen einem kulturtechnisch angeeigneten, physikalischen Medienbegriff (Aristoteles) und technomathematischen Medienprozessen (gleich der Differenz zwischen Elektrizität und Elektronik): "Wird die physikalische Analogie benutzt, um alle Bewegungen, Druckunterschiede oder sonstigen <sc. dynamischen> Veränderungen innerhalb einer Einrichtung möglichst naturgetreu, d. h. mit dem gleichen zeitlichen Verhalten und den gleichen Einflüssen aufeinander, durch Elemente der Analogrechner nachzubilden, so hat man das Verhalten dieses Gerätes simuliert."<sup>76</sup>

- beschreibt Feddersen oszillatorische elektrische Entladungen aus den Leidener Flaschen mit entgegengesetzter elektrischer Belegung (+ / -) "derart, daß die Elektrizität in diesem Augenblicke, wo die beschleunigenden Kräfte aufhören, infolge eines ihr zukommenden Beharrungsvermögens ihre Bewegung noch in demselben Sinne forsetzt"<sup>77</sup>: wunderbare Analogie von Mechanik und Elektrizität; Schwingkreis, Trägheit der Stromauf- und -entladungen (Kondensator / Spule), Phase; Heinrich Barkhausens Hinweis auf verblüffende Analogie zwischen mechanischer Pendelbewegung und elektromagnetischem Schwingkreis in *Schwingungslehre*; "Wollte man sich die elektrische Bewegung als eine Schwingungsbewegung der materiellen Teilchen denken, so läge nichts im Wege, das Beharrungsvermögen in den schwingenden Teilchen zu suchen" = Feddersen 1908: 45 (Fußnote)

- Wechsel der Unordnung von Wassermolekülen / Brownsche Molekularbewegung zu symmetrischen Anordnungen in festen Gittern beim Erstarren zu Eis ein abrupter Symmetriebruch; analog dazu experimentiert (Quanten-)Physik mit periodischen Mustern in der Zeit, sogenannten Zeitkristallen - mithin sonischer, thermodynamisch unwahrscheinlicher, energiesparender Zustand einer beständigen Oszillation = Mike Beckers,

---

75 Wingolf Grieger, Führer durch die Schausammlung Phonetisches Institut, Hamburg (Christians) 1989, 44

76 Horst Götzke, Programmgesteuerte Rechenautomaten. Grundlagen, Aufbau, Arbeitsweise. Anwendungen für Digitalrechner, Datenverarbeitungsanlagen, Analogrechner und Hybridsysteme, Leipzig (Fachbuchverlag) 1968, 263

77 [Berend] W[ilhelm] Feddersen, Entladung der Leidener Flasche, intermittierende, kontinuierliche, oszillatorische Entladung und dabei geltende Gesetze. Abhandlungen, hg. v. Th[eodor] Des Courdres, Leipzig (Engelmann) 1908, 45

Quantenmaterie in endloser Schwingung, in: Spektrum der Wissenschaft, 6.17, 25 f.; "sonischer" Binärcomputer Parametron

## **Welle oder Teilchen?**

- konkrete medientechnische Versuchsanordnung macht manifest, daß die Vorstellung von Welle und Schwingung eine romantische Verklärung darstellt: das Doppelspalt-Experiment. Beschießt man eine Platte mit zwei senkrechten Spalten makrophysikalisch mit Schrotkugeln und beobachtet auf einer dahinterliegenden Fläche deren Auftreffen, ergeben sie das aufrechte Bild der Spalten, verhalten sich also wie Teilchen. Dasgleiche Experiment mit Wasserwellen vorgenommen ergibt (wie von Huyghens erstmals formuliert) deren dahinterliegende Interferenz. Elektronen, obgleich etwa als Schrotrauschen in der Elektronenröhre imaginiert und daher wie Elementarteilchen behandelbar, erzeugen im Doppelspaltexperiment dennoch Interferenzmuster, verhalten sich also wie Wellen - auch dann noch, wenn die Elektronen einzeln hintereinander durch die Spalte geschossen werden. Wird nun, um die medienarchäologische Analyse zuzuspitzen, ein Meßgerät unmittelbar an einem der Spalte installiert, zeigen sich die einzelnen Elektronen wieder als Teilchen; Akt der Messung repektive der Beobachtung nimmt Einfluß auf das Wesen des Experiments. Werner Heisenbergs "Unschärferelation" (über Ort und Impuls des einzelnen Elektrons) bringt ursprüngliche Ambivalenz auf den Begriff; Wolfgang Hagen, Funken und Scheinbilder. Skizzen zu einer Genalogie der Elektrizität, in: VVS Saarbrücken (Hg.), Mehr Licht, Berlin (Merve) 1999, 69-118

## **Wie Wellen und Sand am Meer: Willkürliche Funktionen**

- sind "optische" Medien im Wesen nichts Optisches, sondern - mit Huygens ebenso wie mit Bergson argumentiert - hochfrequente Schwingungen, mithin sonischer Natur

- Schwingungen sind mathematisch berechenbar; als Formel oder als Diagramm, etwa als "Beschreibung des zeitlichen Verlaufs von erregender Kraft und Amplitude der erregten Schwingung in der Gaußschen Zahlenebene" <Gerthsen 9.1966: 101, Abb. 159>. Eine solche Berechnung / Beschreibung aber schwingt nicht selbst; der Mathematik fehlt die Implementierung in operativer Physik (in Welt, damit Zeitprozessen), obgleich sie ihrerseits Zeitprozesse zu berechnen vermag und eine Definition von Zeit selbst ist (Aristoteles: Zeit als Zahl der Bewegung). Dazwischen ereignet sich das Diagramm: die "symbolische Notation" (Babbage) von Maschinen, von logischen Maschinen zumal, welche die Maschine selbst ersetzen

- dehnte Leibniz seinen Anspruch, die Zusammensetzung der Welt aus der Zahl bis ins Kleinste berechnen zu können, durch seine "Rechtfertigung des Infinitesimalkalküls" aus = G. W. Leibniz, Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie, hg. v. E. Cassirer, Bd. I, Leipzig (Dürr) 1904, Schriften zu Mathematik X, 102 f.; dem Bewußtsein entgeht, was den *pétits perceptions* nicht entgeht: "Jede Seele erkennt das Unendliche, erkennt alles, aber in verworrener Weise; so wie ich, wenn ich bei einem Spaziergange am Meeresufer das gewaltige Rauschen des Meeres höre, dabei doch auch die besonderen Geräusche einer jeden Woge höre, aus denen das

Gesamtgeräusch sich zusammensetzt, ohne sie jedoch von einander unterscheiden zu können" = Leibniz 1904 Bd. II: Schriften zur Metaphysik III: Die Vernunftprinzipien der Natur und der Gnade, 423- (431)

- nicht schlicht die Finger (*digitus*), sondern das Ohr das eigentliche "Zählorgan" am / im Menschen = Georgiades 1985: 42, weil es - mit Leibniz - „ohne es zu wissen, zählt“ = zitiert ebd.: 69

- "Écoutons Alain Fournier, chercheur à l'Université de Stanford, nous décrire 'Flags and Waves', séquences de dix secondes d'images synthétiques de vagues balayant une plage. <...> Un modèle mathématique simule la surface de la mer et les vagues. <...> L'écume des vagues qui se brisent est calculée. <...> Celui-ci génère de multiples trains d'ondes à paramètres réglables et parfois aléatoires" = Jean-Louis Weissberg, Espaces virtuels, in: Imaginaire numérique, Bd. 1, Nr. 1 (1987), 67; dazu Gérard Raulet, Bildsein ohne Ähnlichkeit, in: Bernhard Dotzler / Ernst Müller (Hg.), Wahrnehmung und Geschichte, Berlin 1995 (Akademie), 165- (168)

- Auch als Farben "nehmen wir darin freilich nur Gestaltung und Bewegungen wahr, jedoch so mannigfaltige und winzige, daß unser Geist in seinem gegenwärtigen Zustande sie unmöglich einzeln distinkt betrachten kann und demnach nicht zu bemerken vermag, daß seine Wahrnehmung sich allein aus den Wahrnehmungen von äußerst kleinen Gestaltung und Bewegungen zusammensetzt" = Leibniz 1904: Betrachtungen über Erkenntnis, Wahrheit u. Ideen, 29; denkt Leibniz in einer Spur, die erst durch die Distinktheit des griechischen Vokalalphabets denkbar war, die *stoicheia*. Unter ausdrücklichem Rückbezug auf Pythagoras: "Ein altes Wort besagt, Gott habe alles nach Gewicht, Maß und Zahl geschaffen." Demnach "gibt es nichts, das der Zahl nicht unterworfen wäre". Und so läßt sich "jedem Gegenstand seine bestimmte charakteristische Zahl beilegen" = Leibniz 1904: Zur allgemeinen Charakteristik, 30-38 (30)

- Differenz von Kieselsteinen (*psiphoi / calculi*) und Sand (Archimedes) für die Idee der Kalkulierbarkeit des Universums; am Ende: Meereswellen bei Leibniz, nur noch infinitesimal rechenbar

- Meeresrauschen / "petits perceptions" bei Leibniz: "Um diese kleinen Perzeptionen, die wir in der Menge nicht unterscheiden können, noch besser zu fassen, bediene ich mich gewöhnlich des Beispiels vom Getöse oder Geräusch des Meeres, welches man vom Ufer aus vernimmt. Um dieses Geräusch, wie <sc. es?> tatsächlich geschieht, zu hören, muß man sicherlich die Teile, aus denen sich das Ganze zusammensetzt, d. h. das Geräusch einer jeden Welle hören, obgleich jedes dieser geringen Geräusche nur in der verworrenen Gemeinschaft mit allen übrigen zusammen, d. h. eben im Meeresbrausen selbst, erfaßbar ist, und man es nicht bemerken würde, wenn die Welle, von der es herrührt, die einzige wäre. Denn die Bewegung dieser Welle muß doch auf uns irgendeinen Eindruck machen und jedes Einzelgeräusch muß, so gering es auch sein mag, von uns irgendwie aufgefaßt werden, sonst würde man auch von hunderttausend Wellen keinen Eindruck haben, da hunderttausend Nichtse zusammen nicht Etwas ausmachen" = zitiert nach Siegert 2003: 182, der darin "im Kern eine Theorie des Rauschens" entdeckt

- wiederholt Leibniz' Veranschaulichung des Zahnrads "in anderer Gestalt das Problem der Apokatastasis panton und der Totalarchivierung der Geschichte" = Siegert 2003: 184; beschreibt Leibniz "die Wahrnehmung eines künstlichen Transparenten, wie ich es bei den Uhrmachern gesehen haben, das durch die rasche Umdrehung eines gezahnten Rades entsteht", wobei das menschliche Auge die Vorstellung der Zähne des Rades ebensowenig bewußt zu entwirren vermag, wie das menschliche Ohr das Meeresrauschen am Strand in seine einzelnen Wellenbrechungen zu zerlegen vermag und dennoch ein analytisches Organ für solche *petits perceptions* hat; nicht nur der stroboskopische oder kinematographische Nachbild-Effekt, die akustische Fourier-Analyse ist *avant la lettre* schon im Räderuhr-Modell von Leibniz angelegt. So verschwinden "die einzelnen Zähne für uns und (erscheint) statt ihrer ein scheinbar kontinuierliches Transparent, das sich aus der sukzessiven Erscheinung der Zähne und ihrer Zwischenräume zusammensetzt, wobei indes die Aufeinanderfolge so schnell ist, daß unsere Vorstellung an ihr nichts mehr unterscheiden kann. Man findet also wohl diese Zähne in dem distinkten Begriff von diesem Transparent, nicht aber in der verworrenen sinnlichen Auffassung, deren Natur es ist, verworren zu sein und zu bleiben" = Leibniz, zitiert in Siegert 2003: 183

- "Charaktere wie Ausdrücke sind Medien" - ganz im Sinne Lessings. "Die einen operieren im Raum (der Typographie) und aufgrund der Koexistenz lokaler Zeichen, die anderen operieren in der Zeit und mit der Sukzession von Signalen" - als Unterlaufen des Auflösungsvermögens der analysierenden Vorstellung = Siegert 2003: 183

- Brosl Hasslacher, "Beyond the Turing Machine", in: xx (Hg.); Turing (machine) half a century survey, Berlin (Kammerer & Unverzagt) 1988, 417-434

- Fourier unter Napoleon Präfekt in Ägypten. "Wenn die Luftschichten über der Wüste anfangen, zu flimmern und zu spiegeln, dann wird einem eine neue Mathematik geschenkt" = Siegert 2003: 249

- Norbert Wiens Untersuchung über die Verschränkung von "time and the machine" - Statistik, Wärme, Ergodik; von Dienstzimmer am Mathematics Department am M.I.T. in Boston blickt er 1919 auf die "sich ständig verändernden Kräuselungen und Wellen der Wasseroberfläche" des River Charles. "Welche sprachliche Darstellung <...> konnte ich benutzen, um ein Bild von diesen deutlich sichtbaren Tatbeständen zu geben, ohne mich in die unentwirrbare Verflechtung einer vollständigen Beschreibung der Wasseroberfläche zu verlieren?" Die Antwort ist eine mathematische: Durchschnittsrechnung und Statistik. "So kam ich zu der Erkenntnis, daß das mathematische Werkzeug, das ich suchte zur Naturbeschreibung geeignet sein mußte [...]."78

- argumentiert McLuhan nicht auf Ebene der Figur (Poesie, Gesang, Kultur), sondern des Grunds (Perzeptionen, Nervenmassage, Saitenschwingung); waltet in diskontinuierlichen Kurvenformen der Saitenschwingung "eine Andere Intelligenz" = Siegert 2003: 217, mithin das Kontingente

- Natur spricht nicht - wie bei Leibniz, der den Kurven Tangenten anlegt und Infinitesimalrechnung appliziert - "in der Sprache analytischer Funktionen, Funktionen, die stetig und kontinuierlich sind, sondern in der Sprache der Statistik von Zufallsereignissen oder von nichtkorrelierten Ereignissen<sup>79</sup>; wird Zeitserien nicht mehr ein von Entscheidungen bestimmtes Verhalten injiziert, sondern eine schlichte Wahrscheinlichkeitsverteilung; definiert d'Alembert in seiner Diskussion der schwingenden Saite für zickzackförmige Verläufe den Begriff der stückweise stetigen Funktion; heißen *fonctions arbitraires*, weil alleim vom freien Willen dessen, der etwa eine beliebige Linie auf Leinwand malt, abhängig = Leonard Euler, *Éclaircissements sur le mouvement des cordes vibrantes*, in: Leonhardi Euleri Opera Omnia, series secunda, Bd. X, Bern 1947, 378; diese aus stückweise stetigen Funktionen zusammengesetzt, also fourieranalysierbar; interpretiert Wiener solche Linien als delirant; an die Stelle der stückweise stetigen tritt dann die unkorrelierte Bewegung. Wiener sucht - wenn nicht feindliche Flugzeugbewegungen, so doch den Gang eines Mannes zu beschreiben, "der so betrunken ist, daß zwischen der Richtung seines jetzigen und der seines vorigen Schrittes überhaupt keine Beziehung besteht" <Wiener 1962: 73> - Kontingenz in Zeitreihen als Provokation des Ganges von Geschichte; am Ende die *nowhere differentiable function*: "Man erhält eine statistische Gleichverteilung von Auswahlmöglichkeiten. Eine Kurve, die nur aus Entscheidungen besteht (Ecken), die nicht miteinander korreliert sind, ist ein Objekt derselben Klasse wie eine Nachricht, deren Elemente optimal verschlüsselt worden sind und daher von Rauschen ununterscheidbar ist. Ein Maximum an Entscheidungen ist äquivalent mit einem Maximum an Information, wenn in beiden Fällen die Korreliertheit der Elemente verborgen ist" = Roch / Siegert 1999: 227

## **Schwingungen, (elektro-)mechanisch**

- phonographisches Prinzip Emil Berliners die Seitenschrift; sichtbar die Wellenformen als Schwingungskurven (im Sinne Fouriers Superposition der Einzelfrequenzen); wird - ohne Verstärker - vom elektromagnetischen Tonabnehmer die Signalkette direkt an ein Oszilloskop weitergegeben, spiegelt sich dort im Kathodenstrahl exakt das Bild der mechanisch in die Platte eingegrabenen Schwingungen / Wellen wider

- Modell *Topas* (frühe DDR), in Musiktruhe (neben Radioteil) in Schatulle integrierter Plattenspieler / Tonbandgerät, angetrieben von einem Laufwerk; macht es für den röhrenbetriebenen Verstärker keinen Unterschied, ob die Toninformation mechanisch abgetastet (und dann elektrisch weitergegeben, Tonabnehmer) oder von vornherein magnetisch vorliegend ausgelesen wird

## **Schwingungen, elektromagnetisch**

- Erzeugung einer Gleitfrequenz mit Analogrechner (wichtig für Nachrichtentechnik); Diss. Ulmann 2008: 131 f.; Abb. auf Oszilloskop S. 133

---

79 Axel Roch / Bernhard Siegert, *Maschinen, die Maschinen verfolgen. Über Claude E. Shannons und Norbert Wieners Flugabwehrsysteme*, in: Sigrid Schade / Georg Christoph Tholen (Hg.), *Konfigurationen. Zwischen Kunst und Medien*, München (Fink) 1999, 219-230 (225)

- können Schwingungen analog (durch Sinus/Cosinus-Wellen) realisiert werden, oder alternativ durch Impulsfolgen (durch Flipflop-Schaltungen, gefedert durch Kondensatoren), die ab 16 Pulsen/Sek. zum Eindruck eines tiefen Tons verschmelzen; beide Formen von Schwingungen verschiedene Welten. Spiegelverkehrt wird diese Dichotomie durch das Sampling-Theorem noch einmal unterlaufen: diskrete Abtastung (Pulsfolgen also) reichen aus, um ein analoges Schwingungssignal (weitgehend) verlustfrei als Signal zu rekonstruieren, wenn die Pulse wieder in analoger Materie implementiert werden, die dann die Glättung leistet

## **Saiten und Strings, quantenphysikalisch**

- von mathematischer Formel zu Stringbild: [www.youtube.com/watch?v=E7FV9aaiwKQ](http://www.youtube.com/watch?v=E7FV9aaiwKQ)

- mit Mersenne Auflösung der Proportionslehre anhand der schwingenden Saite zugunsten eines bewegten, dynamischen Zugangs; Begriff Elementarteilchen selbst obsolet zugunsten einer apriorischen Dynamik, der allein eine mathematische Analysis beikommt

- Epistemologie der Schwingung teilt Quantenphysik mit der Musik; gibt es *per definitionem* nicht den Punkt; erst in der Frequenz manifestiert sich ein Ton

- Wesen der Zeit für kulturelle Wahrnehmung ein kontinuierliches Dahinfließen der Ereignisse, versinnbildlicht durch Sanduhr - die aber im Kleinen diskret prozessiert. Mit jedem fallenden Sandkorn ist mehr Zeit verstrichen; Quanten gleich dem latenten Mosaikbild im Ikonoskop; Veränderungen als Indikatoren für das Verrinnen von "Zeit"

- Strings der Quantentheorie zu klein, um beobachtet zu werden; erscheinen lediglich als Punkt; ergibt sich kein exakter Messakt, also keine Zeit

- Begriff *string* die musikinstrumentale Saite, aber ebenso die Buchstabenkette eines „Wortes“ in der Informatik. Im Vokalalphabet ist ein Wort, wenn laut gelesen, tatsächlich ein Klang, der im Sinne Fouriers in seine einzelnen „Buchstaben“ (Frequenzen) zerlegt werden kann (als Gemisch aus Ton und Geräusch, nämlich Vokalen und Konsonanten). Insofern klingt die prinzipielle Quantisierbarkeit (Sampling, Digitalisierung) eines Klangs im Doppelsinn von „string“ an

- hat Schrödinger nach Entdeckung, daß Elektronen von Wellen begleitet werden, in Zürich die Eingebung: "Suppose the electron in the hydrogen atom is analogous to a string - tied at both ends- in a musical instrument. Such a string emits a very definite tone together with its overtones, but not the wavelenghts in between. With this idea in mind, Schrödinger proceeded to generalize one of Hamilton's fomulations of Newton's principles and set up a wave equation for the electron. <...> Schrödinger's theory hinted at a kind of symmetry between the nature of material particles and radiation" = Steve J. Heims, John von Neumann and Norbert Wiener. From Mathematics to the Technologies of Life and Death, Cambridge, Mass. / London (MIT) 1980, 103

- in Englisch: Begriff "sonic" an den Schall gebunden, während im Deutschen Neologismus "sonisch" als Kunstwort gerade *nicht* nur den Klang als hörbaren, sondern vor allem auch den Klang als Erkenntnisform dynamischer Prozesse meint

- sonische Evidenz und oszillatorische Operativität des Monochords bislang durch keine historische Relativierung von Experimentalsystemen außer Kraft gesetzt

## **Die kybernetisierte Schwingung**

- um ungedämpfte Schwingung zu erhalten, *Selbsteuerung* oder *Rückkoppelung*; werden durch das schwingende System in geeigneter Phase Kräfte ausgelöst, die den Energieverlust pro Periode wieder wettmachen = Gerthsen 9.1966: 89; Hemmungsmechanismus in der Räderuhr das vorgängige Dispositiv dieses Begriffs, die vorwegeilende operative Praxis als die Bedingung der epistemischen Denkbarkeit / des Weltbilds solcher gleichschwingenden Prozesse. Oszillationen unterlaufen den entropischen Zeitpfeil, durch Überführbarkeit von Zeit- in Frequenzbereich

- mit Phasen von Schwingkreisen rechnen: Parametron-Computer Japan; jeweilige Amplitudenklimax und Nullpunkt dienen als Repräsentation von Null und Eins

- Erzeugung einer Zwischenfrequenz in Radio / TV als Gemisch aus tatsächlich eingegangener Hochfrequenz und intern künstlich erzeugter Hochfrequenz ("Super")

## FOURIER-ANALYSE (Material)

### **Medienepistemologische Konsequenzen der Fourier-Analyse**

- läßt sich "im Prinzip" (also *en arché*) jede zeitveränderliche Funktion  $f(t)$ , welche für  $-\infty < t < +\infty$  definiert ist und über  $t$  integrierbar ist, durch eine Überlagerung sinusförmiger Anteile mit unterschiedlichen Frequenzen beliebig genau approximieren, bzw. mittels Fourierintegralen darstellen."<sup>80</sup>

- läßt sich nahezu rechteckige periodische Funktion ausgedrücken als unendliche Summe von Sinus- und Kosinusfunktionen verschiedener Frequenz; wenn Funktion unstetig: Gibbssches Phänomen als Überspringer an Kippstellen der Schwingungskurven

- Analysis vermag "sogar Erscheinungen beschreiben, die wie Luft oder Licht extrem flüchtig sind" = Joseph Fourier, *Analytische Theorie der Wärme*, zitiert hier nach: Barbara Burke Hubbard, *Wavelets. Die Mathematik der kleinen Wellen*, Basel / Boston / Berlin (Birkhäuser) 1997, 32 - bis hin zur elektromagnetischen Induktion, dem Realen mit Mitteln des Reellen

---

80 Skript ETH Zürich, § 4.1.1. Fourierintegrale, 68

beikommen (reelle Zahlen, also auch  $\pi$  und die Eulersche Zahl "e", zur Berechnung von Winkelfunktionen für schwingende Prozesse)

- "Alle diese Erscheinungen macht die Analysis erfaßbar und meßbar"<sup>81</sup> - und damit computerrechenbar; Fourier-Transformation übersetzt selbst ansatzweise irreguläre (nicht-periodische) Signale in eine mathematische Form, die dem berechnenden Geist zugänglich ist. Ein zeitlich (etwa Klang) oder räumlich (etwa Bild, aufgelöst in Zeilen) veränderliches Signal wird in eine neue Funktion überführt, die Fourier-Transformierte des Signals, welche angibt, mit welchem Gewicht der (Ko-)Sinus mit der jeweiligen Frequenz im Signal enthalten ist; ein statisches Bild, mit seinen Helligkeits- und Farbwertverteilungen, dabei gleich einem Klang oder einer Hitzewelle behandelt: "sonisch", und damit fourieranalysierbar). Als mathematisches Modell macht Fourieranalyse Signaltransfer diskret rechenbar (komputierbar); die Frage ist, welcher Wirklichkeit es entspricht

- MP3-Format (Kompression) auf Grundlage von Fourier-Analyse: Zerlegung in Einzelschwingungen, erlaubt Eliminierung nicht-hörrelevanter Schwingungen; menschliche Wahrnehmung als Maß der Filterung; "perceptual coding" als Fusion von physiologischer Akustik und Informationstheorie

## **Kritik der Analyse**

- Aristoteles über die "phonetische" Analyse von gesprochener Sprache durch ihre vokalalphabetische Verschriftlichung; in dieser Diskretisierung werden Phoneme als Objekte erst buchstäblich sichtbar. Analog dazu die wissenschaftliche Wahrnehmung, den Klang einer Saite in ganzzahligen Intervallen (Pythagoras) oder in Frequenzen (Mersenne) anzugeben; verfehlt die mathematische Analyse (Spektralanalyse) gerade den zeitlich varianten Charakter von Klang; auf dieses Dilemma antworten Gabor-Quanten und Wavelets

- Röhrenradio-Empfang erst im Vollzug ein Ereignis, das nicht in seinen Schaltplänen und mathematischen Frequenz/Resonanz-Bestimmungen aufgeht; bedarf es der Welthaftigkeit ("Implementierung"), um zum Ereignis zu werden: also des In-der-Zeit-Seins

- die Sicht des Phonographen zählt operativ (d. h. zum Gelingen als akustisches Ereignis) allein die mechanische Auslenkung *einer* Kurve (nicht ihre mathematisch-analytische Zusammengesetztheit, ihre Differentiation in Teilschwingungen); Hüllkurve

## **Gesumme**

- "Musikalisch gesprochen, ist die physische Erscheinung einer Sendung eine Art von Gesumme. Das Videobild wiederholt sich ständig selbst ununterbrochen im gleichen Frequenzbereich" = Viola 1993: 26; "Klang"basiertheit von Video gilt für das digitale Video nur noch eingeschränkt (noch Bildwechselfrequenz,

---

81 Fourier zitiert nach Hubbard 1997: 32

aber nicht mehr lineare Zeilen)

- "In seiner Eigenschaft als Gesumme besteht der bedeutendste Aspekt des Videos darin, daß seine elektronischen Bilder überall gleichzeitig bestehen" - McLuhans *acoustic space*. "Es steht dem Empfänger frei, das Signal an jedem beliebigen Punkt des Weges aus der Leitung herauszuholen oder an jedem Ort im Ausstrahlungsbereich" = Viola 1998: 30

- "Summen" auch im mathematischen Sinn; Fourier entwickelt mit seinen Analysen, die sich auch auf nichtperiodische Funktionen anwenden lassen, ein Berechnungsmodell für ausdrücklich alle möglichen Naturerscheinungen: neben der Wärme auch "die Bewegungen der Gezeiten, die Ungeichheiten ihrer Bahnen, <...> und das Gleichgewicht und die Oscillationen der Meere, die harmonischen Vibrationen der Luft und der tönenden Körper, die Transmission des Lichtes, die Capillarität, die Schwingungen der Flüssigkeiten, kurz die compliciertesten Effecte aller Naturkräfte" = Jean Baptiste Joseph Fourier, *Analytische Theorie der Wärme* (1822), dt. Ausgabe Berlin 1884, VII f.

## Fourier-Analyse

- erweitert zum Fourier-Integral auch Geräusche analysierbar

- Kittler, *Time Axis Manipulation*: Klänge, die Menschenohren nur darum als solche hören, weil sie ihre Zusammensetzung nicht mehr in Elemente zerlegen können; endet physiologisches Auflösungsvermögen

- Fourieranalyse hat Signalraum nicht weniger verändert als ehemdem das griechische Vokalalphabet die gesprochene Sprache

- Einzelkurven auf transparente Overheadfolien gezeichnet: alle Folien übereinandergelegt, resultiert der normale Verlauf über der Zeit; wie Plotter / Oszilloskop; Fouriertransformation: die Folien, wie sie übereinander liegen, von der Seite anschauen; die Nummer der Folie als Index auf der X-Achse benutzen

- Fourier-Transformation als mathematisches Verfahren, mit dem Signale aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert werden; "dient somit der Bestimmung des Frequenzspektrums eines zeitbezogenen Signals" = <http://www.itwissen.info/?id=31&ano=01-012712>; Zugriff 19-X-06

- Amplitude Auslenkung einer physikalischen Größe, z.B. einer elektrischen Spannung, aus ihrer Ruhelage (0-Punkt) bis zu einem positiven oder negativen Wert; Angabe der Amplitude kann zeitbezogen sein, zu einem Zeitpunkt  $t$ ; wird  $y(t)$  aufgelöst in eine Berechnung aus Grundschwingung und Vielfachen der Grundschwingung; Fourierkoeffizienten geben die Amplituden der einzelnen Frequenzkomponenten an; Bestimmung der Fourierkoeffizienten einer Funktion harmonische Analyse = [http://www.itwissen.info/definition/lexikon//\\_\\_amplitude%20\\_amplitude.html](http://www.itwissen.info/definition/lexikon//__amplitude%20_amplitude.html); 19-10-06

- bezeichnet Begriff Spektrum von lat. *spectrum* (Erscheinung) ursprünglich sichtbarer Spektralfarben (Regenbogen), "also etwas Sichtbares, aber Unkörperliches. Davon ausgehend hat er eine komplexe Bedeutungsvielfalt

erlangt. <...> In der Physik und Physikalischen Chemie das Ergebnis der Messwertverteilung einer Messgröße, speziell in Abhängigkeit von der Wellenlänge oder Frequenz" = <http://de.wikipedia.org/wiki/Spektrum>, Zugriff 19. Oktober 2006:

## **Granularsynthese, alternativ zu Fourier-Analyse**

- Physik des Klangkörpers selbst reproduziert - *physical modeling*. "Die Fourieranalyse hat ihre Wurzeln in der Wellentheorie" <Supper 1997: 34>; Dennis Gábor geht dagegen von der Quantentheorie aus, in seinem Aufsatz von 1947 *Acoustical Quanta and the Theory of Hearing*, eine *Zeitkritik* der Fourieranalyse: "Fourier analysis is a timeless description, in terms of exactly periodic waves of infinitive duration. On the other hand, it is our most elementary experience that sound has a time pattern as well as a frequency pattern. This duality of our sensations finds no expression either in the description of sound as a signal  $s(t)$  in function of time, or in its representation by Fourier components  $S(f)$ . A mathematical description is wanted which *ab ovo* takes account of this duality" = zitiert nach: Supper 1997: 34

- syntaktische Reihen symbolische Maschinen; eher auf Seiten der Maschine / der Kinematik denn des Menschen (Organik); Form(el) für dynamische Prozesse = kombinatorisches Kalkül; Suprematie der Syntax; jeder Kalkül ein Artefakt

- nicht die Vergangenheit immer schon an Wissenschaftsgeschichte rückkoppeln, sondern an Medienprozesse / Analysen in medienarchäologischer Ästhetik; techno-mathematische Geltung eines Satzes analog zu Naturgesetzen zweiter Ordnung (kulturell dialektisch), gleichursprünglich zum Ausgangspunkt; keine diskurshistorische Relativierung

## **Definition Frequenz**

- Umlauffrequenz das Verhältnis der Anzahl der Umdrehungen  $U$  in einer benötigten Zeit

- kommen reine Schwingungen in Natur nicht vor; nicht nur in der Wellenform der Schwingung begründet, sondern der zeitlichen Begrenztheit des Schwingungsvorgangs: Sein-zum-Tode, Endlichkeit; Weltlichkeit; mathematisch exakte Sinuswelle zeitlich unbegrenzt, damit der mit ihr verbundene Energieinhalt unendlich

- jeder zeitlich begrenzte Schwingungsvorgang, selbst wenn ansonsten die Form einer Sinuskurve, immer eine Überlagerung mehrerer Frequenzen; physikalisch realistischer Schwingungsvorgang besteht aus Gemisch unendlich vieler Frequenzen mit jeweils infinitesimalem Anteil der Einzelfrequenzen

- Frequenz des europäischen Wechselstromnetzes 50 Hz, entspricht ca. Ton G.; im amerikanischen Stromnetz 60 Hz, etwa Ton B. "In älteren Tonaufnahmen kann man manchmal ein tiefes Brummen von der Netzfrequenz hören. An der Tonhöhe kann man dann erkennen, ob eine Tonaufnahme z. B. in USA gemacht wurde"; durch Gleichrichtung der Wechselspannung doppelte Netzfrequenz zu

hören = <http://de.wikipedia.org/wiki/Frequenz>

## Digitale Signalprozessierung (DSP)

- analoge Filterung von elektrischen Signalen durch die Kombination von Widerständen und Kondensatoren als Signalverarbeitung "operativ eingeschränkt" = Shintaro Miyazaki, Das Sonische und das Meer. Epistemogene Effekte von Sonar 1940|2000, in: Andi Schoon/ Axel Volmar (Hg.), Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation, Bielefeld: Transcript 2012, 129-145 (138). Digital signal processing (DSP) Anfang der 1980er Jahre durch DSP-Chips beschleunigt. Analoge Filter seitdem digital simuliert

- James W. Cooley / John W. Tukey, An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series, in: Alan V. Oppenheim (Hg.), Reprint, Papers on Digital Signal Processing (orig. in: Mathematics of Computation, Bd. 19, April 1965, 297-301), Cambridge, Massachusetts, 1969, 146-150

- "Signale und damit sowohl sonische als auch trans-sonische - das heißt etwa elektromagnetische - Oszillationen" - also *rechtzeitig* für das reagierende Gehör - in ihre harmonischen Komponenten zerlegen: Spektralanalysen. "Jeder Klang wurde in seiner Individualität symbolisch, also digital, erfassbar. Das Reale der Unterwasserklänge, ihre Klangcharakteristik" = Miyazaki 2012: 138

- "in höchster Zeit- als auch Wertauflösung digital", d. h. auf symbolische Weise, "durch Datensätze - annähernd vollständig erfasst" = Miyazaki 2012: 139; signalphysikalisches Zeitreal(e) ins operativ-Symbolische überführt; Unschärferelation bleibt

## Seismik, Sonik: Wavelets

- künstlich erzeugte Vibrationen; aus den so registrierten Wellen Informationen ziehen; Mittel dazu Fourier-Analyse. "Dabei *denkt man sich* [existiert als epistemisches Ding im analytischen Feld] das Signal, hier die winzigen Erdbewegungen als Funktion der Zeit, zusammengesetzt aus lauter regelmäßigen Schwingungen verschiedener Frequenz. Jede dieser »Basisfunktionen« [= impliziter "Ton"] mit einer anderen Intensität im Gesamtsignal vertreten; letzteres lässt sich schreiben als Summe aus Termen der Form Intensität mal Basisfunktion; unendlich viele Basisfunktionen / Terme; erfordert theoretischen [und meßtechnischen / komputativen] Aufwand. Wenn Gesamtenergie des Signals endlich - "was auf alle physikalisch / 27 ernst zu nehmende Fälle zutrifft" = Christoph Pöppe, Mathematik Abelpreis für Yves Meyer, in: Spektrum der Wissenschaft 6.17 (2017), 26-28 (26 f.), auch Folge der Intensitäten hinreichend schnell gegen null gehend; beschreibt bereits eine begrenzte Anzahl dieser Intensitäten Signal nahezu vollständig; Zahlen (»Fourier-Koeffizienten«) beanspruchen weniger Speicherplatz als das ursprüngliche Signal; Fourier-Analyse geeignet zur Datenreduktion

- zeitlicher Verlauf des Signals nicht ohne Weiteres aus ihren Werten abzulesen; Licht von fremden Sternen sieht optische Wahrnehmung dessen Vergangenheit nicht an; anders Photos / Kinematographie: aktuelle Licht(wieder)erzeugung,

aufgenommenes Licht chemisch transformiert in etwas Anders: materielle Kristalle

- Fokus auf Laufzeit seismischer/sonischer Störungen / Zeitpunkt besonderer Ereignisse innerhalb eines Signals; als Basisfunktionen nicht gewöhnliche Sinusfunktionen verwenden, die bis in alle Ewigkeit schwingen, sondern nur in kurzem »Zeitfenster« aktiv sind; gefensterter Sinusfunktion "sieht" nur das, was in engem Zeitintervall passiert; da sie plötzlich einsetzt / ebenso plötzlich wieder verschwindet, bereitet sie selbst dieselben Schwierigkeiten wie plötzliche Änderungen im zu analysierenden Signal; gefensterter Basisfunktion sanft einsetzen und wieder abklingen; der zeitlichen Präzision zuliebe so schmal wie möglich; zeitlich verschobene und gestreckte beziehungsweise gestauchte Versionen einer einzigen Wavelet-"Mutterfunktion"; einzige Sinusschwingung nehmen und sie an ihren Enden sorgfältig abdämpfen, kein Sprung; Haar-Wavelets Funktionen, die sprunghaft zwischen den Werten 0, 1 und -1 wechseln: an der Grenze zum Diskreten / Digitalen: plötzliche Änderungen des Signals für glatte Sinusfunktionen unidentifizierbar

- erlauben kurze Zeitfenster genaue Zeitbestimmung, aber die Frequenz ungenau zu ermitteln; bei langen Zeitfenstern umgekehrt; anstelle der Abhängigkeit von der Zeit die vom Ort setzen. Wavelets sollen Auskunft über Zeiten und Frequenzen zugleich geben; nicht beides zugleich mit großer Genauigkeit bestimmbar / Unschärferelation; Gabór 1947 "Acoustic Quanta"

- nicht nur seismische, allgemein Schwingungen als sonische auffassen; Phonone (auch als Schallquanten bezeichnet) Schallwellen, die sich durch ein Kristallgitter fortpflanzen und dabei die Atome in gleiche Schwingung versetzen; Struktur und Funktion hier untrennbar: "Das Phonon ist die Funktion des Kristall-Seins" (Christoph Maurer); Giuseppe Vitiello, My Double Unveiled – The dissipative quantum model of brain, John Benjamins, Amsterdam 2001

- Wavelets analysieren akustische Signale / Bilder – und Fingerabdrücke; Datenanalyse; Standard JPEG 2000 zur Kompression von Bildern; geeignet modifizierte Wavelets, um alte Kunstwerke – virtuell – zu restaurieren; Ingrid Daubechies, Ten Lectures on Wavelets, Philadelphia, Pennsylvania (Society for Industrial And Applied Mathematics) 1992, 1: given a signal  $f(t)$  - with  $t$  a continuous variable, "one is interested in its frequency content *locally in time*. This is similar to music notation [...] which tells the player which notes (= frequency information) to play at any given moment"; Fourier transform also gives a representation of the frequency content of  $f$ , "but information concerning time-localization of, e. g., high frequency bursts cannot be read off easily"; time-localization achieved by *windowing* the signal  $f$ , then taking its Fourier transform: operative Gegenwart

## ELEKTROAKUSTISCHE UND ELEKTRONISCHE SCHWINGUNGEN

### Technomathematische Oszillatoren

- konnte Heinrich Hertz die von James Clerk Maxwell formulierte Theorie des elektromagnetischen Feldes experimentell nachweisen; daß sich die elektromagnetische Strahlung wellenartig ausbreitet. Eintrag von Anfang

November 1887 in seinem Laborbuch zeigt Versuchsaufbau, der den Nachweis von stehenden hochfrequenten Wellen in Drähten sichtbar macht; schreibt Hertz an Helmholtz, er könne »...dieselben fast so deutlich sichtbar machen wie die Knoten einer schwingenden Saite" = zitiert nach Wolfgang Neuser, Quantenphilosophie, Spektrum der Wissenschaft, Spektrum Verlag, 1996, 35

- benötigen elektromagnetische Wellen gegenüber den Schallwellen kein Medium - was die aristotelische Definition des "Mediums", die zur Erklärung der EM Wellen eines hypothetischen Übertragungskanal namens "Äther" bedurfte, hinfällig macht und zugleich auf die Differenz zwischen haptisch-mechanischer Berührung des Menschen durch Schall und seine optische Wellenaufnahme verweist

- Synthesizer in Meßtechnik elektronische Vorrichtung zur Erzeugung monophoner, hochreiner Schwingungen; dienen der Überprüfung elektronischer Schaltungen; Laborgeräte = <http://de.wikipedia.org/wiki/Synthesizer#Oszillator>; Zugriff 20. August 2008; werden indes zu aktiven Agenten elektronischer Musik

- "Sonic Pen"; hinsichtlich Sonar lediglich eine technische Radikalisierung von Passivsonar (hier hören nun technische Empfänger statt menschliche Ohren den Ultraschall und errechnen durch die Zeitdifferenz die Stiftposition im 2dimensionalen Raum - quasi eine technische Analogie menschlichen Richtungshörens)

- binaurales Gehör selbst schon das "Sonar in uns" (Christoph Borbach); technische Medien vollziehen (besonders hinsichtlich der Stimme) nichts dem Menschen Fremdes, sondern offenbaren, daß in ihm selbst "technische" Operationen (die Stimme als Frequenzgemisch) geschehen - die dann entsprechend auch technisch synthetisierbar sind ("Sirenen")

- piezoelektrischer "Lautsprecher" zunächst für Sonartechnologie entwickelt; Forschung Shaul Katzir: Schaltpläne von piezoelektrischen Quarzen vor, die vor allem im Zusammenhang mit Sonartechnologien entwickelt wurden, auf amerikanischer Seite (weil dort in WKII die Furcht vor deutschen U-Booten größer war als umgekehrt); entsprechender Ultraschallsender im Medienarchäologischen Fundus

## **Der Schwingkreis**

- engl. *resonant circuit*; oszillatorischen Charakter der Funkenentladung eines Kondensators (Leydener Flasche) ahnt erstmals Felix Savary (1826) anhand eines Phänomens der Urszene von Experimenten zum Elektromagnetismus (Oersted 1819): wechselweise Ausrichtung (wenngleich nicht das Zittern, weil die mechanische Trägheit dies nicht erlaubt) einer Magnethöhle, in die Nähe der Funkenentladung gebracht

- Julian Blanchard, The History of Electrical Resonance, in: Bell System Technical Journal, Bd. 20, Heft 4 (1941), 415-433

- zwischen magnetischer und potentieller Energie eine pendelgleiche Bewegung erzeugt, sofern sie auf ihrer Eigenfrequenz angeregt wurde. Bösartigkeit lauert im Aufschwingen ("vicious circle"), im Aufschaukeln
- elektrischer Schwingkreis zunächst aus einer Spule (als Widerstand) und einem Kondensator gebildet. Angeregt durch einen Triggerimpuls, würde er zunächst in gedämpften Schwingungen auslaufen. Durch geschickten Einbau einer Rückkopplung aber wird dieser Verlust geglättet.
- speichert Kondensator Energie gleich Bewegungsenergie im Pendel; verkörpert jedes mechanische Pendel Eigenfrequenz; beruht Prinzip Schwingkreis auf Gesetz Induktion: Magnetfeld um Spule lädt beim Zusammenbrechen den Kondensator wieder auf, diesmal aber mit umgekehrter Polung; erzeugt also einen Wechselstrom
- induktive vs. magnetische Kopplung zweier Schwingkreise; im Falle der Tesla-Energieübertragung: lose Kopplung, vergleichbar zwei mechanisch gekoppelte Pendel. Dagegen herrscht in einem tatsächlichen Transformator eine feste Kopplung von Strom und Spannung in Phase; insofern der sogenannte "Tesla-Transformator" ein Transformator mit *différance*
- massenmedial vertrauteste, klassische Anwendung des Schwingkreises der Rundfunkempfänger
- virtuelle Schaltung mit SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis): Simulation eines Parallelschwingkreises mit Speisung durch eine Sinus-Wechselstromquelle (quasi Strom aus der Steckdose selbst) über einen hohen Widerstand; Schwingkreisverhalten bei wechselnden Parametergrößen läßt sich damit unmittelbar analysieren; "ein real aufgebauter Schwingkreis ließe sich bei Weitem nicht so einfach seine Geheimnisse entreißen"<sup>82</sup> - der ganze Unterschied zwischen realer physikalischer und mathematisch modellierter Welt; Mangel an Welt zeigt sich am Fortfall der realen Gefahr für Bauteile und Leben (in Simulationen hoher Spannungen)
- Werden zwei parallel geschaltete, aus Spule (funktional: engl. Inductor) und Kondensator (Capacitor) zusammengesetzte Schwingkreise mit gleicher Resonanzfrequenz nahegebracht, d. h. parallel angeordnet (magnetisch lose gekoppelt, aber elektrisch voneinander isoliert), kommt es zwischen ihnen zum Energieaustausch
- Basis für Nikola Teslas Theorie der drahtlosen Energieübertragung, und die tatsächliche Ermöglichung von RFID-Systemen (Radio Frequency Identification), bei der eine Sendespule ein hochfrequentes Wechselfeld von 13,56 MHz erzeugt (die für wissenschaftliche und experimentelle freigegebene Frequenz); induziert im Schwingkreis des RFID-Transponders eine Spannung; diese aufgenommene Energie versorgt einen Chip, der seinerseits "nun Daten sendet, indem er den Schwingkreis in einem zeitlich definierten Muster bedämpft. Der Sender erkennt, wann ihm Energie entzogen wird und kann so das Signal lesen"

- magnetisch gekoppelte Schwingkreise: Magnetfeldlinien des einen Kreises durchdringen auch den zweiten Kreis und regen diesen zu Schwingungen an - ein für Gleichstromkreise undenkbarer Vorgang. Im Wechselstromkreis ist die Phasenbeziehung, also das Wesen des elektrischen Schwingkreises entscheidend: "Ein Schwingkreis kann von einer kleinen Spannung aus angeregt werden, wenn deren Phase um 90 Grad vorseilt. Der Vorgang ist vergleichbar mit dem Anregen eines Pendels" <ebd.>, welches bereits mit einem geringen Stoß allmählich zu großen Schwingungen angeregt werden kann, wenn diese Stöße zeitkritisch mit der Pendelbewegung derart koordiniert werden, dass sie der Pendelschwingung immer um eine Viertel-Schwingung vorseilen

- elektromechanisches Pendel; wird beim Pendeldurchgang das Gewicht (ein Magnet) durch Spule angeregt und damit der Dämpfungsverlust ausgeglichen, (r)echtzeitig durch einen externen Transistor; vgl. elektromechanische Uhr (Bain); Meßmedien von Helmholtz' für ultraschnelle Reizungen im Nervensystem (Kopplung Stimmgabel / Elektromagnet); ein Hybrid: ein Element des elektrischen Schwingkreises (Spule respektive Kondensator) hier durch ein mechanisches Teil funktional ersetzt (die mechanische Pendelschwingung); vollelektronisches Pendel (Stromimpuls durch Taster; dann ablesbar an Galvanometer: langsam auspendelnde Spannung). In den Schwingkreis eingebauter Transistor (Colpitts-Schaltung) Analogien von mechanischer und elektronischer Welt ein Hinweis, aber kein Beweis für Gleichursprünglichkeit; gleiche Mathematik kommt für beide Welten erfolgreich zur Anwendung

### **Der Schwingkreis als Computer: das *Parametron***

- Schwingkreis nicht im Gegensatz zum Digitalcomputer, sondern bildet möbiusbandartig den Kehrwert binärer Signalerzeugung: "Das Parametron ist Prinzip ein Schwingkreis, bei dem Induktivität oder Kapazität im Takt einer Pumpschwingung periodisch verändert werden. Der physikalische Effekt, der hierbei ausgenutzt wird, ist als *parametrische Erregung* bekannt."<sup>83</sup>

- "Periodisch veränderbare Reaktanzen lassen sich technisch realisieren durch Elemente (Energiespeicher) mit nichtlinearen Charakteristiken. Eine variable Induktivität kann <...> mit Hilfe eines Ferritkernes realisiert werden, indem man den Pumpstrom mit der Frequenz  $2 \cdot \omega$  durch eine aufgebrauchte Primärwicklung fließen läßt und die Sekundärwicklung als Spule für den Schwingkreis mit der Mittenfrequenz  $\omega$  verwendet" = Schmitt 1961: 4; ebd., 38: Ferritkern-Speichermatrix; ebd., 40: "Einschreiben" einer "1" / "0"; Schmitt 1961: 7: Fließspeicher; ebd., 16: tristabiler Bereich; ebd. 25: Mehrfachlogik; ebd., 18: Information in Form der *Phase* speichern = eine Form von Intemporalisation; ebd. 42: Schwingungsphasen für "0" und "1"; ebd., 445: Taktfrequenz

### **Zeit, Zahl und Frequenz**

---

83 Erich Schmitt, *Das Parametron. Theorie und Schaltkreise*, Garmisch-Partenkirchen (Moser) 1961, 3

- Frequenz als Kehrwert der Schwingung; in der Zahl (Angabe im Parameter "Hz") verschwindet das Zeitereignis, das jede Schwingung ist. Als Idealfall (Sinuston) eine Schwingung ein geometrisch harmonisches Ereignis, bildlich eine spiegelhafte Umgekehrung (Sinus / Kosinus). Als reales physikalisches Ereignis ist eine Schwingung etwas, das in jedem kleinsten Zeitmoment einen anderen Zustand (Wert) hat. Insofern verkehrt der numerische Kehrwert das Zeitereignis der Schwingung, entzeitlicht es

- reiner Sinuston ein zeitlich fortdauernder Zustand, doch besteht er seinerseits aus Unzeit (dynamische, periodische Schwingung)

- blieben Vollzugsformen von Zeit im Realen, also zeitkritische Prozesse, als Gegenstände des Wissens im abendländischen Zeithaushalt unentdeckt, solange sie mit menschlichen Sinnen und mechanischen Instrumenten kaum meßbar waren; Leibniz ahnte die "pétits perceptions". Wenn Licht strahlte, erschien es reine Emanation und nicht Schwingungsereignisse im elektromagnetischen Spektrum. Wirklichkeiten, insofern sie aus kleinsten zeitkritischen Momenten zusammengesetzt sind, entzogen sich der symbolischen Notation. Zeitanalyse beschränkte sich lange Zeit auf umständliche Geschichtsschreibung und die Langsamkeit von Aufzeichnungen. "Erst wenn es gelingt, einen Zeitbereich ganz ohne Metasphysik oder Geschichtsphilosophie in den Frequenzbereich zu transformieren, schwindet diese Unbeschreiblichkeit" = Kittler mit Blick auf FFT, denn "sie ersetzt die Zeitachse als klassische Abszisse von Ereignisketten" (zustandekommen als Koordinate am Oszilloskop?) "durch eine Frequenzachse, <...> deren Einheit umgekehrt proportional zur Zeiteinheit ist. Auf dieser Achse erscheint alles, was auch nur eine Spur von Periodik oder Regel in den Zeitverlauf gebracht hat, als Ordinatenwert. Entsprechend effektiv ist die Datenkompression."<sup>84</sup> Doch "dafür zahlt die digitale Signalverarbeitung selbstredend ihre Buße" = ebd.

- Eingesetzt in der automatischen Sprachanalyse, muß digitale Signalanalyse warten, bis Ereignisse sich wiederholt haben; hier kommt Denis Gabor's Analyse von *acoustic quanta* zum Zug - "anders wären Frequenzen als Kehrwerte der Zeit gar nicht zu messen" = Kittler ebd.; kann FFT "nicht sofort, sondern erst am Ende eines sogenannten Fensters von zehn bis zwanzig Millisekunden das erste Frequenzspektrum ermitteln" <ebd.>; dieses Ereignisfeld als quasi-stationär behandelt. "Alles Abtastwerte innerhalb dieses Fensters <...> müssen gleichzeitig zur Berechnung bereitstehen, also bis zum Ende des Fensters zwischengespeichert bleiben" = ebd.; Echtzeitanalyse Zwischenspeicherung von Gegenwart

- Erzeugung einer Zwischenfrequenz in Heterodynamischen Super-Radio

- Schwingung als Uhr: anstelle der Periodendauer  $T$  die Anzahl Perioden pro Zeiteinheit gemessen, d. h. die

---

84 Friedrich Kittler, *Realtime Analysis und Time Axis Manipulation*, in: ders., *Draculas Vermächtnis*. Technische Schriften, Leipzig (Reclam) 1993, 182-207 (200)

Frequenz  $f = 1/T$ ; in der Praxis ein Zählvorgang, der insbesondere bei kurzen Perioden einfacher und genauer ist als die direkte Messung von  $T$ . Oszillatoren erzeugen häufig nahezu sinusförmige Signale der Form  $f(t)$

- transzendente Zahl  $\pi$  von Hochleistungsrechnern auf immer weitere Dezimalstellen hin berechnet, auf der Suche nach verborgenen Periodizitäten in dieser Zahlenfolge