

## DIE VERSTRICKUNG DER AKUSTIK IN DIE ZEIT

[Bezogen auf Vortrag "Die unvordenkliche Verfallenheit des Tons an die Zeit" im Rahmen der Ringvorlesung *Ton und Prozeß*, Technische Universität Berlin, 14. Juni 2004]

Takt(ung)

Zeit/messung

Echtzeit und Intervall im (akustikver)rechnenden Raum

Projekt Zeitkritik, akustisch gewendet

Musik, Zeit, Narration

Akustik ungleich Musik

### **Takt (ung)**

„Zeitlichkeit drang in kleinen Schritten in die Musik ein: Zunächst offenbarte sie sich in den Längen und Kürzen [...]“<sup>1</sup> – gleich einem Morsecode (doch ohne Leerzeichen). Wilkins entwickelte eine Musiksprache, und das späte 18. und 19. Jahrhundert entwickeln akustische Telegraphen-Codes. Johann Bernoulli veröffentlicht in seinen *Reisebeschreibungen* 1872 den Vorschlag eines Anonymus, fünf Schallquellen unterschiedlicher Tonhöhe zur Sendung eines Telegraphencodes für ein Alphabet aus 14 Buchstaben zu verwenden; der ungarische Komponist Chudy in Preßburg entwickelt einen akustischen Telegraphen, der sich eines fünfstelligen Binär-Codes für das vollständige Alphabet bedient.<sup>2</sup>

Die Fixierung vom Längen und Kürzen im Schriftbild vollzog sich in der Mensuralnotation im 13. Jh.; dann „der Versuch, für eine Note ihren absoluten Wert in Sekunden, ihren *integer valor*, festzulegen“ <ebd., 22>. Mit Johann Nepomuk Maelzel dann das Metronom (1814); hier wird die Tempobestimmung bezogen auf die Sekunden der Uhr <23>.

Ein Ton kommt als Wahrnehmung überhaupt erst im Zeitprozeß zur Erscheinung, ist nie punktuell wahrnehmbar: "Zeit ist ein Schnitt in ein Kontinuum. Erst ab einer Dauer von etwas drei Sekunden können Ereignisse als Wahrnehmungsgestalten zusammengefaßt werden."<sup>3</sup>

---

1 Grete Wehmeyer, *Prestissimo*. Die Wiederentdeckung der Langsamkeit in der Musik, Reinbek b. Hamburg (Rowohlt) 1993, 22

2 Hinweis Volker Aschoff, in der Diskussion zu seinem Vortrag "Aus der Geschichte der Telegraphen-Codes", in: Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Natur-, Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften, Vorträge N 297, Opladen (Westdt. Verlag) 1981,

3 abstract zum Band: Stillstellen. Medien - Aufzeichnung - Zeit, hg. v. Andreas Gellhard, Ulf Schmidt u. Tanja Schultz, Schliengen (Argus) 2004

Die Zahlen, auf die Pythagoras seinen Intervallbegriff gegründet hatte, waren Längenmaße einer Saite, also proportionale Größen im Raum; Mersenne und Sauveur dagegen maßen Töne als Schwingungen einer Saite pro Sekunde, also Größen in der Zeit.<sup>4</sup>

"Wenn ein Lebenwesen existieren würde, das nicht die Fähigkeit des Kurzzeitgedächtnisses (*retentiva*) besäße und nicht fühlen könnte außer in der Gegenwart, dann wäre es nicht in der Lage den *sonus* wahrzunehmen. Denn da der *sonus* wie die Bewegung eine *res successiva* ist, muss er auf irgendeine Weise aus der Vergangenheit rekonstruiert oder zusammengesetzt werden."<sup>5</sup>

Bei der Periodizität von Schwingungsvorgängen, generell also der Zeitlichkeit des Schalls, handelt es sich "um eine prozesshafte Erscheinung" <Taschow 2003: Bd. II, 674>.

Unterlaufen (im Sinne der Leibniz'schen *petites perceptions*) wird die Wahrnehmung von Takt durch die digitale Abtastzeit;  $1/T = fT$  (Taktfrequenz): ein analytischer, nicht mehr darstellender Takt, im Gleichklang mit der Taktung von Prozessoren in Computern selbst.

Das Neumannsche Rechner-Konzept mit seinem Prinzip strikter Sequentialität in der Datenabarbeitung (Prozessierung) impliziert extreme Minimierung von Zeit und "inauguriert einen Paradigmen-Wechsel im Zeitbegriff. Es beschreibt eine komplexe Maschine, deren Ausführungszeiten idealiter gegen Null tendieren"<sup>6</sup>.

"Es gäbe überhaupt kein Fernsehbild zu sehen, wenn die Augen im Fünfundzwanzigstelsekundentakt auch noch einzelne Bildzeilen und Pixel unterscheiden könnten. Es gäbe auf CD-Platten gar keine Musik zu hören, wenn die Ohren bei einer Abtastfrequenz von 43 Kilohertz lauter diskrete Amplitudenwerte wahrnehmen würden.. <...> Jedes Interface unterläuft Wahrnehmungsschwellen und trägt seinen Namen Interface aus purem Spott."<sup>7</sup>

Johann Sebastian Bach über das Klavierspielen: „Man braucht

---

4 Friedrich Kittler, „Vernehmen, was Du wahnst“. Über neuzeitliche Musik als akustische Täuschung, in: Kaleidoskopien Heft 2 (1997), 8-16 (11)

5 Nicole Oresme, *Quaestiones de anima*, zitiert nach: Taschow 2003, Bd. II: 673

6 Wolfgang Hagen, *Computerpolitik*, in: Norbert Bolz / Friedrich Kittler / Georg Christoph Tholen (Hg.), *Computer als Medium*, München (Fink) 1994, 139-[mindestens 157] (143)

7 Friedrich A. Kittler, *Gleichschaltungen. Über Normen und Standards der elektronischen Kommunikation*, in: Manfred Faßler / Wulf Halbach (Hg.), *Geschichte der Medien*, München (Fink) 1998, 255-267 (255f)

bloß die richtigen Tasten zur richtigen Zeit herunterzudrücken"; in diskreten Systemen werden Zeitpunkte zum entscheidenden Kriterium. Seit der medialen Epochenschwelle des Phonographen und des Kinematographen aber „gibt es Speicher, die akustische und optische Daten in ihrem Zeitfluß selber festhalten und wiedergeben können.“<sup>8</sup>

Der Begriff *rhythmos* bezeichnet zunächst ein formales Prinzip, nicht ausschließlich bezogen auf akustische Ereignisse: Er ordnet Bewegung von Schritten (militärisch), Gesten, Silben (in der Prosodie), Tönen. So meint die altgriechische *musiké* weit mehr als nur das Klangereignis.

Platon und Aristoteles bringen Rhythmus und Zahl, also *rhythμός* und *arithmós*, zusammen. Im Frequenzbegriff liegt die diskrete Zeitmessung von Musik schon angelegt;

"Sinuston nennt man den Schall, der durch eine einfache periodische Schwingung bestimmter Frequenz entsteht. <...> Dadurch wird er aber zum kleinsten akustischen Element; alle übrigen periodischen Schwingungen - also alle in der musikalischen Praxis vorkommenden 'Töne' <...> sind aus einzelnen Sinusschwingungen zusammengesetzt und lassen sich mathematisch wieder in sie zerlegen (Fourier-Analyse)." <Dibelius 1998: 367f>

Im Unterschied zu alphabetischen *stoicheia / elementa* herrscht eine unvordenkliche Bindung von Schall als physikalischem Ereignis an den arithmetischen Takt der Zeit:

"Denn die Frequenz, die beim Sinuston die Tonhöhe bestimmt, ist ja nichts anderes als die Zahl der Schwingungen pro Sekunde. Demnach ist die Frequenz, die als Tonhöhe wahrgenommen wird, eine Funktion der Zeit <..>. Dies bedeutet, daß Tonhöhen und Tondauern zwei Erscheinungsformen der musikalisch geordneten Zeit sind" <Dibelius 1998: 368>.

Genuine *Medienarchäologie*: Der Sinuston wurde erst ent-deckt im Umgang mit elektronischen Ton-Generatoren zum Zweck der musikalischen Komposition <Dibelius 1998: 368>.

## **Zeit/messung**

Hinderk Emrich schlug auf der Tagung "On Time" am Einstein-Forum in Potsdam vor, den emphatischen Zeitbegriff zu ersetzen durch den präziseren begriff der Frequenzen, der Oszillation. Frequenzen sind zählbar und damit passend für den Computer, der getaktet ist. *Computable* meint zählbar; die Zahl wird damit nicht nur symbolisch operativ, sondern verschärft

---

<sup>8</sup> Friedrich Kittler, *Grammophon Film Typewriter*, Berlin (Brinkmann & Bose) 1986, 5

zeitkritisch. Das zeitkritische läßt sich frequentieill fassen. Über das akustische entfaltet sich diese Zeitlichkeit. Jürgen Ehlers erinnerte daran ebendort: "There is not 'the time', but only clock readings"<sup>9</sup>; seit dem 15. Jahrhundert verschmelzen horologisches Gerät und Musikautomaten.

Die bei Zeitmessern und automatisierten musikalischen Mechanismen gleichermaßen verwendete Technik stützte sich auf dieselbe Art von Zahnradgetriebe, Wasser oder Luft als Energiequellen sowie Luftbremsen zur Hemmung oder Regulierung der Bewegung der Räder. Am deutlichsten wird dies bei der Schlaguhr, die die Zeit durch eine Glocke oder einen Gong akustisch anzeigt, wobei mit Gewichten bewehrte Mechanismen dafür sorgen, daß die jeweilige Uhrzeit mit unterschiedlichen Schlägen signalisiert wird.<sup>10</sup>

### **Echtzeit und Intervall im (akustikver) rechnenden Raum**

Technisch generierte Musik bedient sich in immer stärkerer Masse einer in Echtzeit verrechenbaren Mathematik; daraus resultiert ein mediales Gefüge: "Es sind die strikten zeitkritischen Bedingungen des Musikalischen, die ihre zeitabhängigen Algorithmen zum Modell für eine zeitinduzierte Neuordnung der medialen Operationen von Speichern, Verarbeiten und Uebertragen am Horizont informierter Kulturtechniken werden lassen" <Martin Carlé>.

Zeitachsenmanipulation im digitalen Raum: Sampler, Synthesizer und Drummachines verfügen je nach Komplexität über ihre eigenen, internen Zeiteinheiten: Arpeggiator, interner Sequencer mit Loopfunktion, Timestretching. "Die dominante lineare Zeitleiste, nämlich die des Master-Sequencers, kann damit unterwandert werden"<sup>11</sup>

Darin liegt die Herausforderung an den klassischen Begriff zeitbasierter Akustik: Sampling, also die Umwandlung von Schall in ein digitales Datenformat, besteht - im Unterschied zu bisheriger Schallaufzeichnung (Schallplattenumdrehung, Tonbandgeschwindigkeit) "in der völligen Unabhängigkeit von der Zeitachse"<sup>12</sup>. Digitalisierung mißt ein analog eingefangenes

---

9 Jürgen Ehlers, Concepts of Time in Physical Theories. Insights obtained and open questions, Konferenz: On time, 22.-24. Mai 2003, Einstein Forum Potsdam,

10 Allen Feldman, Der menschliche Touch. Zu einer historischen Anthropologie und Traumanalyse von selbsttätigen Instrumenten, in: Gabriele Brandstetter (Hg.), Stress. ReMembering zhe Body, Ostfildern-Ruit (Hantje) 2000, 224-259 (230)

11 Gary Danner, Echtzeit/Musik, in: Kunstforum International 151 (Juni-September 2000), 178

12 Peter Kiefer, Die Handhabarmachung von Musik, in: LAB xxx, 182-192 (183)

Signal (eine Sinuskurve etwa) in einem bestimmten Zeitintervall - zum (kartesischen) Raum wird hier die Zeit. "Wenn die Daten einmal abgespeichert sind liegen sie in Form von Zahlenketten vor. In diesem Zustand haben sie keinen festen Zeitbezug mehr" <Kiefer xxx: 191>.

Digitale Klangaufzeichnung generiert Zeitachsenmanipulation "in Quasi-Echtzeit" (Kluge).

Abb.: Kluge 1987: 218

Töne eines Gitarre-Anspiels, digital interpretiert, münden in Zeithüllenanalyse. Der Mikrorechner kann akustische Ereignisse vermessen und als Zahlenfolge ausdrucken. Er gestattet die digitale Aufzeichnung und Speicherung akustischer Repräsentationen. "Der Computer kann instruiert werden, bestimmte Teile des Signals für das Hören zu repräsentieren; möglich ist auch eine Streckung der Zeitachse", schreibt Rainer Kluge 1987 <218>.

Klang ist als Informationsstrom in der Zeit nicht nur hör-, sondern auch rechenbar. Abtastwerte lösen ein akustisches Ereignis in ein "Zeitsignal"  $s(t)$  auf.<sup>13</sup>

### **Akustik, Zeit und Medium (Kanal)**

Die Klangfiguren von Ernst Florens Friedrich Chladni (publiziert als *Theorie des Klangs* 1787) erlaubten eine Visualisierung musikalischer Theorie und Phonographie *avant la lettre*<sup>14</sup> - eine Bildwerdung des Tons<sup>15</sup>. Bill Viola definiert das elektronische Bild als „Klang der Einzeilen-Abtastung“. Gilt äquivalent zu Deleuzes Begriff vom *Zeit-Bild*: vom Bewegungston zum Zeit-Ton?

Denken wir mit der technomathematischen Nachrichtentheorie Shannons den Begriff des Mediums vom Kanal her. Die mathematische Theorie der Information geht nicht von Text und Interpretation, sondern von einer *signal-to-noise-ratio* aller Kommunikationsakte aus. In der Tat ist Akustik ein radikal zeitkritisches Ereignis im medialen Kanal. Jeder Kanal impliziert Rauschen, also neben periodischen auch aperiodische Schwingungen. Noch einmal Viola: Das Verrauschen ist eine spezifische Qualität des implizit sonischen Videobilds - und

---

13 Siehe Stephan Schneider, *Entwicklung und Analyse eines fraktalen Kodierverfahrens für Sprachsignale*, Berlin (Köster) 2001, 147 (Abb. 8-1)

14 Ernst Florens Friedrich Chladni, *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Leipzig (Weidmann & Reich) 1787

15 Siegfried Zielinski, *Archäologie der Medien. Zur Tiefenzeit des technischen Hörens und Sehens*, Reinbek . Hamburg (Rowohlt) 2002, 207

zwar nicht als Ausnahmezustand, sondern als Regel.

"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>

Nun kommt Stochastik, kommen Markov-Ketten ins Spiel: "Der Sinn <heißt hier aber unemphatisch: Richtung, Vektor, i. S. d. Gebrüder Grimm "Sinn"> von Musik entsteht, wenn eine vorhergehende Situation (hervorgegangen aus einer Tonfolge) vom Zuhörer eine Vermutung über die wahrscheinlichen Entwicklungen der folgenden Struktur verlangt", zeitlich und tonal.<sup>16</sup> "Diese statistische Regelmäßigkeiten nennt man nun *Stil*" <Charles 1984: 102>. Doch was, wenn die Differenz zwischen Gestalt und Grund, Signal und Geräusch verwischt, wenn also Klangsequenzen "nichts mitteilen", sondern "reine Felder von Zeitlichkeit" bilden <ebd., 119>?

### **Zeit, Medium und Verzögerung**

Aristoteles ist eindeutig: An der Zeitverzögerung akustischer eingesetzt spricht das Medium (*to metaxy*) als zeitlicher Kanal. Schallübertragung verbraucht Zeit; Licht aber überträgt sich nahezu instantan.

Das aristotelische *to metaxy*, in der mittelalterlichen Scholastik *medium* übersetzt, manifestiert sich in seiner temporalen Widerständigkeit - „daß ein Prozeß nicht instantan geschieht, sondern Zeit braucht“<sup>17</sup>. Zeit selbst zeigt sich als Medium, und die Translation in einem Leeren (Demokrit) kann nur unter Negation der Zeit geschehen.

Zeit als akustische Verzögerung wurde zum katechontischen (Zwischen)Speicher in der Ultraschall-Quecksilber-Verzögerungslinie. Zum Speichern von Impulsfolgen ("Wort") werden Ultraschall-Verzögerungslinien verwandt, da der Schall eine relativ geringe Geschwindigkeit hat. Im Umlaufspeicher wird der Impuls ständig regeneriert (refresh) und dabei vom Impulszählwerk vermerkt und fixiert: Die Ausbreitungsdauer der Schallwellen im Quecksilber ist dabei die Verzögerungszeit.<sup>18</sup>

Zeit kann selbst als medialer Kanal modelliert werden, wie schon Aristoteles in *Über die Wahrnehmung* am Zeitwiderstand

---

16 Leonard B. Meyer, *Music, the Arts, and Ideas*, Univ. of Chicago Press 1967, 11

17 Kommentar zu 102,7-11, in: Aristoteles, *Physikvorlesung*, übers. v. Hans Wagner, Berlin (Akademie) 1967, 560

18 I. A. Poletajew, *Kybernetik. Kurze Einführung in eine neue Wissenschaft*, hg. v. Georg Klaus, Berlin (Dt. Verlag d. Wiss.) 1962, 195

das Medium festmachte:

"Dieses Phänomen zeigt sich auch an der Umformung der Sprachlaute, wenn sie ihren Weg durch den dazwischen liegenden Raum nehmen: Dadurch daß die Luft, indem sie den Zwischenraum durchquert, eine andere Gestalt erhält, hört man offenkundig das Gesagte nicht richtig"<sup>19</sup>

- *noise*, also aperiodische Schwingungen (Geräusch).

Aristoteles fragt im Vorbegriff der *petites perceptions* von Leibniz: "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 wahrnehmbare Zeitdauer handelt?" <82>

### **Musik, Zeit, Narration**

"Kein Ende der Musik, sondern die Abschaffung der Chronologie. Die ganze Musikgeschichte steckt in meinem Sampler, und sie lässt sich jederzeit und gleichzeitig abrufen" <Rambow xxx: 184>. Statt Untersuchungen von Akustik und Musik in der emphatischen, also: historischen Zeit nun also die mikrotemporale Ebene, wo Zeit ein kritischer Parameter in der Datenverarbeitung ("Prozeß") ist und mithin eine Funktion der prozessierenden Maschine - die non-narrative Ästhetik der Minimal Music; Steve Reich etwa betrachtet "Musik als Maschine" <Glass, ebd.>. In Verkehrung des metrischen Ablaufs, also von Komposition in der Zeit, setzt die serielle Musik auf mathematischen Formalität.

Es gibt die schöne Redewendung, daß bestimmte Prozesse bestimmte Ergebnisse *zeitigen*. Dies kommt in zeitbasierten Medien auf seine ursprüngliche Bedeutung zurück.<sup>20</sup> Im Akustischen (von Techno-Musik) erlaubt das Sampling die digitale Bearbeitung, und das heißt: Verräumlichung (oder besser: Intervallierung) dieser zeitbasierten Kunst selbst, durch *timestretching* und *timecompression*.

Non radikaler ist sogenannte Noise-Musik, "die Erfahrung einer *nicht pulsierenden Zeit*", anstelle musikalisierter Subjektivität. "[S]tattdessen werden wir in das unpersönliche, asubjektive Leben des Klangs hineingezogen."<sup>21</sup>

---

19 "Über die Wahrnehmung und die Gegenstände der Wahrnehmung", in: Aristoteles, *Parva Naturalia*, Stuttgart (Reclam) xxx, 47-86

20 Programmatisch wird dies in der Schriftenreihe *Intervalle*, hg. vom Wissenschaftlichen Zentrum für Kulturforschung, Universität Kassel

21 Christoph Cox, *Wie wird Musik zu einem organlosen Körper?* Gilles Deleuze und die experimentelle Elektronika, in: Marcus

Steve Reich definiert die Zeiterfahrung von *minimal music*:  
"Die Hingabe an den musikalischen Prozeß ermöglicht eine Lenkung der Aufmerksamkeit weg vom Er, Sie, Du und Ich hinaus zum Es"<sup>22</sup> - hin zum Realen zeitbasierter Prozesse.

### **Projekt Zeitkritik, akustisch gewendet**

Im Digitalen herrscht ein grundsätzliches Paradigma akustischer Signalverarbeitung: „das der *zeitlich* diskreten Rasterung von Einzelwerten eines Abtastvorganges im Binären. Damit wird aus *Klang* nach der Analog-Digital-Wandlung *Information*." <Harenberg 2003: 78>. Sind medienakustische Prozesse zeitgegeben oder zeitgebend? Physical Modeling unterläuft den Schwingungszentrismus von Akustik:

"Physical Modeling besteht im Kern aus einem Modell der Dekonstruktion von Zeit, indem den *Quanten* Gárbors vergleich/bare kleinste *Rauschimpulse* in so genannten *Waveguides* kontrolliert so beschleunigt und wie in einem Feedback gleichzeitig rückgekoppelt werden, dass das physikalische Verhalten schwindener Körper, Saiter oder Luftsäulen, inklusive ihrer nichtlinearen Oszillatoren (z. B. Mundstück/Blättchen/Zunge etc. oder Saite/Korpus) erzeugt werden kann. Zeitverhältnisse werden konstituierend für die Virtualisierung von Bewegung, also den virtuellen (Innen-)Raum des Modells und seine (klanglichen) Eigenschaften."<sup>23</sup>

### **Akustik ungleich Musik**

Der Phonautograph (Léon-Scott) und die Chronophotographie (Muybridge / Marey) dienten der Bewegungsanalyse, nicht -darstellung; in der Sprache der Elektrotechnik lieferten sie *timestamps*.

„Daß Intervalle auch als Schwingungsverhältnisse anschreibbar sind, soll zwar schon Euklid vermutet haben; aber weil kein Menschenohr imstande ist, beim Kammerton alle vierhundertvierzig Schwingungen pro Sekunde mitzuzählen, blieb der empirische Beweis seiner Bermutung einer Neuzeit vorbehalten, deren Physik (nach Koyrés These) mit dem Einsatz

S. Kleiner / Achim Szepanski (Hg.). Soundcultures. Über elektronische und digitale Musik, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2003, 162- 193 (182)

22 Steve Reich, "Musik als gradueller Prozeß", in H. Danuser, D. Kämper u. P. Terse (Hg.), Amerikanische Musik seit Charles Ives. Interpretationen, Quellentexte, Komponistenmonographien (Laaber, 1987), 288-290 (= "Music as a Gradual Process", in ders., Writings about Musik, Halifax u. New York, 1974), und die Komponistenbiographie 373f, *ibid*.

23 Harenberg 2003: 90f

von Präzisionsuhren zusammenfiel" <Kittler xxx> - so daß musikalische Zeit auf der medienarchäologischen Ebene vor allem Meßzeit ist.

Wobei "das akustische Schwingungsbild vieles zeigt, was zum Verständnis der musikalischen Gestalt nicht notwendig ist, da dort alles registriert wird, ungeachtet seiner musikalischen Bedeutung"<sup>24</sup> - das medienarchäologische Gehör.

Erst feinmechanische Medien der exakten Messung ermöglichten die Forschung von Zeitstrukturen: elektroakustische Verfahren der statistischen oder informationstheoretischen Analyse <Dibelius 1998: 374>. Die Helmholtz-Sirene hat nichts mythologisches an sich - sie vollzieht vielmehr die Auflösung der Sirenenklänge in der Zahl. Wenn die gelöcherte Scheibe der Helmholtz-Sirene in Rotation versetzt und Luft durch dieselben gepreßt wird, kann "durch die Zahl der Löcher auf der Scheibe und die Zahl der Umdrehungen/Sek. <...> die Frequenz des erzeugten Sirenenklangs bestimmt werden" <Hall 1997: 35>.

Beispielhaft steht dafür der Begriff der Modulation. Zum einen meint er in der Musik den Übergang von einer Tonart in eine andere sowie die Abstufung und Regelung der Tonstärken- und Klangfarbenverhältnisse <Brockhaus-Enzyklopädie Bd. 14, Mannheim 1991>; in der Nachrichtentechnik aber meint er die Veränderung von Signalparametern. "Der Träger ist dabei ein Zeitvorgang (z. B. Schwingungs-, Puls- oder Rauschvorgang)" <ebd.>; mithin wird damit Zeit selbst zum medialen Kanal. "Im einfachsten Fall ist der Träger eine Sinusschwingung" <ebd.>. Niederfrequente Nachrichtensignale wie die menschliche Sprache, Musik, Bilder werden hochfrequenten Schwingungen aufgeprägt (als In-Formation des "medialen" Kanals, im Sinne Fritz Heiders), um sie den Eigenschaften eines geeigneten Übertragungsmediums (Funkstrecken, Koaxialkabel) anzupassen oder um mehrere Nachrichten gleichzeitig über einen einzigen Nachrichtenweg (multiplex) zu senden.

Werden Algorithmen vom Prozessualen her gedacht, läßt sich die Mathematizität symbolverarbeitender Medien (kulminierend im digitalen Computer) sowie die Verschiebung von diskursiv-tonalen zu physikalisch-sonischen Kulturtechniken am medienarchäologischen Gefüge von Akustik und Mathematik demonstrieren.

### **Frequenz und Schwingung**

Wird in Frequenzanalysen die Zeit zum Bild? Statt *Klangfiguren* (Chladni) handelt es sich bei akustischen Ereignissen um dynamische Schwingungen, also prozessual eher denn bildhaft; die Braunsche Kathodenstrahlröhre macht Ton-Schwingungen dann

---

24 Doris Stockmann 1967: 505, zitiert nach: Kluge 1987: 100

wiederum dem Auge sichtbar. Chladni versetzte dünne, mit Sand bestreute Scheiben aus Glas oder Metall durch einen Bogen gleich einer Violinensaite in Bewegung: hier *kalkuliert* Klang sich selbst als Sand (das älteste Medium von Mathematik). Nicht Klangbilder also, sondern Klangkalküle. Laut Aristoteles wird eine kontinuierliche Größe nicht gezählt, sondern gemessen. Zählen = *arithmein*, messen = *metrein*, streng unterschieden.

Alles, was der Fourier-Analyse unterliegt, gilt nicht nur für akustische, sondern für alle periodischen Signalvorgänge. In dieser epistemologischen Verallgemeinerung des Sonischen gilt der akustische Fall als paradigmatisch.