



Abb. 1 Skizze des Platinaufbaus eines Klangfilterelements, das vermutlich im modularen Musiksynthesizer von Friedrich A. Kittler zum Einsatz kommen sollte

# HÖRENDE MASCHINENNETZWERKE

## Auditive Medienästhetiken unscheinbarer Signale

The biosphere [...] is pregnant with singularities that spontaneously give rise to processes of self-organization. Similarly, the portion of the “mechanosphere” constituted by computer networks [...] begins to be inhabited by symmetry-breaking singularities, which give rise to emergent properties in the system.<sup>1</sup>

Inwiefern der in New York lebende Philosoph und ehemalige Programmierer Manuel DeLanda vom AT&T-Crash im Januar 1990, der das ganze Netzwerk für Ferngespräche in Nordamerika für neun Stunden lahm legte, tangiert wurde, lässt sich nur spekulieren. Es handelt sich aber um einen berühmten Fall von emergentem Verhalten computerisierter Netzwerke genau in der Art, wie er es Anfang der 1990er Jahre selbst beschrieb.<sup>2</sup> Die Katastrophe, als Medienereignis in seiner starken Bedeutung, wurde durch einen kleinen Programmierfehler in der Software der 4ESS-Schaltzentralen verursacht, der durch eine Aktualisierung Ende 1989 in allen Verkabelungszentralen für Ferngespräche in Nordamerika installiert und nur ein paar Wochen später aufgrund einer sonst marginalen Störung aktiv wurde. Die fehlerhaften Schaltzentralen lösten, im endlosen Feedback ihres Netzwerks eingefangen, bei ihren oft Hunderte von Kilometern entfernten Nachbarn im Minuten-Rhythmus Selbstausschaltungen aus, in dem sie ihnen ein vereinbartes elektronisches Signal zusendeten, das sie selbst jedoch einige Minuten vorher bereits von anderen benachbarten Schaltzentralen empfangen hatten.<sup>3</sup> Die «ultimative Maschine» – Claude Shannons berühmtes Spielzeug, das sich nach Einschaltung wieder selbst ausschalten konnte – manifestierte sich in Form algorithmischer Doppelgänger, auf monströse Weise vielfach verkoppelt im Maschinennetzwerk der American Telephone & Telegraph Corporation und wütete als pulsierendes Geschwulst.

<sup>1</sup> Manuel DeLanda, *War in the Age of Intelligent Machines*, 5. Aufl., New York (Zone Books) 2003, 121.

<sup>2</sup> Der Zusammenbruch wurde besonders durch Bruce Sterlings erstes Sachbuch berühmt. Vgl. dazu Bruce Sterling, *The Hacker Crackdown*, New York (Bantam) 1992, 36ff.

<sup>3</sup> Dazu ausführlicher Shintaro Miyazaki, *Katastrophische Algorithmen. Über das hochtechnische Agencement medieninduzierter Zusammenbrüche*, in: Tobias Nanz, Johannes Pause (Hg.), *Politiken des Ereignisses*, Bielefeld (Transcript) 2013 (im Erscheinen).

## 1. Die Multi-skalare und fraktale Ubiquität von Medien-Netzwerken

Zwanzig Jahre später überwuchern die Maschinennetzwerke nicht nur ganze Kontinente, respektive rhythmisieren sie sich per digital modulierten elektromagnetischen Signalen als «atmosphärische Medien»<sup>4</sup> durch ganze Landschaften hindurch, sondern ihre Knoten und Endgeräte drängen sich zunehmend dem Menschen auf. Die urbanen Räume des frühen 21. Jahrhunderts zeichnen sich durch eine hoch komplexe «Kabellosigkeit» ihrer Medien-Netzwerke aus.<sup>5</sup> Die technologische Realität am Anfang des 21. Jahrhunderts ist von einer multi-skalaren und fraktalen Ubiquität medialer Infrastrukturen geprägt, die sich vom Mikrometerbereich bis in den Bereich von Kilometern und weit darüber hinaus durchzieht.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts befinden sich die digitalen Allzweckgeräte – die Smartphones – in Taschen am Oberschenkel, Gesäß oder Oberkörper und wahrscheinlich bald weiterentwickelt am Arm oder am Gesicht der Menschen.<sup>6</sup> Die Entwicklung von Mikroelektroden, die Verkleinerung der Halbleiterelektronik und die Verschränkung von Neurologie, Elektrophysiologie, Mathematik und Informationstechnologie ermöglichten medizintechnologische Medien, die bis ins Innere des Gehirns eindringen. Im Jahre 2006 entwickelte die Firma Cyberkinetics, Inc. eine Gehirn-Computer-Schnittstelle namens BrainGate, die es einem fünfundzwanzig-jährigen Patienten mit Tetraplegie, einer Form der Querschnittslähmung, bei der alle vier Gliedmaßen unkontrollierbar werden, ermöglichte, durch medialen Zugang zum Computer, kurze Emails zu schreiben, Zeichnungsprogramme rudimentär zu bedienen und eine Handprothese zu öffnen und zu schließen.<sup>7</sup> Die Parkinson-Krankheit und andere motorische Nervenkrankheiten können mit Deep-Brain-Stimulation bereits sehr gut therapiert werden und es wird gerade an der Therapie von psychiatrischen Erkrankungen mit ähnlichen Methoden gearbeitet.<sup>8</sup>

## 2. Signale hören

Ausgangspunkt der folgenden Ausführungen ist die Annahme, dass für das Begreifen der ubiquitären Medien-Netzwerke ein epistemischer Zugriff über das Signal und seine Ästhetik medienwissenschaftlich fruchtbar sein könnte. Es wird dabei gezeigt, dass besonders das Hören – als ästhetisierender Modus der menschlichen Erkenntnisherstellung<sup>9</sup> in medienwissenschaftlichen Diskursen meist noch unterschätzt – im Rahmen einer signalwissenschaftlich informierten Medienästhetik produktiv ist. Die Tatsache, dass hochtechnologische Signale, Oszillationen, Fluktuationen und andere «modulierende Strukturen»<sup>10</sup> die urbane Infosphäre *algorhythmisieren*<sup>11</sup> und dabei für wichtige Infrastrukturen sorgen, bleibt von den menschlichen Akteuren meist unbemerkt, denn die Prozesse müssen erst durch Medienästhetik wahrnehmbar gemacht werden. Das bedeutungsgebende und -tragende Subjekt wird immer mehr ersetzt zugunsten

<sup>4</sup> Mark B. N. Hansen, Medien des 21. Jahrhunderts, technisches Empfinden und unsere originäre Umweltbedingung, in: Erich Hörl (Hg.), *Die technologische Bedingung. Beiträge zur Beschreibung der technischen Welt*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2011, 365–409, hier 367.

<sup>5</sup> Adrian Mackenzie, *Wirelessness. Radical Empiricism in Network Cultures*, Cambridge, MA (MIT Press) 2010, 29.

<sup>6</sup> Wie das Forschungsprojekt Google Project Glass aus den Laboren von Google Inc. zeigt.

<sup>7</sup> Leigh R. Hochberg u. a., Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia, in: *Nature*, 442/7099, 2006, 164–171, hier 169.

<sup>8</sup> Jens Kuhn u. a., Tiefe Hirnstimulation bei psychiatrischen Erkrankungen, in: *Deutsches Ärzteblatt*, 107/7, 2010, 105–113, hier 105.

<sup>9</sup> Zur Thematik des wissenden und gelernten Ohrs allgemein Andi Schoon, Axel Volmar (Hg.), *Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation*, Bielefeld (Transcript) 2012.

<sup>10</sup> Gilbert Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, Zürich (diaphanes) 2012, 45. (Du mode d'existence des objets techniques, Paris (Aubier) 1958.)

<sup>11</sup> Das Wort Algorhythmus entstand aus der intendierten Kombination von Algorithmus und Rhythmus und betont damit die radikale Zeitlichkeit digitaler Medien. Ausführlicher dazu Shintaro Miyazaki, *Algorhythmisiert. Eine Medienarchäologie digitaler Signale und (un)erhörter Zeiteffekte* [Zugl.: Berlin, Humboldt-Univ., Diss., 2012], Berlin (Kadmos) 2013.

einer «durch maschinische Prozesse und Geschwindigkeiten geprägten, nicht-intentionalen, distribuierten, technologischen Subjektivität. Unter der technologischen Bedingung haben die überlieferten Kategorien der Bedeutungskultur und das zugehörige Anschauungsregime, also die prätechnologischen Zeitlichkeits- wie Räumlichkeitsbestimmungen bewusster Subjekte, schlichtweg ihre Beschreibungsmacht und Evidenz eingebüßt.»<sup>12</sup>

Der Gedanke eines technologischen Subjekts beruht wohl auf einer Ausweitung der, in der Medienkulturwissenschaft ausreichend akzeptierten, «starken» Bedeutung des Begriffspaares Medium/Medien,<sup>13</sup> die den Medien eine konstitutive Rolle und damit eine starke Eigenständigkeit zuweisen. Die «Subjektivität» solcher Maschinennetzwerke im Ensemble wird jedoch durch mikro-dynamisch transformierende Modulationen elektronischer und elektromagnetischer Signale gewährleistet. Um diese maschinischen Prozesse zu begreifen, reicht die menschliche Wahrnehmung nicht mehr aus. Medienästhetiken, die solche Prozesse versinnlichen können, bekommen damit eine maßgebende Aufgabe, wenn es um die Frage nach der technologischen Bedingung der gegenwärtigen Medien- und Wissenskulturen geht. Präzise Messinstrumente, hochfrequente digitale Signalverarbeitungssysteme, bildgebende Experimentalsysteme und computerisierte Audiovisualitäten kommen damit ins Spiel.

Im Zuge der Kultivierung einer gesteigerten Sensibilität für die zeitliche Dynamik medientechnologischer Ökologien schlägt der Medientheoretiker Matthew Fuller vor, die Elemente eines technischen Ensembles nicht mehr als Objekte, sondern als Rhythmus – «*Pattern*» – zu theoretisieren.<sup>14</sup> Das Monopol der Anschauung ist durch eine Kultivierung der Anhörung zu komplementieren, denn wie im Folgenden anhand der Mediengeschichte und -archäologie technologischer Netzwerke, die speichern, übertragen und prozessieren, gezeigt wird, lassen sich die Signale der Maschinennetzwerke nicht nur veranschaulichen, sondern auch hörbar machen.

Man braucht nur minimale Spannungsunterschiede in Akustik zu übersetzen und als Modulationen von Tonhöhe und Frequenz dem Ohr zuzuführen, um den Menschen als Hörer anders nicht wahrnehmbarer Differenzen zu adressieren. Die Möglichkeiten solcher Anordnungen sind so vielfältig wie die Orte ihres Aufkommens.<sup>15</sup>

### 3. Ästhetiken des auditiven Erkennens

Bereits die Telegrafie, die das erste, weit verbreitete technische Maschinennetzwerk bildete, zeichnete sich durch eine auditive Medienästhetik aus. Dies geschah entgegen der ursprünglichen Intention von Samuel Morse (1791–1872) und Alfred Vail (1807–1859), die die Telegrafie als ein visuelles und symbolisches Medium entwarfen.<sup>16</sup> Ab 1860 wurde der auditive Zugriff jedoch zur Normalität.<sup>17</sup> Die Telegrafie induzierte folglich ein rhythmisches Hörwissen. Grund war die höhere Effizienz<sup>18</sup> in der Übertragung der Zeichenfolgen

<sup>12</sup> Erich Hörl, Die technologische Bedingung. Zur Einführung, in: Erich Hörl (Hg.), *Die technologische Bedingung*, 15.

<sup>13</sup> Georg Christoph Tholen, Medium/Medien, in: Alexander Roesler, Bernd Stiegler (Hg.), *Grundbegriffe der Medientheorie*, Paderborn (UTB/ Fink) 2005, 150–172, hier 151.

<sup>14</sup> Matthew Fuller, *Media Ecologies. Materialist Energies in Art and Technoculture*, Cambridge, MA (MIT Press) 2005, 4.

<sup>15</sup> Stefan Rieger, *Schaltungen. Das Unbewusste des Menschen und der Medien*, in: Stefan Andriopoulos, Gabriele Schabacher, Eckhard Schumacher (Hg.), *Die Adresse des Mediums*, Köln (DuMont Buchverlag) 2001, 253–275, hier 268.

<sup>16</sup> Jonathan Sterne, *The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham und London (Duke University Press) 2003, 144.

<sup>17</sup> Ebd., 150.

<sup>18</sup> Ebd., 147.

durch das Wegfallen des überprüfenden und zeitverzögernden Sehens. Ein geübter Telegrafist konnte bis zu fünfundfünfzig Zeichen pro Minute hören, verstehen und übertragen.<sup>19</sup> Durch angelernte Automatismen verschaltete sich sein Ohr – womit er nach eintreffenden Morse-Rhythmen horchte – mit seiner Hand, die die Morsecodes als Buchstaben niederschrieb.

Konnte man in der Telegrafie nur diskrete Zeichen übertragen, war hingegen die Telefonie in der Lage, kontinuierliche Signalverläufe wie Sprache, Musik und Geräusche zu übertragen. Kurze Zeit nachdem das Telefon 1876 als eine neue Erfindung gefeiert wurde, tauchte es in verschiedenen physiologischen Laboratorien in Europa als Medium für die Ästhetisierung bioelektrischer Signale auf.<sup>20</sup> Telefonische Experimentalsysteme wurden durch das Aufkommen des Stethoskops im medizinischen Kontext schicklich, das sich im 19. Jahrhundert als klinisch-epistemisches Medium etablierte.<sup>21</sup> Es war jedoch die Fähigkeit hochfrequente Signale zu übertragen, die manche Wissenschaftler überzeugte, das Telefon zu benutzen. Galvanometer und ähnliche Geräte waren zu langsam, um die schnellen Frequenzen der Nervenrhythmen für die menschliche Wahrnehmung zu versinnlichen. Oft wurden die Forschungsergebnisse jedoch erst durch die publizierbare, grafische Sichtbarmachung als wissenschaftlich relevant betrachtet. Da die telefonische Ästhetisierung der Nervenströme kein Verfahren der Inskription ist, wurde sie von der grafischen Methode, die sich stets verfeinerte, zunehmend verdrängt. Sie wurde jedoch nicht vergessen. Noch 1920 vermerkte der Physiologe Otto Weiss (1871–1943) in seinem *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*:

Außer den unmittelbar wahrnehmbaren Massenbewegungen bei der Erregung des Muskels laufen in ihm elektrische Erscheinungen ab, zu deren Studium es besonderer Apparate bedarf. Hierzu benutzt man Galvanometer, Elektrometer, Telephone und reizbare tierische Gebilde selbst [...].<sup>22</sup>

Wie bereits die Telegrafie<sup>23</sup> induzierte das Telefon mitunter interessante epistemische Konzepte in den Naturwissenschaften. Charles Scott Sherrington (1857–1952), der 1932 den Nobelpreis für Medizin erhielt, verglich am Anfang des 20. Jahrhunderts die dynamische Funktionsweise neuronaler Netzwerke mit der Dynamik in Telefonschaltzentralen.

The grey matter may be compared with a telephone exchange, where, from moment to moment, though the end-points of the system are fixed, the connections between starting points of the system are fixed, the connection between starting points and terminal points are changed to suit passing requirements [...] In order to realize the exchange at work, one must add to its purely spatial plan the temporal datum that within certain limits the connections of the lines shift to and fro from minute to minute.<sup>24</sup>

Bis einige neuronale Zentren im Gehirn durch Projekte wie Braingate genauso übersichtlich und schaltbar erscheinen wie das schaltende Maschinengefüge der Telefonnetzwerke, dauert es ungefähr ein ganzes Jahrhundert. Sherrington

<sup>19</sup> Ebd., 148.

<sup>20</sup> J. Tarchanow, Das Telephon als Anzeiger der Nerven- und Muskelströme beim Menschen und den Thieren, in: St. Petersburger Medicinische Wochenschrift, 3/43, 1878, 353–4. Ausführlicher zur ganzen Thematik Axel Volmar, Stethoskop und Telefon. Akustemische Technologien des 19. Jahrhunderts, in: Andi Schoon, Axel Volmar (Hg.), Das geschulte Ohr. Eine Kulturgeschichte der Sonifikation, Bielefeld (Transcript) 2012, 71–93, hier 82ff.

<sup>21</sup> Volmar, Stethoskop und Telefon, 83.

<sup>22</sup> Otto Weiss, Kapitel III. Allgemeine Physiologie der Muskeln und Nerven, in: Nathan Zuntz, Adolf Loewy (Hg.), Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Leipzig (F. C. W. Vogel) 1920, 54–121, hier 84.

<sup>23</sup> Dazu Henning Schmidgen, Die Helmholtz-Kurven. Auf der Spur der verlorenen Zeit, Berlin (Merve) 2009, 170ff. und Laura Christine Otis, Networking: Communicating with Bodies and Machines in the Nineteenth Century, Ann Arbor (University of Michigan Press) 2001, 2.

<sup>24</sup> Charles S. Sherrington, The Integrative Action of the Nervous System, New Haven (Yale Univ. Press) 1906, 233.

stellte sich jedoch bereits um 1905 das Gehirn als ein Netzwerk von tausenden telefonischen Schaltzentralen vor. Laut seinen Ausführungen ist es unerlässlich zu begreifen, dass den Netzwerken eine zeitliche Dynamik inhärent ist. Während um 1900 in den meisten Telefonschaltzentralen die Verkabelung durch weibliche Operatorinnen geschah, wurde sie im Laufe des 20. Jahrhunderts – zunehmend ab den 1940er Jahren – automatisiert. Die Grundzüge der automatischen Verschaltung zwischen zwei Telefonendgeräten wurden jedoch bereits in den 1890er Jahren durch Almon B. Stowger erprobt.<sup>25</sup> Die Steuerung der Verschaltung wurde durch den eingebauten «impulse sender» ausgelöst,<sup>26</sup> der bis zu zehn Impulse pro Sekunde aussenden konnte.<sup>27</sup> Die Rhythmisierung erfolgte feinmechanisch durch die gleichmäßige Rotation eines Kontaktnocks, der den Strom unterbrach, wobei die Rotationsdauer, je nachdem welche Zahl auf der Wählscheibe selektiert wurde, variierte. Die gewählte Zahl stimmte mit der Anzahl gesendeter Impulse überein.<sup>28</sup> Mit einem dreistelligen Nummernsystem konnten somit eintausend Telefone miteinander verbunden werden.

Seit den 1950er Jahren kam das sogenannte Mehrfrequenzwahlverfahren hinzu, das vor allem zur Steuerung von Ferngesprächen diente. Abb. 2 zeigt eine Werbeanzeige der Bell Telephone Laboratories aus dem Jahr 1950 in *Popular Science*, worin das gerade entwickelte *dual-tone multi-frequency dialing*<sup>29</sup> als eine Art System mit einem Musiksynthesizer präsentiert wurde:

Before you talk over some of the new Bell System long distance circuits, your operator presses keys like those shown above, one for each digit in the number of the telephone you are calling. Each key sends out a pair of tones, literally setting the number to music.<sup>30</sup>

Die Kodierung dieses melodisch-rhythmischen Steuerungssystems, das heißt die exakten Frequenzen der einzelnen Steuertöne, wurde – sicherheitstechnisch betrachtet etwas sorglos – gleich offen gelegt und in traditioneller Musiknotation mitgegeben. Man kann sich gut vorstellen, dass gerade solche spielerischen Werbeanzeigen für nicht wenig Resonanz in den unterschiedlichsten Leserkreisen der populär-wissenschaftlichen Zeitschrift, in der sie geschaltet wurden, sorgten. Knapp zwanzig Jahre später konnte der wissende Amateur, durch das gezielte Einspielen von Tonhöhen in Telefonhörern oder das Rhythmisieren des Gesprächsunterbrechers Ferngesprächsleitungen kostenlos benutzen,

Above is the Bell System's new "musical keyboard." Insert shows the digits of telephone numbers in musical notation, just as they are sent across country.

### Playing a tune for a telephone number

Before you talk over some of the new Bell System long distance circuits, your operator presses keys like those shown above, one for each digit in the number of the telephone you are calling. Each key sends out a pair of tones, literally setting the number to music.

In the community you are calling, these tones activate the dial telephone system, to give you the number you want. It is as if the operator reached across the country and dialed the number for you.

This system, one of the newest developments of Bell Telephone Laboratories, is already in use on hundreds of long distance lines radiating from Chicago, Cleveland, New York, Oakland and Philadelphia, and between a number of other communities.

It will be extended steadily in other parts of the country—a growing example of the way Bell Telephone Laboratories are ever finding new ways to give you better, faster telephone service.

**BELL TELEPHONE LABORATORIES**  
Exploring and inventing, devising and perfecting, for national improvements and economies in telephone service

Abb. 2 Musiksynthesizer zur Steuerung von Telefonschaltzentralen, 1950

<sup>25</sup> Kempster B. Miller, *Telephone Theory and Practice. Automatic Switching and Auxiliary Equipment*, Bd. 3, New York/London (McGraw-Hill) 1933, 22.

<sup>26</sup> Ebd., 12.

<sup>27</sup> Ebd., 13.

<sup>28</sup> Ebd., 15.

<sup>29</sup> C. A. Dahlbom, A. W. Horton (Jr.), D. L. Moody, *Application of Multifrequency Pulsing in Switching*, in: *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, 68/1, July, 1949, 392–396.

<sup>30</sup> Werbeanzeige der Bell Telephone Laboratories: *Playing a Tune for a Telephone Number*, in: *Popular Science*, 156/2, Feb., 1950.

neue Nummern wählen, Telefonkonferenzen schalten und andere erstaunliche Dinge tun. Solche medienästhetischen Praktiken wurden in den 1970er Jahren im populären Jargon nordamerikanischer Großstädte Phreaking, eine Wortkombination von *phone* mit *freak*, genannt.<sup>31</sup>

Die rhythmische Generierung elektrischer Impulsfolgen ermöglichte indes nicht nur das Verschalten von Telefonleitungen, sondern mit ihnen konnte auch gerechnet werden. Nicht zufällig waren es vor allem die Bell Telephone Laboratories, die die Entwicklung des digitalen Rechners vorantrieben. Im Herbst 1937 begann Georg Stibitz in den *Bell Labs* mit dem Bau einer konkreten Rechenmaschine, die auf binärer Logik basierte. Der Complex Number Computer, später schlicht *Model I* genannt, war kein Universalrechner. Seine Additionseinheiten waren jedoch die Vorläufer der NAND-Gatter, die ab den 1970er Jahren millionenfach in den Halbleiterchips eingesetzt wurden. Der Rechner der Bell Labs war ein Erzeugnis aus dem Geist des Telefonnetzwerks. Folgerichtig konnte die Maschine über das Telefonnetz durch rhythmisierte Signale gesteuert werden. Am 11. September 1940 tagte die American Mathematical Society am Dartmouth College in Hanover, etwa 300 km nördlich von Boston, wo die Prinzipien der Rechenmaschine präsentiert wurden. Dabei konnten die Anwesenden, darunter Norbert Wiener, John von Neumann, John Mauchly, Paul Erdős und andere prominente Mathematiker, über ein Terminal – eine Variante des telegrafierenden Telefonendgeräts – Rechenaufgaben eingeben, die dann über das Telefonnetzwerk an die Maschine in New Jersey gesendet wurden. Norbert Wiener schien von diesem rechnenden, zugleich aber auch telefonischen, signalbasierten Maschinennetzwerk sehr beeindruckt gewesen zu sein.<sup>32</sup>

Nahezu übereinstimmend unverzüglich wie bereits bei der Verbreitung des Telefons 1876, erschienen Ende der 1940er Jahre, einige Jahre nach der Fertigstellung der ersten Großrechner, die auf Elektronenröhren basierten, Verstärker-Lautsprecher-Systeme, die die unmenschlich schnellen Rechenprozesse der Großrechner in hörbare, hochfrequente Melodien, Piepser, Rauschen und Rhythmen verwandelten. Louis D. Wilson, einer der Ingenieure des BINAC, bereits 1946 Teilnehmer der Moore Summer School, an der die Grundprinzipien des speicherprogrammierten Computers diskutiert wurden, erinnert sich 1990 an die Entstehung seiner auditiven Medienpraxis und -ästhetik:

When we were testing BINAC out, we were working two shifts and we worked all night long, and we had a radio going. After a while we noticed that you could recognize the pattern of what was happening at the moment by listening to the static on the radio. So I installed a detector in the console and an amplifier and a speaker so that you could deliberately listen to these things.<sup>33</sup>

Im UNIVAC-1, einer Weiterentwicklung des BINAC, wurde der Lautsprecher direkt an den *high speed bus* angeschlossen.<sup>34</sup> Die Ästhetisierung einiger Rechen- und Schaltprozesse des Großrechners ermöglichte es den Ingenieuren und

<sup>31</sup> Claus Pias, *Der Hacker*, in: Eva Horn, Stefan Kaufmann, Ulrich Bröckling (Hg.), *Grenzverletzer. Figuren politischer Subversion*, Berlin (Kadmos) 2002, 248–270, hier 257ff.

<sup>32</sup> Paul E. Ceruzzi, *Reckoners. The Prehistory of the Digital Computer, from Relays to the Stored Program Concept, 1935–1945*, Westport, CT (Greenwood Press) 1983, 93.

<sup>33</sup> UNIVAC Conference, OH 200. Oral history. 17–18 May, University of Minnesota, Minneapolis 1990, 72.

<sup>34</sup> *Univac-1 Maintenance Manual. For Use With Univac I Central Computer*, New York (Remington Rand Univac) 1958, 22 (Kap. 2).

Ingenieurinnen nicht nur ihre Testprogramme in Echtzeit zu überwachen, sondern auch Programmierer und Programmiererinnen konnten den Rechenprozessen ihrer selbstgeschriebenen Programme zuhören. Diese auditive, medienästhetische Praxis ist mehrfach belegt und wurde zwischen 1950 bis 1965 weltweit an diversen Großrechnern erprobt.<sup>35</sup> Um die maschinischen Prozesse, die bekanntlich auf Elektronenröhrentechnologie basierten, zu ästhetisieren, wurden wiederum Elektronenröhren, diesmal nicht zur Verschaltung, sondern für die Verstärkung, benutzt. Diese rekursive Vorgehensweise induzierte eine Medienästhetik, die ein paar Jahre später zur Computermusik wurde.<sup>36</sup>

1920 beschreiben Alexander Forbes und Catherine Thacher von der *Harvard Medical School* mit Röhrenverstärkern operierende, neurophysiologische Experimentalsysteme, welche einen Lautsprecher für die auditive Versinnlichung der Signale einsetzen.<sup>37</sup> Rund zehn Jahre später betonte Edgar D. Adrian<sup>38</sup> die Wichtigkeit einer hörenden Neurowissenschaft:

[...] we can often learn something more if the amplified potential changes are made audible as well as visible, and this can be done, if the changes are rapid enough, by leading them into telephones or a loudspeaker.<sup>39</sup>

Eine weitere Passage beschreibt die neurologischen Vorgänge bei der Verletzung einer Nervenleitung:

The frequency rises to 500-800/sec. and the loudspeaker record changes from a low note to a high-pitched wail with more and more fibres taking up the cry as they feel the effects of the injury. Eventually the frequency in each fibre declines again and there is the same abrupt change from the regular to the irregular discharge below 150 impulses a second.<sup>40</sup>

Der Lautsprecher – eine Variante des Telefonhörers – ist von den Experimentalsystemen der elektrophysiologischen Neurowissenschaften im 20. Jahrhundert nicht wegzudenken. In der pionierhaften Erforschung der visuellen Verarbeitung im Gehirn von Affen und Katzen durch David Hubel und Torsten Wiesel spielte die auditive Ästhetisierung eine konstitutive Rolle. Die Verfeinerung der Aufnahmetechnik einzelner Neuronen durch Verbesserung der Mikroelektroden ermöglichte es ihnen 1958, die bioelektrische Aktivität einzelner Neuronen im visuellen System von Katzenshirnen zu untersuchen. Ihr Experimentalsystem erwies sich als sehr stabil, so dass sie bis zu neun Stunden lang in ein einzelnes Neuron «hinein hören» konnten.

Most amazing was the contrast between the machine-gun discharge when the orientation of the stimulus was just right and the utter lack of a response if we changed the orientation or simply shined a bright flashlight into the cat's eyes.<sup>41</sup>

Ihre berühmt gewordene Publikation von 1959 zeigt zahlreiche Visualisierungen der aufgenommenen Impulse und ihre Relation zu den «rezeptiven Feldern» der Neuronen. Die einflussreiche auditive Erfahrung wurde jedoch verschwiegen.<sup>42</sup>

<sup>35</sup> Dazu ausführlicher Miyazaki, *Algorhythmisiert*, 78ff.

<sup>36</sup> Shintaro Miyazaki, 1800 | 1878 | 1949 | 1977 | 2012. Medienarchäologische Da capo-Variationen zum Musikbegriff, in: positionen. Texte zur Aktuellen Musik, 20, 2012, 11–13, hier 12.

<sup>37</sup> Alexander Forbes, Catherine Thacher, Amplification of action currents with the electron tube in recording with the string galvanometer, in: *The American Journal of Physiology*, 52/3, July, 1920, 409–471. Vgl. die Vorarbeit des deutschen Physiologen R. Höber, Rudolf Höber, Ein Verfahren zur Demonstration der Aktionsströme, in: E. Abderhalden, A. Bethe, R. Höber (Hg.), *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, Bd. 177, Berlin (Julius Springer) 1919, 305–312.

<sup>38</sup> Nobelpreisträger für Medizin 1932 (zusammen mit Charles S. Sherrington).

<sup>39</sup> Edgar D. Adrian, *The Mechanism of Nervous Action. Electrical Studies on the Neurone*, Philadelphia (Univ. of Pennsylvania Press) 1932, 6.

<sup>40</sup> Ebd., 32.

<sup>41</sup> David H. Hubel, *Eye, Brain, and Vision*, New York (W. H. Freeman (Scientific American Library)) 1988, 69. Weitere Stellen, wo der hörende Nachvollzug neuronaler Aktivität beschrieben wurde, wären, Ebd., 40 und 77.

<sup>42</sup> David H. Hubel, Torsten N. Wiesel, Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex, in: *The Journal of Physiology*, 148/3, 1959, 574–591.



Weitere «Anhörungen» der Mediengeschichte würden zusätzliche Beispiele für medial bedingte, auditive Wissenspraktiken und -kulturen offenlegen, die die Grundlagen für eine Theorie signalwissenschaftlich informierter Medienästhetiken bilden könnten. Entlang der Mediengeschichte der kurzlebigen, instabilen Praktiken und Ästhetiken auditiver Wissensprozesse lässt sich eine Geschichte der hörenden Maschinen schreiben, die die hörende Operativität der mit ihnen arbeitenden Dienstleister, Wissenschaftler, Ingenieure und Programmierer zunehmend ersetzte. Der Telegrafist wurde durch den automatischen Fernschreiber ersetzt, die Operateurinnen der Telefonschaltzentralen durch automatische Verschaltungszentralen und der hörende Wartungsingenieur früher Großrechner durch Operationssysteme. Hörende Neurowissenschaftler gibt es zuweilen immer noch, wobei seit dem Aufkommen von Computern, digitalen Signalverarbeitungssystemen und der Entwicklung komplexer Systeme der Softwareanalyse die Lautsprecher nur der unmittelbaren Überprüfung der Präsenz von neuronaler Aktivität dienen. Andere ursprünglich hörende Wissensfelder, wie das Sonar<sup>43</sup> oder die medizinische Auskultation, wurden seit den 1980er Jahren durch bildgebende Verfahren ersetzt. Zugespielt formuliert wurde im Laufe der Geschichte technischer Medien die Wichtigkeit auditiver Wissensproduktion vergessen und durch die Anschaulichkeit und Objektivität visueller Schnittstellen verdeckt.<sup>44</sup>

#### 4. Medienästhetik gegen das Vergessen

Der Philosoph Gilbert Simondon schrieb Ende der 1950er Jahre, dass der Mensch unter technologischen Bedingungen zum «Übersetzer der Maschinen untereinander» werden muss, denn er ist «mitten unter den Maschinen, die mit ihm handeln und wirken.»<sup>45</sup> Im Zuge einer Medienästhetik, die mit der starken Bedeutungsvariante von Medium/Medien ernst macht und dies unter Anhörung avancierter Maschinennetze neu reflektieren will, gilt es solche Übersetzungsleistungen nicht nur instrumental zu betrachten, sondern eine Sensibilität für ihre Medialität zu kultivieren und sie «aktiv» zu analysieren.

Wie die vorliegenden Ausführungen gezeigt haben, spielten auditive, signalbasierte Ästhetisierungen bei den mannigfaltigen Übersetzungs- und Verhandlungsprozessen,<sup>46</sup> die in den Experimentalsystemen – seien es jene der Natur- oder Ingenieurwissenschaften oder jene der Künste oder Subkulturen – passieren, stets zentrale Rollen.

Ein Experimentalsystem, in dem langsam ein Wissenschaftsobjekt Konturen gewinnt in dem Sinne, daß bestimmte Signale reproduzierbar gehandhabt werden können, muß gleichzeitig Fenster öffnen, in denen neue Signale sichtbar werden.<sup>47</sup>

«Bestimmte Signale», wie es der Wissenschaftshistoriker Hans-Jörg Rheinberger formulierte, können durch Experimentalsysteme reproduzierbar, das heißt meist sichtbar gemacht werden. Es wurde gezeigt, dass bei solchen kritischen

<sup>43</sup> Dazu ausführlicher 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.

<sup>44</sup> Zur Verschränkung von Wissensproduktion und Bildmedien, Lorraine Daston, Peter Galison, *Objectivity*, New York (Zone Books) 2007 und Horst Bredekamp, Birgit Schneider, Vera Dünkel, *Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder*, Berlin (Akademie) 2008.

<sup>45</sup> Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 11.

<sup>46</sup> Peter Galison, *Computer Simulation and the Trading Zone*, in: Peter Galison, David J. Stump (Hg.), *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power*, Stanford, CA (Stanford Univ. Press) 1996, 118–157.

<sup>47</sup> Hans-Jörg Rheinberger, *Experiment. Differenz. Schrift. Zur Geschichte epistemischer Dinge*, Marburg an der Lahn (Basiliken-Presse) 1992, 27.

Prozessen oft das Sehen und die damit einhergehende ›Objektivität‹ der Dinge durch das Hören ergänzt wurde. Objekte werden damit zu Signalquellen. Besonders die im 21. Jahrhundert nahezu ubiquitären elektronischen und elektromagnetischen Medientechnologien erfordern ein Abkommen vom Ding und eine Hinwendung zum Signal. Bereits in den 1950er Jahren stellte Gaston Bachelard (1884–1962) fest, dass Elektronen Dinge sind, die Nicht-Dinge sind,<sup>48</sup> und dass es hinter dem Attribut Elektrizität keine Substanz namens Materie gibt.<sup>49</sup> Trotzdem sorgen einige Elektronen für Effekte, die, wie gezeigt wurde, durch zahlreiche medienästhetische Transformationen genauso gut, wenn nicht sogar optimaler durch das Ohr wahrgenommen werden können.

Um das Sehen zu erforschen, mussten Wissenschaftler nicht etwa besser sehen, sondern teilweise blind werden. Die biophysikalische und neurologische Basis des Sehens, das durch Schulung zur Theorie als Anschauung wird, ist das komplexe Zusammenspiel neuronaler Netzwerke im visuellen Cortex des menschlichen Gehirns. Für ihre Erforschung wurden, wie angedeutet, nicht nur die Sichtbarmachung bioelektrischer Phänomene, sondern gleichzeitig auch ihre Hörbarmachungen essentiell. Nicht zufällig gehören Hörmedien wie das Cochlea-Implantat zu den ersten klinisch etablierten und massenhaft eingesetzten Gehirn-Computer-Schnittstellen.<sup>50</sup>

Die Ubiquität multiskalarer Netzwerke erfordert eine multiskalarisch und multisensorisch vorgehende Medienästhetik. Dazu gehört neben der Visualisierung ihrer Strukturen gleichsam die multiskalarisch vorgehende ›Anhörung‹ der Signale, die in solchen Netzwerken prozessiert werden. Der Versuch sprachlose, blinde, aber nicht gehörlose Zugriffsweisen auf Medientechnologien und ihre Netzwerke anzuwenden provoziert beim Medienwissenschaftler aktive Leistungen, die über die Analyse hinausgehen und Synthesen benötigen. Ohne das Eingreifen, Auseinandernehmen, Abhören, Aufnehmen und Abspielen, ohne medienepistemologisches ›reverse engineering‹,<sup>51</sup> die damit einhergehende Gestaltung<sup>52</sup> eigener, ästhetisierender Experimentalsysteme und die damit verknüpfte signalwissenschaftlich informierte Medienästhetik können hochtechnische Medienprozesse, die die menschliche Wahrnehmung unterlaufen, gar nicht verstanden, theoretisiert oder historisiert werden.<sup>53</sup> Dies gilt idealerweise sowohl für historische, als auch aktuelle Medien.

Um die Ästhetik von Medien und die damit verknüpften Wissenskulturen, epistemischen Konzepte und Machtverhältnisse zu analysieren, müssen, neben der Anwendung herkömmlicher, geisteswissenschaftlicher Methoden, Bauteile gelötet, Platinen geätzt und Programme geschrieben werden. Nicht nur Telefone, Spulen, Antennen<sup>54</sup> oder andere transduktive<sup>55</sup> Sensoren in Kombination mit analogen Verstärkerschaltkreisen, Lautsprechern und Bildröhren sollen herangezogen werden, sondern die elektronischen und elektromagnetischen Signale in den Schaltungen, Netzwerken und Umwelten der Medien müssen per Analog-Digital-Wandlung durch zeichenprozessierende, digitale Softwareapplikationen erfasst, analysiert und als Audiovision ästhetisiert werden.

<sup>48</sup> Gaston Bachelard, *Epistemologie. Ausgewählte Texte*, Frankfurt/M. (Ullstein) 1974, 65 (*Épistémologie*, Paris 1971).

<sup>49</sup> Ebd., 59.

<sup>50</sup> Roland Mühler, Michael Ziese, *Technischer Leitfaden Cochlea Implantat*, Magdeburg (Universitäts-HNO-Klinik Magdeburg) 2010. Eine biopolitisch inspirierte Medienarchäologie dieser Neurotechnologie unternahm Mara Mills. Siehe Mara Mills, *Do Signals have Politics? Inscribing Abilities in Cochlear Implants*, in: Trevor Pinch, Karin Bijsterveld (Hg.), *The Oxford Handbook of Sound Studies*, Oxford (Oxford Univ. Press) 2012, 320–346.

<sup>51</sup> Wolfgang Ernst, *Media Archaeography. Method and Machine versus History and Narrative of Media*, in: Erkki Huhtamo, Jussi Parikka (Hg.), *Media Archaeology. Approaches, Applications, and Implications*, Berkeley, CA (Univ. of California Press) 2011, 239–255, hier 239.

<sup>52</sup> Wolfgang Schäffner, *The Design Turn. Eine wissenschaftliche Revolution im Geiste der Gestaltung*, in: Claudia Mareis, Gesche Joost, Kora Kimpel (Hg.), *Entwerfen – Wissen – Produzieren. Designforschung im Anwendungskontext*, Bielefeld (Transcript) 2010, 33–45, hier 37.

<sup>53</sup> »[T]heoria meint daher nicht allein die ›betrachtende Schau‹ von Medien; um damit Einsicht zu erlangen, bedarf es der medialen Intervention [...]«, Wolfgang Ernst, *Medienwissen(schaft) zeitkritisch. Ein Programm aus der Sophienstrasse. Antrittsvorlesung*, Berlin (Humboldt Univ.) 2004, 13.

<sup>54</sup> Vgl. das Projekt »Detektors« entwickelt vom Verfasser in Zusammenarbeit mit Martin Howse, [www.detektors.org](http://www.detektors.org), gesehen am 30.08.2012.

<sup>55</sup> Vgl. Gilbert Simondons Philosophie der Transduktion, Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, 131.

<sup>56</sup> Das Archivobjekt mit der Inventurnummer B 2012.0055 /1–5 mit dem Eintrag «Modularer Synthesizer aus dem Besitz von Friedrich A. Kittler», Deutsches Literaturarchiv Marbach zeigt, dass Kittler sein Experimentalsystem wirklich baute. Es weist auf seine vielfältigen Überlegungen und Entwurfsarbeiten hin, die manchmal nicht realisiert wurden.

Abb. 1 zeigt, dass in der deutschsprachigen, diskursanalytischen Medienwissenschaft Ähnliches bereits Ende der 1970er Jahre von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter am deutschen Seminar der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg erprobt wurde. Die Fotokopie zeigt das schaltungstechnische <Design> der Platine eines Klangfilterelements für einen modularen Musiksynthesizer, der aber später, Ende der 1980er Jahre, mit einem Mikrocomputer als «Programmiergerät» des Synthesizers verschaltet werden sollte.<sup>56</sup>

---