

## Die Scheinbarkeit des "Live"

Irritationen der Gegenwartswahrnehmung durch präsenzerzeugende Medien [1]

*Wolfgang Ernst (Berlin)*

### "His Master's Voice": (A)Live oder *dead*?

Es bedeutete Ende des 19. Jahrhunderts einen - bis heute nicht wirklich durchgearbeiteten - Choque im kulturellen Unterbewußtsein, als Menschen oder andere Lebewesen durch das Telephon und den Phonographen in die Lage versetzt wurden, reale Stimmen von räumlich oder gar zeitlich Abwesenden zu vernehmen. Francis Barrauds Gemälde von 1895 zeigt eine medienarchäologische Urszene: den Hund namens Nipper<sup>[2]</sup>, der am Trichter eines Phonographen der Stimme seines Herrn lauscht. Das Motiv ist (unter Ersatz des Reproduktionsmediums durch sein technisches Nachfolgemodell, das Grammophon) zum Markenzeichen des Plattenlabels HMV (His Master's Voice) geworden.<sup>[3]</sup>

"We cannot distinguish through our senses alone between what we take to be simply 'alive' and what as reproduction, separated from its origin, is structurally posthumous"<sup>[4]</sup>. Genau dies hat Jacques Derrida in seiner *Grammatologie* als ursprüngliche Iteration identifiziert. Er klingt aus dem Trichter eine Menschen- oder Maschinenstimme? Das Gehör des Hundes (seine Signalwahrnehmung) ist irritiert. Diese Irritation widerfährt Menschen ebenso: einmal auf der synchronen Ebene des Mensch-Maschine-Interface, doch ebenso im diachronischen Zeitfeld. Gleich dem elektromagnetischen Feld vibriert eine Stimme, die nicht körperlos ist, sondern ihren Körper von einem biologischen in den medientechnischen Leib gewechselt hat, immerfort gleichursprünglich zur Signalquelle. Der Träger von "His Master's Voice" aber ist nicht nur räumlich entfernt, sondern möglicherweise schon tot. Das glattpolierte Holz, auf dem im Originalbild die Hund-Maschine-Kopplung aufgestellt ist, ist als Sargdeckel deutbar; das Reale der Stimme bleibt auch im technischen Medium bei der Leiche. Das ultimative Kriterium aller bisherigen Gegenwartswahrnehmung, die Unterscheidung von Leben und Tod, wird durch Aufzeichnungsmedien zum Turing-Test von Gegenwärtigkeit: zur Frage nach dem Lebendigkeitsstatus des akustischen Phänomens. Es kommt mit der Affizierung des inneren Zeitbewußtseins von Menschen durch Signaltechnik zu einer fundamentalen ontologischen Verstimmung: Sinnlich vernommen wird die Präsenz einer Menschenstimme, aber kognitiv realisiert wird gleichzeitig ihre Abwesenheit - als Vergangenheit, gar als Tod oder in anderen Formen von Absenz. Hier eröffnet sich eine traumatische Dissonanz zwischen innerem Zeitbewußtsein und objektiv vernommener Zeit. Hinsichtlich des Zeitkanals von Stimmübertragung findet hier eine Wahrnehmungsirritation statt, die Maurice Blanchot anhand des Sirenen gesangs in Homers *Odyssee* diagnostizierte: Es klingt wie das Süßeste am Menschen, und doch weiß Odysseus um die Monstrosität respektive Technizität der Klangquelle. Obgleich die Sirenen rein tierischer Natur sind, könnten sie so

betörend wie nur Menschen überhaupt singen. Dies führt die Hörer am Ende zu der perfiden Vermutung, "jeder menschliche Gesang sei im Grunde nicht menschlich".<sup>[5]</sup> Im Zeitalter medienbasierter *live*-Übertragung trauen wir der Gegenwart selbst nicht mehr.

Die Edison Company feierte das, was in der Literatur der Romantik noch als Motiv des Unheimlichen und des Untoten verhandelt wurde, als Fortschritt durch Technik. Um das Publikum von der sonischen Treue phonographisch dargebotener Reproduktion von Musik zu überzeugen, inszenierte sie 1916 eine medientheatralische Experimentalanordnung in New Yorks Carnegie Hall, indem der Gesang einer wirklichen Sängerin mit der Aufnahme ihres Gesangs aus einem Phonographen konkurrierte. Ein Zeitgenosse beschreibt es so:

Mme. Rappold stepped forward, and leaning one arm affectionately on the phonograph began to sing an air from "Tosca." The phonograph also began to sing "Vissi d' Arte, Vissi d'Amore" at the top of its mechanical lungs, with exactly the same accent and intonation, even stopping to take a breath in unison with the prima donna. Occasionally the singer would stop and the phonograph carried on the air alone. When the mechanical voice ended Mme. Rappold sang. The fascination for the audience lay in guessing whether Mme. Rappold or the phonograph was at work, or whether they were singing together.<sup>[6]</sup>

Medienakustik führt zur Verunsicherung anthropozentrischer Gegenwartswahrnehmung. Zu einer anderen Inszenierung von menschlicher Stimmperformance *versus* apparativer akustischer Artikulation heißt es im gleichen Jahr im *Boston Journal*: "It was actually impossible to distinguish the singer's living voice from its re-creation in the instrument."<sup>[7]</sup> Das Wunder der gelingenden Stimmreproduktion hat die damaligen Ohren offenbar in einer Weise betört, die uns heute ob der offensichtlich bandbegrenzten und signalverrauschten Dynamik befremdlich erscheinen mag. *Präsenz* aber meint in der Telephon- und Funktechnik in aller medienarchäologischen Nüchternheit tatsächlich schlicht den für die Sprachverständlichkeit bedeutenden Frequenzbereich zwischen 1 kHz und 5 kHz<sup>[8]</sup>. Solch dürftiger Bandbreite bedarf es in dem, was durchklingen muß, um Kommunikation für menschliche Wahrnehmung als vokale *liveness* gelingen zu lassen. Der Chrono-Sirenismus von *His master's voice* ist die durch technische Speicherung und Reproduktion induzierte, präsenzerzeugende "Illusion von Dabeisein" (Peter Wicke). Stand die menschliche Stimme logozentrisch die längste Zeit für den Eindruck unmittelbarer körperlicher Präsenz, führte die Möglichkeit ihrer nicht bloß symbolischen, sondern signaltechnischen Aufzeichnung zur Verunsicherung der Metaphysik der Präsenz.

Thomas Manns Tagebuch aus dem Jahr 1901 beschreibt das Erlebnis eines Tenors, der in Bremen Richard Wagners *Lohengrin* sang. Eine gegenwärtige Radiosendung<sup>[9]</sup> vermag zu diesem Zitat die passende Aufnahme, nämlich den wie auch immer verrauschten phonographischen O-Ton desgleichen Tenors in einer Aufnahme von 1901 zu senden - der ganze Unterschied zur bloß symbolischen Aufzeichnung dieses Stimmereignisses im Code des Alphabets. Wir heutigen Hörer haben damit unversehens Anteil an der physikalischen Aktualpräsenz einer Stimme von 1901, die nicht erst in unserer Imagination oder als Gehör-Halluzination, sondern physiologisch tatsächlich im musikalischen Vernehmen zustandekommt, *gleichursprünglich*. Fortwährend artikuliert die Medienperformance ihr Veto gegen die Historisierung dieser Vergangenheit. Der Ton als aufgezeichneter ist im Moment der

Reproduktion so gegenwärtig wie jedes andere Jetzt. Pointiert gilt für die wesensverwandten klassischen Analo­gspeichermedien Phonographie und Kinematographie: Mag es auch knacken und klirren, oder das Bild flimmern und verrauscht sein - in erstaunlichem Maße beeinträchtigt dies kaum unsere Ergriffenheit im Moment des Erklingens und Erscheinens.

Indem akustische oder visuelle Speichermedien unmittelbar die menschliche Wahrnehmung zu massieren vermö­gen, geschieht hier eine radikale Enthistorisierung der aufgenommenen Sinnesdaten. Sie werden als Gegenwart verarbeitet, selbst wenn das Speichermedium (und dessen Abspielgerät) aus der Vergangenheit stammen. Allein die Paratexte oder Metadaten, also das supplementäre Regime des Symbolisch-Archivischen, oder das entropische Rauschen (das zeitphysikalisch Reale der analogen Medien), machen unterscheidbar, daß das Gehörte oder Gesehene nicht *live* gesendet, sondern aus einem technischen Speicher wiedergegeben wird. Das Medium ereignet sich auf der Ebene des Zeitreals. Die medieninduzierte Urzscene der Irritation des menschlichen Zeitsinns durch die Illusion des "live" wiederholt sich fortwährend. Technische Medien verneinen von der Zeitweise ihres Wesens her die Vergangenheit; allein aufgrund ihrer materiellen und prozessualen Implementierung haftet stimmförmigen Signalen ein historischer Index an. Das *live*-Mysterium der medienphysikalisch realen Aufzeichnung der menschlichen Stimme untertunnelt seitdem die bislang intakte phonozentristische Vereinbarung der abendländischen Kultur.

## Das Wunder des technisch gelingenden Tons

Eine Sequenz aus dem Film über Alan Lomax, der als erster bewaffnet mit technischem Gerät die Blues-Songs und andere rein orale Formen populärer Musik bannte und für die Library of Congress auf Tonträger archivierte, zeigt rückblickend einen Mitstreiter, der ein solches Tonband auf seinem Gerät wieder einspielt.[\[10\]](#)

Was wir hier in kürzester Zeit, in einer Art Vergegenwärtigungsgeste sehen, ist die Transformation oder gar Transsubstantiation der symbolischen Ordnung - also des alphabetischen und archivischen Gedächtnisses - über das Ereignis der technischen Präsenzerzeugung des akustisch realen Klang hin zum Imaginären, erkennbar am verklärten Blick des Hörers, der sich letztendlich im Geschehen des Songs selbst vertieft und dessen klangtechnische Bedingung (das Speichermedium sowie den Lautsprecher) vergisst. Im Moment, wo von Chromdioxid menschliche Stimmen erklingen, verklärt sich auch die Wahrnehmung des Hörers.

Es ist die Zeitbegabung hochtechnischer Medien, denen sich solche Effekt von "liveness" verdanken: eine elektronische Zeitgabe, nicht minder chronopoetisch wie ein notorisches Motiv in Marcel Prousts *Suche nach der verlorenen Zeit* - der Geschmack der Madeleine. Dieser ebenso technisch-operative wie psychophysiologische "live"-Affekt, also das phänomenologische Moment der Mensch-Medien-Interaktion[\[11\]](#), unterscheidet sich von jenem *punctum*, das Roland Barthes beim Anblick einer frühen Photographie seiner Mutter ereilt. Kein *alive*; eine verblichene Photographie ruft nicht die Vergangenheit als Gegenwart ab. "Die Wirkung, die sie <...> ausübt, besteht nicht in der

Wiederherstellung des (durch Zeit, durch Entfernung) Aufgehobenen" <Barthes 1985: 92>. Die Botschaft dieses Speichermediums ist das Gegenteil von Lebendigkeit; das *punctum* daran sagt: "dies ist tot und dies wird sterben" <Barthes 1985: 196>.

In technisch operativen Medien hingegen ist eine Form von Gedächtnis aufgespeichert, das sich nach einem anderen zeitlichen Rhythmus artikuliert als das historische Denken es uns lehrt. In der TV-Sendung eines klassischen Spielfilms vermag ein Hollywoodstar zu rühren, durchzuscheinen wie das platonische *ekphainestaton*, trotz des Wissens des Betrachters um das halbe Jahrhundert Differenz, das inzwischen vergangen ist. Unvergangen, aufgehoben, zeitverschoben und erhaben ist eine Gegenwart im Speichermedium Film. Gerade weil technische Speichermedien audiovisuelle Signale realphysikalisch aufzuspeichern vermögen, reagiert der menschliche Wahrnehmungsapparat darauf physiologisch natürlich wie auf alle anderen gegenwärtige Licht- und Tonsignale - ein Zeitzustand medialer Gegenwart, eine unvordenklich gegenwärtige Adressierung der Sinne aus dem Speicher. Es ist allein das Rauschen der damaligen Aufnahmeapparaturen, das Historizität als Spur des Realen in sich birgt. Aus dem Magnetophon, wenn es aktuell betrieben wird, also unter Strom steht, ertönt eben nicht die allein kognitiv assoziierte Historizität der aufgezeichneten Musik und Sprache, sondern die je aktuelle Wiedergabe. Elektronische Speichermedien *erzeugen* eine Gegenwart der Vergangenheit, weil durch Induktion vergangene Signale unsere Sinnesnerven aktuell zu adressieren vermögen.

## Symbol *versus* Signal: Hängt das "live" am Analogen?

Seitdem das, was an der menschlichen Kultur bislang als das Flüchtigste galt - Stimme und Musik, aber auch das augenblickliche oder bewegte Bild -, mit dem Phonographen, der Photographie, der Kinematographie, dem Magnetophon und dem Videorecorder aufgespeichert und reproduziert werden kann, wird die temporale Fuge beherrschbar. "Beim schriftlichen Text liegt die konkrete Aktualisierung ganz auf seiten des Rezipienten <...>. Die elektronischen Medien aktualisieren von sich aus das Geschehen bzw. Aufgenommene."<sup>[12]</sup> Ein elektronischer Tonträger vermag Frequenzen als "gegenwärtige" zu reproduzieren (also für menschliche Sinne einen Gegenwartseindruck zu generieren), obgleich er als Speichermedium an sich historisch ist. So kommt eine genuine Medienzeit zu ihrem Recht.

Es macht einen Unterschied, ob die operative Vergegenwärtigung erst im den Köpfen und Körpern der Menschen geschieht, oder von diesen Dingen selbst geleistet wird, als genuine und exklusive medientechnische Vergegenwärtigung, die von der menschlichen Gegenwart nur noch angestoßen werden muß - am Stromschalter. Im Unterschied zu alphabetbasierten Formen der Aktualisierung von Vergangenheit (etwa durch die Lektüre eines Buches, also erst unter Einsatz menschlicher Symbolverarbeitung) sind hochtechnische, signalverarbeitende Medien radikal gegenwärtig *an sich*.

"Decoding symbolic forms such as <...> written words is no longer our most significant problem"; elektronische Signalübertragung in Medien gleicht sich hier der sensorischen und neuronalen Wahrnehmung selbst an: "Since they do not undergo a symbolic transformation, the original experience

is more directly available to us than it is recalled" <Schwartz 1974: 24>. Für die Welt des digital kodierten Computers als symbolischer Maschine, gilt diese gegenwartserzeugende Macht jedoch nicht minder. Die Differenz von analogem Signal und diskretem Symbol wird durch A/D-Wandlung auf Basis des technomathematischen Samplings in einer Weise unterlaufen, die unsere Gegenwartswahrnehmung betrügt.

## **Zeitschleifen: *Krapp's last tape***

Ein starker Begriff von Medientheater heißt, daß Medien hier selbst als Protagonisten fungieren. Im Unterschied zur lediglich mediengestützten Performance auf der Bühne vermögen AV-Medien auch selbst als Hauptdarsteller zu agieren. Ein schlagendes Beispiel dafür ist Samuel Becketts Einakter *Krapp's Last Tape* von 1959. Beckett inszeniert die hybride Kommunikation zwischen einem menschlichen Schauspieler und einem un-menschlichen Mitspieler auf der Bühne, verkörpert durch die Realpräsenz<sup>[13]</sup> eines Tonbandgeräts.<sup>[14]</sup> Krapp läßt die Tonbandspule Stimmströme induzieren, die zum Teil Jahrzehnte zuvor dem Magnetband niederfrequent aufgeprägt wurden - und zwar als akustisches Tagebuch. Ein medienarchäologisch präziser analytischer Blick ist hier angebracht; für die Inszenierung macht es sehr wohl einen Unterschied, ob der humane Schauspieler eine Aufzeichnung seiner Stimme von Tonband oder von einem Phonographen hört. Die Tonspur vom Edisonzylinder oder von grammophoner Schellackplatte ist eine mechanische Fortschreibung von akustischer Schallwellen. Anders das elektronische Tonband: An die Stelle der schriftähnlichen Bahnung tritt hier eine elektromagnetische *Latenz* - eine sublimale Form von *live*. Physikalische Sprachsignale, also Funktionen der Zeit, werden hier induktiv in räumliche Speicherung auf Band transformiert. Die Bewegung dieses Speichers (das unterscheidet ihn vom klassischen Archiv) vermag dieser Lokalisation wieder genuine Zeitsignale zu entlocken.<sup>[15]</sup> Der technologische Akt der Anamnese ist hier ein dynamischer, im Unterschied zur statischen Fixierung von Notizen in Krapps Inventar. Erinnerung spielt sich hier nicht in einer räumlich-archivischen Topik, sondern in einem genuin technodynamischen Zeitfeld ab, näher am neuronalen Apparat der Gegenwartswahrnehmung des Menschen, als es je die Kulturtechnik der Schrift vermochte.

Was Krapp im Vernehmen seiner eigenen Jugendstimme von Tonband widerfährt, ist die Erfahrung einer Gleichzeitigkeit des Ungleichzeitigen; tatsächlich gelingt Präsenzerzeugung am Vorzüglichsten im signalakustischen Kanal.<sup>[16]</sup> Krapps Stimme von Band ist seine zeitverschobene akustische Person. Medientechnische Aufzeichnung macht die vormalige Unwiederholbarkeit eines Intervalls realer Präsenz invariant gegenüber der Zeitachse verschiebbar, aufgehoben in elektromagnetischen Feldern; somit deutet sich eine grundsätzlich neue Zeitordnung gegenüber der kulturell vertrauten historischen Zeit an. Die vertraute temporale Trias aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft wird buchstäblich unter der Hand (der manuellen Tonbandbedienung nämlich) durch zwei differente Zeitformen ersetzt, die realphysikalische Zeit und die aufgeschobene Zeit<sup>[17]</sup> - mithin ein neues *Zeitreal*, die Funktion einer mikrotemporalen Logik elektronischer Schaltungen als Verschiebung von Schwingungen. Solche Phasen wurden von Karlheinz Stockhausen in der Geburtsstunde der elektronischen Musik zum elementaren Kompositionseignis<sup>[18]</sup>, und seine medienmaterielle Bedingung ist das Tonband, worin

etwa die phonetischen Silben der Komposition *Gesang der Jünglinge* (1955/56) tatsächlich zu verfügbaren Gegenwartsmomenten werden. In aktueller Software ist solches Zeitverschiebewerkzeug zur digitalen Bearbeitung von Tonspuren längst Selbstverständlichkeit. Wird Technik (mit Martin Heidegger) erst einmal als "eine Weise des Entbergens" einer Präsenz erkannt<sup>[19]</sup>, eignet ihr die Macht, ein anderes Wissen von Gegenwart aufzudecken und andere Formen von Präsenz zu zeitigen - das unnatürliche Wesen des *live*.

Die bildelektronische Übertragung eines Gegenstands ist *live*, selbst wenn sich nichts bewegt und nur die Zeit selbst vergeht. Nam June Paik hat es in seiner *closed-circuit* Video-Installationen (etwa dem *TV Buddha*) installiert. Becketts finale Anweisung lautet: "Tape runs on in silence" - eine negative Form von Präsenz, *liveness* als dauerhafte Abwesenheit. Schon beim Abhören der Bänder tritt es zutage: In den Leerstellen, den Lücken, wird die Vergangenheit erst wirklich präsent <Lommel 2004: 255>. Medieninduzierte Erinnerung ist - frei nach G. W. F. Hegel - das *live*-Werden von Gedächtnis.

Genuin medieninduzierte Zeit in der Epoche analoger AV-Medien bedeutet hier, daß Krapp von Band seinem *alter ego* in einer Form sonischer Ich-Erkennung lauschen kann. Diese Möglichkeit steht und fällt mit einer unerbittlichen medienarchäologischen Bedingung: daß nämlich die von Band gehörte Stimme so nahe an *high fidelity* rückt, daß ihr technischer Charakter überhörbar wird. Dies ist der kritische Punkt, der Vorkriegs- von Nachkriegstonbändern trennt: Es war die Hochfrequenz-Vormagnetisierung, welche die Klangdynamik von Tonbandaufnahmen qualitativ vom rauschbehafteten in den nahezu klangreinen Bereich rücken ließ.<sup>[20]</sup> Mit akustischer Signalreproduktion in solcher Qualität fiel die sicher hörbare Unterscheidbarkeit einer *live*-Übertragung von einer Aufzeichnung fort. Dieser neue Typ von Tonband kam zum Einsatz im deutschen Reichsrundfunk nach 1940 und ließ die alliierten Abhörstellen fälschlich vermuten, daß dort auch nachts Orchester *live* spielten. Die Macht der Hochfrequenztechnik über menschliche Gegenwartswahrnehmung wurde so unbemerkt wirksam.

## Ent/fernung: Die Scheinbarkeit des *live* (Radio, Fernsehen)

Temporale Indifferenz, also die Aufhebung der Unterscheidbarkeit von Vergangenheit und Gegenwart, von *live* und *live from tape* gehört zum Zeitwesen technischer Medien. "Der Rundfunk als technisches Mittel zur Überbrückung beliebiger Entfernungen ist bei der direkten Sendung einer Gleichzeitigkeit des Hörvorganges mit dem Sendevorgang verhaftet."<sup>[21]</sup> Rundfunkmedien bilden ein zunächst speicherloses Gestell; die nahezu unmittelbare elektromagnetische Signalübertragung definiert ihre analogtechnische Zeitweise des *live*.

Zu den technischen Speichermedien realphysikalischer Ereignisse des 19. Jahrhunderts (also Photographie, Phonographie, Kinematographie) gesellten sich im 20. Jahrhundert die elektronischen Medien der reinen Übertragung, prominent darunter zunächst das Radio. Wolfgang Hagen hebt dessen technoessentielle *live*-Eigenschaft hervor:

Es wandelt Ton und Klang, überträgt ihn auch, aber es speichert nicht. Elektromagnetische Wellen wären der Speicher, aber die sind <...> nur relativistische Effekte einer elektrischen Energie. <...> Im einem streng formalen Sinn ist Radio <...> immer nur jetzt und nur jetzt, dieser Augenblick, unspeicherbar, gebunden an diesen, jetzigen Moment des Radiomedium-Ereignisses auf der fortlaufenden Zeitachse.[\[22\]](#)

Marshall McLuhans systematische Unterscheidung von "heißen" und "kalten" Medien läßt sich auf die medientechnischen Modi von Präsenzerzeugung und Zeitwahrnehmungsirritation übertragen - *live* ist zeitintensiv. Mit der magnetbandbasierten Aufzeichnung aber eröffnete sich der Radiosendung der Horizont der *zeitversetzten Ausstrahlung*[\[23\]](#).

Eine Funksendung läßt den Konsumenten nicht er-hören, ob es sich jeweils tatsächlich um eine *live*-Sendung oder ein Spiel aus dem Rundfunkarchiv handelt. In elektrotechnischer Hinsicht passiert in beiden Fällen strikt eine *live*-Übertragung, doch schon in der digitalen Kodierung kommt ein erstes Element von ultrakurzer Zwischenspeicherung (hörbar als Zeitverzögerung gegenüber dergleichen Sendung auf Analogradio) hinzu. Radio als Programm und Format ist ein beständiges Gemisch aus *live*-Sendung und Einspielung aus dem Tonarchiv; *live* und Tonträgerarchiv aber stellen lediglich zwei Extremwerte dessen dar, was differentiell immer schon verschränkt, in den Kategorien von Medienarchäologie also gar nicht grundverschieden ist. Dazwischen stehen Begriff und Praxis des *live on tape*; hier weist die Fernsehproduktion selbst auf die technische Gleichursprünglichkeit von aufgezeichneten Bildsignalen und ihrer *live*-Kameraübertragung hin. Für genuin elektronische Bilder gilt ebenso operativ wie phänomenologisch: "*Dargestellte Zeit* und *Zeit der Darstellung* sind nicht mehr zu scheiden."[\[24\]](#)

In der Livesendung ist die empfundene Gleichzeitigkeit keine Illusion, sondern - von einem verschwindenden elektronisch bedingten *Delta-t* abgesehen - übertragungstechnisch real. War bislang die Gegenwart von Wahrnehmung schon deshalb kategorial von der Vergangenheit getrennt, weil für flüchtige sprachliche oder musikalische Klänge keine Aufzeichnungsmöglichkeit existierte und der Zeitbegriff Vergangenheit damit geradezu eine Funktion entropischer Unwiederbringlichkeit war, wurde dieser kulturell selbstverständliche Begriff durch technische Aufzeichnungsmedien irritiert. 1941 schreibt Gert Eckert in *Der Rundfunk als Führungsmittel*: "Im Rundfunk <...> spricht, selbst wenn es auf Platte aufgenommen ist, das Ereignis in seiner unverfälschten Sprache zu uns."[\[25\]](#) Der Rundfunk wird hier zum Zeitführungsmittel und erzeugt den Eindruck von Realpräsenz auch dort, wo kein Körper real anwesend ist. Elektronische Speichermedien eröffnen den Horizont dilatorischer Zeit; hier existiert keine abrupte Trennung zwischen Vergangenheit (der Aufnahme) und Wiedergabe (Gegenwart), sondern ein transitiver Übergang vom technischen Signalcharakter der *live*-Übertragung zum aufgespeicherten Signal, denn der Prozeß ist prinzipiell der gleiche: elektromagnetische Induktion, das Modell einer relativisch verschränkten Prozessualität. Somit ist auch der Medienspeicher weniger ein Archiv denn vielmehr eine Form verlangsamer, zeitlich gedehnter Gegenwart der Übertragung, die sich potentiell zwischen punkthafter Plötzlichkeit und emphatischer Langzeit aufspannt, in jedem Fall aber ihr Übertragungswesen bewahrt.

Am Lautsprecher des Radios respektive am TV-Bildschirm vermag die menschliche Wahrnehmung nicht zu entscheiden, ob es sich um eine Übertragung aus der zeitlichen Nähe oder der (magnetophon

aufgezeichneten) Zeitferne handelt. Weil der auditive und der optische Sinn es zeitphysiologisch für gegenwärtig hält, muß eine Fernsehsendung den Aufzeichnungshinweis auf der symbolischen (also schriftlichen) Ebene als Information ausdrücklich einblenden: "Diese Sendung wurde aufgezeichnet". Es handelt sich im Moment der zeitversetzten Ausstrahlung einer Aufzeichnung um zugleich aufgehobene und aufgeschobene Zeit, um *différance*.[\[26\]](#) Die Aufzeichnung einer Radiosendung in eine dauerhafte Abrufbarkeit namens Speicher ist nicht das Gegenteil, sondern eine andere Weise von *live*-Übertragung.

Doch wie gegenwärtig sind damit *live*-Signale? Schon die natürlichen Töne selbst haben keine punktförmige "Gegenwart", keine Gegebenheit unabhängig von oder vor ihren Nachklängen, der Wirksamkeit der Schalle - im Mittönen der (Teile der) Ohren und der Körper. Jene "Gegenwart", in der sie sich oszillatorisch gegenwartslos realisieren, ist ihre Resonanz oder ihr *Nachhall*. Die Gegebenheit einer Melodie ist, daß sie erst nachträglich als das wahrnehmbar wird, was sie im physikalischen Sinne eigentlich nicht *ist* - eine Erkenntnis der Phänomenologie (Edmund Husserl) und der Neurowissenschaften.[\[27\]](#) Es gibt also Formen von Präsenz, die nicht aus eigener Kraft im Jetzt anwesend sind, sondern sich erst aus Pro- und Retention eröffnen. "Live" ist nie wirklich *live*. Der Nachhall ist auf akustischer Ebene der Indikator eines zeitkritischen Übergangs von Gegenwart in Vergangenheit. Die alte Kommunikationstechnik Briefverkehr stand für extrem verlangsamte Übertragung; demgegenüber ist die Übertragung von E-mails im elektromathematischen Feld (bzw. Netz) eine nahezu unverzügliche. Doch es ereignet sich auch hier ein verschwindend geringer Zeitverzug, der immer schon ein Differential zwischen Gegenwart und Vergangenheit darstellt.

Scheinbar unmittelbare Wahrnehmung ist nicht punktuell auf den Gegenwartsmoment ausgerichtet, sondern geht - wie Henri Bergson betonte - blitzschnell über in Erinnerungen und Assoziationen. Dennoch vermag Fernsehen als *live*-Übertragung durch den Eindruck von Zeitgleichheit auch über räumliche Entfernung hinweg die Anmutung des Dabeiseins zu erzeugen - Präsenzerzeugung als Macht der elektronischen Übertragungsmedien.

Im Reich der elektronischen Bilder, dem direkten Erbe der elektronischen Tonsignalverarbeitung, schreibt sich auch deren Zeitweise fort. Fernsehen in seiner vollelektronischen Form hieß zunächst reine Direktübertragung; das änderte sich mit dem Videoband. Dan Grahams Installation *Present - Continuous - Past(s)* stellte 1974 eine Experimentalanordnung zur Demonstration von Zeitinvarianz mit Mitteln des Videos in seiner Doppelseigenschaft als Liveübertragungs- und als Aufzeichnungsmedium dar. Graham setzt die Möglichkeit von Video zur zeitversetzten Wiedergabe eines Spiegelbilds ein, das in Parallele zum physikalischen Spiegelbild den Gegenwartssinn des durch die Galerieräume wandernden Betrachters bewußt irritierte: eine Medienkritik an der kategorialen Annahme, daß verschiedene Zeiten nicht zugleich existieren können, sondern nur nacheinander, wobei der technisch erzeugte Zeitverzug von 8 Sekunden bereits jenes Wahrnehmungsfenster übersteigt, das für Menschen gemeinhin als Gegenwartsdauer von bis zu 3 Sekunden empfunden wird.[\[28\]](#)

## Filmisches *versus* elektronisches Bild: "liveness" als das Zeitwesen des Elektronischen (mit Schwartz)

Ungegenwärtigkeit gilt schon für die kinematographische Wahrnehmung: "The brain 'sees' motion by registering the current still picture, recalling previous frames, and anticipating future frames that will complete the movements. This differs considerably from visual experience in everyday life, where the eye is bombarded with a continuous stream of information", schreibt Tony Schwartz in *The Resonant Chord* <1974: 14>. Das elektronische Bild stellt demgegenüber eine dritte Form dar; anders als beim Film besteht es gar nicht aus Einzelbildern, sondern aus einem Gesumme von zeilenweise ausgestrahlten Zeitsignalen. Mit ultrakurzen Verschlusszeiten photographiert, löst sich das TV-Bild in Nichts auf: Schwartz betont es: "The image we 'see' on television is never there."[\[29\]](#)

Indem AV-Medien (zumindest die analogen) nicht den Umweg über symbolische Transformation nahmen (wie etwa das phonetische Alphabet), vermögen sie die menschlichen Sinne immediat zu affizieren. "This state / of communication is like an electric circuit that is always turned on. The juice is present in the line" <Schwartz 1974: 23f>.

## Sonische Irritationen der Gegenwartswahrnehmung

Die eigentliche Medienbotschaft elektronischer AV-Medien liegt in ihrer Zeitigung von *liveness* im menschlichen Wahrnehmungsapparat, also in der Verschränkung von Medium und Affekt.[\[30\]](#) Nicht mehr primär der Kanal zählt, sondern dessen Untertunnelung als *live*-Effekt: "Space has no effect on the flow of information. Similarly, time is no longer relevant when communication takes place at electronic speed" <Schwartz 1974: 23>. Erinnern wir an dieser Stelle daran: Der Begriff "live" aber ist im Zusammenhang mit audiovisuellen Darbietungen nicht bezogen auf die menschlichen Akteure entstanden, sondern die Bezeichnung für eine Zeitweise medientechnologischer Übertragung. Demgegenüber steht der Begriff "Liveness" (Lebendigkeit) nicht für das technische Verfahren, sondern für eine Anmutungsqualität. In der elektronisch vermittelten Musikwelt etwa meint die Live-Aufnahme "eine direkte, ohne Zuhilfenahme des Mehrspurverfahrens eingespielte Aufnahme" bzw. die Live-Sendung bezeichnet eine "unmittelbare, nicht gespeicherte Übertragung" auf dem Funkweg "ohne Playback".[\[31\]](#)

Der "live"-Effekt von elektromagnetischen Medien beruht auf *Zeitsignalen* im Sinne der Physik und damit im weitesten und übertragenen Sinn auf der *sonischen* Ebene. McLuhan zufolge bedeutet die Epoche der elektronischen Kommunikation die Rückkehr des "acoustic space", will sagen: der simultanen Kommunikation. Im technologischen wie neurologischen Sinn ist der *live*-Vollzugsmodus von "electronically mediated human communication" (Schwartz) Resonanz; "the function of a communicator is to achieve a state of resonance with the person receiving visual and auditory stimuli from television, radio, records" <Schwartz 1974: 24>. Die Zeitästhetik des "live", selbst wenn sie visuell wahrgenommen wird, hängt am Klang als Zeitform.

Die Laufzeit von Signalen ist durch Menschen eher im akustischen denn im optischen Bereich wahrnehmbar. Dieses quasi-klangliche Zeitwesen gilt für den tatsächlich akustischen Klang vom Magnetophon, aber eben auch für das elektronische Bild; das sequentiell vom Kathodenstrahl geschriebene Videofrequenzbild definiert Bill Viola ausdrücklich als "Klang der Einzeilen-Abtastung"[32]. "Das Videobild ist ein stehendes Wellenmuster elektrischer Energie, ein Schwingungssystem, das sich aus spezifischen Frequenzen zusammensetzt" <Viola 1993: 18> - wie etwa in einer Reproduktion aus dem Video *Information* von 1973. Was wir auf dem Bildschirm der Kathodenstrahlröhre sehen, ist die zeilenweise gelenkte Spur eines fokussierten Lichtpunkts aus einem Elektronenbündel. Quelle dieser unstillen Bewegung ist "der ständige Strom elektrischer Impulse aus der Kamera oder aus dem Videorecorder", d. h. *live* oder aus dem Speicher. Das klassische Video- und Fernsehbild ist dem elektrischen Strom wesensnäher als dem ikonischen Bildbegriff.

Die Zeitbasiertheit elektronischer Bilder liegt im technischen Wesen ihrer Übertragung. Richard Dienst definiert es so: "A televisual image has to be established and sustained onscreen moment by moment. With transmission, images and sets of images pass the time and fill out the current: in this sense television is always 'live'." [33]

Medienelektronisches "live" ist in seiner strikten elektronischen Faktizität (nämlich im Akt der Signalübertragung auch schon zu vergehen) dem gleich, was Lyotard auf linguistischer Ebene in seinem Text "Time Today" ausmacht: "As an occurrence, each sentence is a 'now'" [34] ; dies gilt auch für technologische Hybride wie "live on tape". Jedes Signal, auch als auf Magnetband aufgezeichnetes, ist im Moment seiner induktiven Aktivierung ein gegenwärtiges und insofern (*a*)*live*.

Die medienarchäologische Kehrseite des übertragungstechnischen "live"-Begriffs elektronischer Medien ist die sublimale Zeitlichkeit, wie sie Barnett Newman ästhetisch in einer Serie von Gemälden und theoretisch in seinem Essay "The Sublime is Now" formulierte. Newman zeigt das live-Wesen des elektronischen Bildes sozusagen als Gemälde. Newman schreibt in *Prologue for a New Aesthetics* (1949): "My paintings are concerned neither with the manipulation of space nor with the image, but with the sensation of time." [35]

Im vorliegenden Zusammenhang ist das technische Zeitwesen von Fernsehen, wo es als Medium bei sich ist, die *live*-Übertragung. Lyotard subsumiert Newmans Ansatz kurz und bündig: "time is the picture itself" [36]. Newmans "now" ist nicht das der chronologischen Zeit, sondern das einer zeitlichen Ekstase. "What we do not manage to formulate is <...> *dass es geschieht*" <Lyotard: 90>.

Für Übertragungsprozesse gibt es zeitkritische *high fidelity*. Im Unterschied zum Kino ermöglichen die Funkmedien zeitliche Partizipation an einem entfernten Ereignis - die Ästhetik des *live*. Die medienarchäologische Begründung dieses 'funkischen' [37] Dispositivs liegt im dynamischen Wesen der elektromagnetischen Wellen selbst. Analoge *live*-Übertragung im Fernsehen ist zeitecht; demgegenüber bedeutet die digitale Übertragung eine Verzögerung, weil die Bilder zunächst (r)echtzeitig gerechnet werden müssen. Für die Tempor(e)alität der elektronischen Bilder macht es einen Unterschied, ob sie als zeitbasiert oder als Funktion zeitkritischer Rechenprozesse, also als Echtzeit definiert sind.

## "Echtzeit" ist nicht mehr *live*: Das Gegenwartsfenster als extrem gestauchter Zwischenspeicher

Die medienepistemologische Herausforderung der kulturtechnischen Ästhetik des "live" ist die sogenannte Echtzeit. Alles "Digitale" ist nicht *live*, weil es zeitaufwändig gerechnet werden muß. Andererseits ist gerade das mathematische Intelligentwerden von Signalübertragung in der Lage, schneller als "live" zu sein - das Phänomen von "Echtzeit".

Echtzeit benennt die Prozeßdurchführung innerhalb eines Zeitfensters. Echtzeitsystemen sind nicht mathematisch augmentiertes "live"; vielmehr müssen sie mit kybernetischer Intelligenz in der Lage sein, "unmittelbar oder innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne auf ein Signal zu antworten"[\[38\]](#). Echtzeit meint eine vollständig mathematisierte, mithin computierbare Zeit jenseits der Chronologie, im Unterschied zur *live*-Übertragung der analogen Rundfunkmedien. "Beim Realzeitbetrieb sind mit der Verarbeitung eines Auftrags strenge Zeitbedingungen verbunden, d. h. die Berechnung der Ergebnisse muß sofort, spätestens innerhalb einer vorgegebenen Zeitschranke, die im Millisekundenbereich liegen kann, abgeschlossen sein"[\[39\]](#) - kybernetisierte Zeit. Schlüsselwörter sind hier Realzeiterweiterung, Reaktionszeit, Latenzzeit, Interrupt.[\[40\]](#)

Der Eindruck des *live* - also ein Gegenwartsfenster - verdankt sich der Trägheit der menschlichen Sinnesverarbeitung. Tatsächlich liegen immer schon Verzögerungen vor; Hermann von Helmholtz errechnete seinerzeit eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven von ca. 26 Metern/Sek.:

Glücklicherweise sind die Strecken kurz, welche unsere Sinneswahrnehmungen zu durchlaufen haben, ehe sie zum Gehirn kommen, sonst würden mir mit unserem Selbstbewußtsein weit hinter der Gegenwart und selbst hinter den Schallwahrnehmungen herhinken; glücklicherweise also sind sie so kurz, daß wir es nicht bemerken und in unserem praktischen Interesse nicht dadurch berührt werden.[\[41\]](#)

An dieser Stelle zerbricht auch die durch Bindestrichlogik suggerierte Einheit des Audiovisuellen. Laufzeiten des Schalls (ca. 300 Meter/Sek.) werden - anders als die optische Lichtgeschwindigkeit - vom Menschen im binauralen System durchaus noch wahrgenommen und dienen der Raumorientierung, die damit selbst schon nicht *live* ist, sondern vielmehr eine neuronale Berechnung im Sinne von Echtzeit. Erst digitale Systeme vermögen solche Zeitverzögerungen vorwegnehmend wegzurechnen. Trotz 'Chatmodus' finden die meisten 'Gespräche' im Netz im Asynchronous Transfer Mode (ATM) statt (de Kerckhove).

Echtzeit ungleich *live*. Das Digitale wird immer gerechnet, bedarf also der permanenten Zwischenspeicherung (etwa auf Registerbene), anders als die elektronischen Analogmedien, deren Ästhetik tatsächlich *live* ist. Die analog-digital-Differenz läßt sich damit als Differenz zwischen laufzeitbehafteter *live*-Übertragung und digital errechneter Echtzeit (Zukunft antizipierende Zeitfenster) festmachen, am  $\Delta t$ .

---

[1] Der Text ist eine Variante des gleichnamigen Vortragsskripts im Rahmen der Konferenz *Live!? Liveness bei medienbasierten audiovisuellen Performances*, Hebbel-Theater Berlin (Club Transmediale CTM.11), 1./2. Februar 2011.

[2] Die Szene wurde zum notorischen Firmenzeichen von The Gramophone Company Ltd. Hayes, Middlesex, seit 1910 als Warenzeichen eingetragen. Heutzutage wird das Label von der EMI nur noch als Markenzeichen für ihre europäischen HMV-Läden genutzt. Siehe: Mladen Dolar, *Eine Theorie der Stimme*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2007, 102f.

[3] Dazu Curt Riess, *Knurs Weltgeschichte der Schallplatte*, Zürich (Droemer/Knauer) 1966. Siehe auch Jonathan Sterne, *The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham / London (Duke University Press).

[4] Samuel Weber, *Mass Mediauras. Form, Technics, Media*, Stanford (Stanford UP) 1996, 121.

[5] Maurice Blanchot, *Der Gesang der Sirenen*, in: ders., *Der Gesang der Sirenen. Essays zur modernen Literatur*, München (Hanser) 1962, 9-40 (11).

[6] Artikel "Edison Snares Soul of Music", in: *New York Tribune* v. 29. April 1916, 3.

[7] Zitiert nach: Emely A. Thompson, *Machines, Music, and the Quest for Fidelity. Marketing the Edison Phonograph in America 1877-1925*, in: *The Musical Quarterly* Bd. 79 (1995), 132. Dazu Peter Wicke, *Das Sonische in der Musik*, in: *Das Sonische. Sounds zwischen Akustik und Ästhetik* [PopScriptum 10 (2008) Schriftenreihe, herausgegeben vom Forschungszentrum Populäre Musik der Humboldt-Universität zu Berlin] online <http://www2.hu-berlin.de/fpm/popscrip/themen/pst10/index.htm>

[8] Gerd Klawitter, *Funk-Lexikon. Begriffe aus der Funktechnik leichtverständlich erklärt*, 2. überarb. und erw. Aufl., Meckenheim (Siebel) 2001.

[9] Kulturradio Berlin-Brandenburg (rbb) in der Sendung *Thomas Mann und die Musik* am 8. Juli 2007

[10] *Lomax the Songhunter*, Regie: Rogier Kappers (2008).

[11] Barthes zufolge ist die "Phänomenologie bereit, sich auf eine Kraft einzulassen, den Affekt": Roland Barthes, *Die helle Kammer. Bemerkungen zur Photographie*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 1985, 30.

[12] Hans-Dieter Kübler, *Auf dem Weg zur wissenschaftlichen Identität und methodologischen Kompetenz. Herausforderungen und Desiderate der Medienwissenschaft*, in: Rainer Bohn et al. (Hg.), *Ansichten einer künftigen Medienwissenschaft*, Berlin (Sigma Bohn) 1988, 29- (40).

[13] Ein zunächst liturgischer Begriff: siehe George Steiner, *Von realer Gegenwart. Hat unser Sprechen Inhalt? Mit einem Nachwort von Botho Strauß*, München (Hanser) 1990.

[14] Die Erstaufführung von *Krapp's Last Tape* datiert auf den 28. Oktober 1958, im Royal Court Theatre, Sloane Square, London; die Erstveröffentlichung folgt kurz darauf in London (Faber & Faber) 1959. Eine deutschsprachige Aufführung erfolgte 1969 unter der Regie von Samuel Beckett im Schiller-Theater Berlin mit Martin Held (und einem Tonband welchen Typs?).

[15] Siehe Horst Völz, *Handbuch der Speicherung von Information*, Bd. 3, Aachen (Shaker) 2007.

[16] Siehe Martin Supper, *Klänge aus Lautsprechern. Klang in der Geschichte der Elektroakustischen Musik*, in: Holger Schulze (Hg.), *Sound Studies. Traditionen - Methoden - Desiderate. Eine Einführung*, Bielefeld (transcript) 2008, 27.

[17] Paul Virilio, *Die Sehmaschine*, Berlin (Merve) 1989, 151 u. 163.

- [18] Karlheinz Stockhausen, ... wie die Zeit vergeht ..., in: Die Reihe. Information über serielle Musik, Heft 3, Universal Edition, Wien / Zürich / London (1957), 13-42.
- [19] Martin Heidegger, Die Frage nach der Technik, in: ders., Vorträge und Aufsätze, Pfullingen 1954, 16.
- [20] Siehe Friedrich K. Engel, The Introduction of the Magnetophon, in: Eric D. Daniel / C. Denis Mee / Mark H. Clark (Hg.), Magnetic Recording. The First 100 Years, New York 1999, 47-71.
- [21] Hans-Joachim von Braunmühl, Das Magnetophon. Ein neuer Beitrag der Technik für die Bereicherung des Rundfunkprogramms, in: Handbuch des deutschen Rundfunks 1939/1949, Heidelberg / Berlin / Magdeburg (Vowinckel) 1940, 186-190 (186).
- [22] Wolfgang Hagen, Theorien des Radios. Ästhetik und Äther, *online* unter: [www.whagen.de/seminare/AETHER/aether3.htm](http://www.whagen.de/seminare/AETHER/aether3.htm).
- [23] Bernard Stiegler schreibt von "temps différencié", in: ders., La technique et le temps, Bd. II: La désorientation, Paris (Galilée) 1996, 150.
- [24] Gottfried Boehm, Bild und Zeit, in: Hannelore Paflik (Hg.), Das Phänomen Zeit in Kunst und Wissenschaft, Weinheim (VCH Acta Humaniora) 1987, 1-23 (23). Boehm selbst verortet Bildzeitlichkeit in der Kunst des Sehens, also dem buchstäblichen Augenblick: "Wir sehen stets neue Wege, auf denen sich ein Bild zu einem Ganzen 'integriert' und aus ihm, auf dem Rückweg, in die Sukzession 'differenziert'": ebd., 21.
- [25] Gerd Eckert, Der Rundfunk als Führungsmittel, Heidelberg / Berlin / Magdeburg 1941, hier zitiert nach: Friedrich Knilli, Das Hörspiel. Mittel und Möglichkeiten eines totalen Schallspiels, Stuttgart (Kohlhammer) 1961, 64; Knilli bestätigt diese Aussage vor dem Hintergrund seiner eigenen klangpsychologischen Hörspielforschungen.
- [26] Jacques Derrida, Die différance [1972], in: ders., Randgänge der Philosophie, Wien (Passagen) 1988, 29-52.
- [27] Bettine Menke, Adressiert in der Abwesenheit. Zur romantischen Poetik und Akustik der Töne, in: Stefan Andriopoulos / Gabriele Schabacher / Eckhard Schumacher (Hg.), Die Adresse des Mediums, Köln (DuMont) 2001, 100-120 (116).
- [28] Siehe Michael Baudson, Zeit. Die vierte Dimension in der Kunst, Weinheim (VCH / Acta Humaniora) 1985.
- [29] Tony Schwartz, The responsive chord, Garden City, New York (Anchor books) 1974, 14.
- [30] "Electronic communication deals primarily with effects": Schwartz 1974: 19.
- [31] Bernd Enders, Lexikon Musikelektronik, 3. Aufl. Mainz (Schott) 1997, 166.
- [32] Bill Viola, Der Klang der Ein-Zeilen-Abtastung, in: Theaterschrift 4: The Inner Side of Silence, Brüssel (September 1993), 16-54; orig.: The Sound of One Line Scanning, in: Dan Lander / Micah Lexier (Hg.), Sound by Artists, Toronto / Banff (Art Metropole & Walter Phillips Gallery), 1990, 39-54.
- [33] Richard Dienst, Still Life in Real Time. Theory after Television, Durham / London (Duke UP) 1994, 33.
- [34] Jean-François Lyotard, Time Today, in: ders., The Inhuman. Reflections on Time [\*L'Inhuman: Causeries sur le temps, Paris 1988], Stanford, Cal. (Stanford University Press) 1991, 58-77 (59).
- [35] Zitiert hier nach: Lyotard 1991: 86.
- [36] Jean-François Lyotard, Newman: The Instant, in: ders., The Inhuman. Reflections on Time [\*L'Inhuman: Causeries sur le temps, Paris 1988], Stanford, Cal. (Stanford University Press) 1991, 78-88 (78).

[37] Knut Hackett, Dispositiv Fernsehen. Skizze eines Modells, in: Montage/AV Nr. 4, Heft 1 (1995), 63-83 (67).

[38] Stefan Hoffmann, Eintrag "Echtzeit", in: Alexander Roesler / Bernd Stiegler (Hg.), Grundbegriffe der Medientheorie, Paderborn (Fink) 2005, 66-69 (66). Siehe auch Paul Virilio, Fluchtgeschwindigkeit, Frankfurt/M. 1999, 27ff.

[39] Ebd., Eintrag "Realzeitbetrieb (Echtzeitbetrieb)", 65.

[40] Gregor Burmberger, PC-basierte Systemarchitekturen für zeitkritische technische Prozesse, Dissertation Technische Universität München (Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik), Januar 2002; siehe <http://tumblr.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/ei/2002/burmberger.html>

[41] Hermann Helmholtz, Über die Methoden kleinste Zeittheile zu messen und ihre Anwendung für physiologische Zwecke, Königsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen 2 (1851), 169-189 (189).