

2. Chronogrammatologie

„Sobald 1/10 Secunde oder noch kleinere Theile mit Sicherheit beobachtet oder gar gemessen werden sollen, müssen wir künstliche Hülfsmittel anwenden.“

– Hermann von Helmholtz, 1850¹

Zeitregistratur bei Hermann von Helmholtz um 1850

Nachdem Hippolyte Louis Fizeau und Eugène Gounelle wenige Monate zuvor die Signalgeschwindigkeit von Elektrizität in Kupfer- und Eisendraht gemessen hatten,² trat der deutsche u.a. Elektrophysiologe Hermann von Helmholtz zur Mitte des 19. Jahrhunderts an, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von elektrischen Impulsen nicht in Metalleitern, sondern Nervenfasern zu bestimmen. Er hob damit die Trennung von Geist und Körper, „jene“, so Friedrich Nietzsche, „gänzlich irrtümliche Scheidung“,³ auf. Die Helmholtz'sche Forschungsfrage, die nach experimentalpraktischer Antwort verlangte, lautete 1850, ob ein irreduzibles und damit messbares Delay zwischen einem Reiz und seiner Wahrnehmung liege:

„Vergeht eine angebbare Zeit bei der Beförderung einer solchen Nachricht, welche von den entfernten Enden der empfindenden Hautnerven oder den Nervenausbreitungen in den Sinnesorganen nach dem Gehirne hineilt, oder einer solchen, welche der Wille vom Gehirn durch die motorischen Nervenfäden zu den Muskeln hinsendet?“⁴

-
- 1 von Helmholtz, Hermann (1851 [1850]): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke“, in: *Königsberger Naturwissenschaftliche Unterhaltungen* 2, 169-189, 172.
 - 2 Fizeau, Hippolyte Louis/Gounelle, Eugène (1850): „Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität“, in: *Polytechnisches Journal* 117, 125-128.
 - 3 Zit. n. Bitsch, Annette (2008): „Physiologische Ästhetik. Nietzsches Konzeption des Körpers als Medium“, in: *Nietzscheforschung* 15, 167-188, 167.
 - 4 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 181.

Damit stieß die Phänomenologie an ihre Grenze und es wurden die Wahrnehmungsleistungen des Subjekts thematisiert – im Sinne der temporalen Vermessung neurophysiologischer Wahrnehmungsleitungen. Denn dass „wir“ so etwas „an uns selbst“ nicht bemerken, so Helmholtz, liege schließlich daran, dass sich unsere Wahrnehmung unserer Wahrnehmung entzieht: „wir [können] natürlich nicht schneller wahrnehmen (...), als unsere Empfindungsnerven, die nothwendigen Vermittler aller unsrer Wahrnehmungen, sie uns zukommen lassen“.⁵ Nach dem Vorbild von Kupfer- oder Eisendraht war das menschliche Nervensystem in der Ausgangsfrage von Helmholtz als Kabelnetzwerk interpretiert worden: ein Netz, welches Wahrnehmung, verstanden als innerkörperliche Nachrichtenübertragung, zeitlich bedingt. Als epistemische Konsequenz hatte Helmholtz einerseits die philosophische Frage nach der Wahrnehmung in eine physiologische zu konvertieren. Andererseits galt es ihm notwendigerweise – im Unterschied zur empirischen Architekturtheorie des Nachhalls zuvor –, technische Sensoren der Messung zu verwenden. Denn seine Forschungsfrage sah sich mit dem anthropologischen Problem konfrontiert, dass menschliche Sensorien zwar vieles wahrnehmen können, nur die Zeitlichkeit ihrer Wahrnehmung selbst eben nicht.

Emil du Bois-Reymond – nicht nur Kollege, sondern auch Freund von Helmholtz, mit Scheu vor allen, die nicht Physiologen waren⁶ und der als vehementer Vertreter der *hard science* Goethes Faust nachrief, dieser hätte besser Elektrisiermaschine und Luftpumpe erfinden sollen⁷ – hatte bereits bewiesen, dass die Leitung von Reizen durch tierische Nerven „mit einer veränderten Anordnung ihrer materiellen Moleküle mindestens eng verbunden, vielleicht sogar wesentlich durch sie bedingt ist.“⁸ Dadurch wurden zwei Dinge klar. *Erstens*, dass im Gegensatz zur vormaligen Behauptung Johannes Müllers die Reizleitung im Nerven keine instantane sein kann. Müller ging zuvor sogar so weit zu behaupten, dass es die Hilfsmittel zur Bestimmung der Fortpflanzungszeit von Reizen in Nerven wohl nie geben werde.⁹ Allerdings haben Impulse in Nerven genau wie der Schall in der

5 Ebd.

6 So laut Helmholtz in einem Brief an du Bois-Reymond vom 19.08.1849, vgl. Kirsten, Christa (1986) (Hrsg.), *Dokumente einer Freundschaft. Briefwechsel zwischen Hermann von Helmholtz und Emil du Bois-Reymond 1846-1894*, Berlin, 85.

7 Vgl. du Bois-Reymond, Emil (1883): *Goethe und kein Ende. Rede bei Antritt des Rectorats der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin am 15. October 1882*, Leipzig, 23.

8 von Helmholtz, Hermann (1850): „Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven“, in: *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin* 27, 276-364, 331.

9 Vgl. Donders, Franciscus Cornelis (1868): „Die Schnelligkeit psychischer Prozesse“, in: *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin* 35, 657-681, 660.

Luft eine je konkrete Geschwindigkeit – daran erinnerte Helmholtz und verortete seine Experimente in der epistemischen Tradition der Konkretisierung der Schallgeschwindigkeit.¹⁰ *Zweitens* wurde deutlich, dass biologische Nerven als elektrotechnische Leiter beschreibbar werden, sodass Helmholtz' Bestimmung der Geschwindigkeit von Impulsen in Nerven zu einem proto kybernetischen Vorhaben avancierte. Er maß nicht die immanente Zeitlichkeit von Kabeln, mithin technischen Systemen, sondern die Zeitlichkeit biologischer Nachrichtenübertragung – ganz gemäß des Vorhabens Norbert Wieners, Kommunikation in Mensch und Maschine als einander ebenbürtig zu untersuchen.¹¹ Helmholtz verglich Nerven explizit mit Drähten:

„[S]o dürfen wir die Nervenfasern nicht unpassend mit den electrischen Telegraphendrähten vergleichen, welche einmal augenblicklich jede Nachricht von den äußersten Grenzen her dem regierenden Centrum zuführen, und dann ebenso dessen Willensmeinung nach jedem einzelnen Theile des Ganzen zurückbringen, um daselbst in Ausführung zu kommen.“¹²

Wie der Körper die Wahrnehmung bedingt, untersuchte Helmholtz zunächst am „alten Märtyrer der Wissenschaft“:¹³ dem Frosch. Der Frosch war für seine Experimente geeignet, weil bei warmblütigen Tieren die Reizbarkeit der Muskeln nach dem Tod schnell abnimmt und andererseits Fischmuskeln wesentlich schwächer auf Reizungen reagieren. Nun sind Frösche – wie im Übrigen auch Katzen¹⁴ – sel-

10 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 182.

11 Vgl. das schon dem Titel nach programmatische Grundlagenwerk Wiener, Norbert (1948): *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge, MA.

12 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 181.

13 von Helmholtz, Hermann (1845): „Ueber den Stoffverbrauch bei der Muskelaktion“, in: *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*, 72-83, 74. Zum Status des Frosches in der Wissenschafts- und Wissensgeschichte vgl. Hüppauf, Bernd (2014): *Vom Frosch. Eine Kulturgeschichte zwischen Tierphilosophie und Ökologie*, Bielefeld, 201-294.

14 Tiere werden allenfalls temporär zum Medium, wenn über Nervenbahnen dieselben Signale gesendet werden wie bspw. über Telefondrähte und damit zwischen biologischen und technischen Systemen keine operative Differenz besteht: Im Jahr 1929 wiederholten Ernest Glen Wever und Charles W. Bray die Urszene des Telefons – nur ohne ein Telefon als Sender. Stattdessen verschalteten sie eine lebende Katze in ein Telefonsystem, indem sie einen Teil des Katzenschädels und -gehirns entfernten, den freigelegten rechten Hörnerven mit einer Elektrode versahen und den Aktionsstrom im Nerven nach Klangstimulation des Ohres abnahmen. Nach Verstärkung wurden die durch die Katze empfangenen Signale, die ein Forscher dem Katzenohr mitteilte, durch einen Telefonempfänger in einem anderen Raum wieder akustisch ausgegeben. Die Forscher stellten zur Tauglichkeit des Systems fest: „Speech was transmitted with great fidelity. Simple commands, counting and the like were easily received. Indeed, under good condition the system was em-

ten im Mediumszustand.¹⁵ Für den Elektrophysiologen Helmholtz waren Froschmuskeln aber Empfänger elektrischer Impulse und Nerven ihre Leiter. Sendet normalerweise ein Froschhirn Impulse zur Erregung bestimmter Muskeln, kann dieser Vorgang durch die elektrische Reizung eines Muskels bzw. seiner Nerven simuliert werden, wodurch das Froschhirn für den Vorgang praktischerweise obsolet wird. Wo „Wille“ war, herrschte der „electrische Strom“,¹⁶ der Froschmuskel zuckte ohne Impuls des Zentralorgans des Nervensystems, sondern auf Wunsch des Experimentators. Und dieser konnte zeigen, dass Zuckungen des Muskels später einsetzten, wenn die Reizung seiner Nerven an einer Stelle geschah, wo sie eine längere Strecke zum Muskel hin übertragen wurde – und früher bei einer kürzeren Übertragungsstrecke. Helmholtz schrieb dabei explizit von Muskeln als Empfängern¹⁷ und bei du Bois-Reymond avancierten Froschbeine zu „stromprüfenden Froschschenkeln“¹⁸ – eine Formulierung, die eher an technische Messgeräte wie das Galvanometer,¹⁹ als an biologische Körperteile denken lässt. Und schon bei Alessandro Volta begann die Mediengeschichte des Froschs, der über diesen als sensibles Messgerät für Elektrizität schrieb, man könne ihn mit Recht „thierisches

ployed as a means of communication between operating and sound-proof rooms.“ Wever, Ernest Glen/Bray, Charles W. (1930): „Action Currents in the Auditory Nerve in Response to Acoustical Stimulation“, in: *Proceedings of the National Academy of Science* 16, 344-350, 345. Das lebende Tier versorgte das elektroakustische System mit Energie und das Katzenohr stellte einen passablen Transducer dar. Nur das ‚die away‘ des Tiers galt zugleich für den zu übertragenden Ton. Vgl. auch Sterne, Jonathan (2009). „The Cat Telephone“, in: *The Velvet Light Trap* 64(1), 83-84.

15 Vgl. Rieger, Stefan (2008): „Der Frosch – ein Medium?“, in: Alexander Roesler/Stefan Münker (Hrsg.), *Was ist ein Medium?*, Frankfurt a.M., 285-303.

16 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 182.

17 Ebd., 181.

18 du Bois-Reymond, Emil (1849): *Untersuchungen über thierische Elektriciät. Zweiter Band. Dritter Abschnitt*, Berlin, 87.

19 Über dieses hieß es bei James Clark Maxwell: „An instrument which indicates the strength of an electric current by its magnetic effects is called a Galvanometer.“ Maxwell, James Clerk (1881): *A Treatise on Electricity and Magnetism. Vol. I. Second Edition*, London, 332. Vor der Erfindung technischer Galvanometer waren es oft physiologische Körper, die Stromstärke maßen, mitunter die organischen Körper der Physiker selbst: „Heroen wie Johann Wilhelm Ritter oder Jan Purkinje ermaßen unter unsäglichen Schmerzen die Stärke der Stromschläge an den Farb- bzw. Tonempfindungen, die sie im Auge oder Ohr hervorriefen.“ Siegert, Bernhard (1999): „Das Leben zählt nicht. Natur- und Geisteswissenschaften bei Wilhem Dilthey aus mediengeschichtlicher Sicht“, in: Claus Pias (Hrsg.), *[me'dien]i. dreizehn vortraege zur medienkultur*, Weimar, 161-182, 167.

Elektrometer‘ nennen, das „andere noch so empfindliche Elektrizitätsmesser, durch das Anzeigen der schwächsten Ladungen“ übertreffe.²⁰

„Die Wahrnehmung von Zeitunterschieden mittels unserer Sinne ohne Anwendung künstlicher Hülfsmittel ist keine sehr feine“,²¹ so Helmholtz. Insbesondere nicht, wenn Zeitunterschiede von verschiedenen Sinnesorganen, bspw. Auge und Ohr, wahrgenommen werden sollen. Bewusst wurde dieses neurophysiologische Synchronisationsproblem bereits in der Praxis der Astronomie, wo Sterndurchläufe zeitlich exakt angegeben werden sollten.²² So berichtete der deutsche u.a. Astronom Friedrich Wilhelm Bessel 1823 von der Differenz in der astronomischen Zeitbestimmung von Sterndurchgängen bei Messungen verschiedener Forscher:innen, die durch mangelnde Synchronität von Auge (Stern mit Fernrohr fixieren) und Ohr (Pendelschlag einer Uhr hören) entstünden, sodass „kein Beobachter (...) sicher sein kann, absolute Zeitmomente richtig anzugeben.“²³ Anders formuliert: Was bestimmt wurde, war weniger das eigentliche Ereignis, als vielmehr der Mensch mit seiner Persönlichen Gleichung – d.h. seiner Reiz-Reaktionszeit –, die bei verschiedenen Forscher:innen bis zu einer Sekunde variieren konnte.²⁴ Helmholtz kommentierte dies wie folgt:

20 Volta, Alexander [Alessandro] (1793): *Schriften über die thierische Elektrizität*, hrsg. v. Johann Mayer, Prag, 93.

21 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 170.

22 Vgl. Dreyer, John L. E. (1877): „On Personal Errors in Astronomical Transit Observations“, in: *Proceedings of the Royal Irish Academy. Science, 1875-1877* 2, 484-528.

23 Bessel, Friedrich Wilhelm (1876 [1823]): „Persönliche Gleichung bei Durchgangsbeobachtungen“, in: ders.: *Abhandlungen in drei Bänden. Band III*, hrsg. v. Rudolf Engelmann, Leipzig, 300-304, 303. Zur frühen Arbeit an Persönlichen Gleichungen siehe Schaffer, Simon (1988): „Astronomers Mark Time: Discipline and the Personal Equation“, in: *Science in Context* 2(1), 115-145.

24 Vgl. Exner, Sigmund (1873): „Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Prozesse“, in: *Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Thiere* 7(1), 601-660, 602-603. Exner zeichnete die Entdeckung der Persönlichen Gleichung im Kontext der Sternbeobachtung Ende des 18. Jahrhunderts nach und verwies auf den Astronomen Nevil Maskeleyne. Dieser beklagte in den Annalen der Greenwicher Sternwarte 1795, dass er seinen Assistenten Kinnebrook nicht mehr brauchen könne, da er den Durchgang von Sternen durch den Meridian immer zu spät beobachtete. Zum Zwecke der Messung individueller Reiz-Reaktions-Zeiten wurde die „Personal-Equationsmaschine“ konstruiert, die 1884 präsentiert wurde. Diese erzeugte durch Reflexion einen künstlichen Stern, der sich automatisch vor einem Teleskop mit fünf Haarlinien bewegte. Im Moment des vermeintlichen Durchgangs des Sterns durch jede Haarlinie musste ein Beobachter einen Knopf drücken. Diese Zeitpunkte wurden mit einem Chronographen verzeichnet. Zudem vermerkte der Chronograph automatisch den tatsächlichen Zeitpunkt des Sterndurchgangs; die zeitliche Differenz beider Markierungen entsprach der Persönlichen Gleichung: „Die Differenz zwischen dem wirklichen und vermeintlichen Uebergang zeigt die Zeit, die in Anrechnung gebracht werden muss, wenn ein Teleskop nach wirklichen Ster-

„Nehmen wir an diese beiden [Extreme] wichen um gleich viel in entgegengesetztem Sinne von der Wahrheit ab, so folgt daraus, daß auch bei der sorgfältigsten Einübung und der größten Aufmerksamkeit, der Mensch sich in der Bestimmung der Gleichzeitigkeit einer Gesichts- und einer Gehörwahrnehmung mindestens um eine halbe Secunde irren kann.“²⁵

Auch wenn Signale über dieselben Sinnesbahnen übertragen würden, sei eine physiologische Unschärfe vorhanden, wie Helmholtz korrekt anmerkte, und das Dispositiv Kinematographie implizierte. Wenn nämlich zwei optische Signale wie ein kurzes Blitzen unter 1/10 Sekunde hintereinander aufträten, „so verschmelzen beide Erscheinungen in eine (...)“,²⁶ was sich an Farbenkreiseln empirisch überprüfen lasse. Damit war Zeit zur Erklärung der optischen Wahrnehmungsschwelle geworden, die später bei unter anderem Karl Ernst von Baer zur Schwelle des Bewusstseins werden sollte.²⁷ Das Ohr hingegen, so Helmholtz, sei wesentlich zeitkritischer und könne in der Sekunde bis zu 32 Stöße als separate Klangereignisse wahrnehmen; erst ab 32 Einzelschlägen stelle sich ein gleichmäßig anhaltender Ton ein, der höher wird, wenn sich die Zahl der diskreten Einzelschläge erhöht.

Menschliche Wahrnehmung ist eine kontinuierliche, wohingegen Messtechnik Zeit zu diskretisieren vermag. Da der Fokus der Helmholtz'schen Experimentalforschung auf Mikrotemporalitäten lag, ergab sich für die Arbeitsutensilien seines Labors eine nachhaltige Konsequenz. Zur physiologischen Methode musste es werden, den Menschen nicht mehr zu beschreiben, sondern messtechnisch zu bestimmen. Die Verschaltung eines menschlichen Beobachters hätte Messergebnisse notwendigerweise verfälscht und es galt, was noch heute in der Ortungstechnik gilt: Die „Ungenauigkeit unserer Sinne“²⁸ setzt auf Subjekten beruhenden Experimentalanordnungen physiologische Grenzen. Wissen um Wahrnehmung war bei Helmholtz nicht länger Sache des philosophischen Denkens, sondern des neuro-

nen gerichtet ist.“ Anonym (1884): „Die Ausstellung in Philadelphia“, in: *Zeitschrift für Elektrotechnik* 2(19), 606-607, 607.

25 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 170.

26 Ebd., 171.

27 Nach Baer ist die Zehntelsekunde die Mindestdauer der Empfindung: „Indessen ist das eigentliche Grundmaß, mit welchem unsere Empfindung wirklich mißt, noch kleiner [als der Pulsschlag], nämlich die Zeit, die wir brauchen, um uns eines Eindrucks auf unsere Sinnesorgane bewußt zu werden (...) Als mittleres Maß [für die Dauer einer Sinnesempfindung] kann man etwa 1/6 Sekunde annehmen, wenigstens 1/10. Da nun unser geistiges Leben in dem Bewußtsein der Veränderung in unserm Vorstellungsvermögen besteht, so haben wir in jeder Sekunde durchschnittlich etwa sechs Lebensmomente, höchstens zehn.“ von Baer, Karl Ernst (1907): *Schriften. Eingeleitet und ausgewählt von Remigius Stölzle*, Stuttgart, 141-142.

28 von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“, 174.

physiologischen Messens, um das Unwahrnehmbare der Wahrnehmung selbst zu adressieren, wie es Annette Bitsch formulierte:

„Sobald die cartesische Frage nach dem Sein in eine Zeitfrage physiologischer Art konvertiert wird, fallen Seinsgewissheit und Seinstransparenz in die Unmöglichkeit – etwas, *es*, das bei Helmholtz neurophysiologisch bestimmt ist, unterläuft unwiderruflich die bewusste Wahrnehmung und damit die Möglichkeit jedes selbstreferentiellen Denkaktes.“²⁹

Für die messtechnische Beantwortung seiner Forschungsfrage konnte sich Helmholtz – mithilfe seiner Frau Olga³⁰ – zweier Zeitmessverfahren bedienen, die einem anderen Diskurs entstammten und über welche er 1850 ausführlich berichtete.³¹ Einerseits ein Verfahren, das Zeit- als Raumunterschiede visualisierte, um Zeit- als graphische Raumunterschiede messbar zu machen. Andererseits ein Verfahren, das die Wirkung eines Stroms auf einen an einem Faden hängenden Magneten nutzte, dessen Schwingungsbogen sodann proportional zur Dauer des Vorgangs war, wenn Anfang und Ende des zu messenden Vorgangs mit dem Anfang und Ende des s.g. zeitmessenden Stroms synchronisiert war. Beide Verfahren waren um 1850 vergleichsweise jung und ersetzten teils das Pendel, das zuvor als Instrument für Zeitmessungen diente.³²

Zeit- als Raumdifferenz & zeitmessender Strom

Erstere Methode war bereits von u.a. Werner von Siemens beschrieben und verbessert worden³³ und war nicht in der Elektrophysiologie beheimatet, sondern im Militär. Um nämlich die Ballistik von Geschützkugeln zu berechnen, ist ein Wissen

29 Bitsch, Annette (2009): *Diskrete Gespenster. Die Genealogie des Unbewussten aus der Medientheorie und Philosophie der Zeit*, Bielefeld, 286.

30 Helmholtz berichtete hierüber in einem Brief an du Bois-Reymond vom 14.10.1849: „Meine Frau [...] steht mir treulichst bei meinen Versuchen als Protokollführerin der beobachteten Skalenteile, was sehr nötig ist, weil ich allein vollständig konfus werde, wenn ich auf so viele Dinge gleichzeitig achtgeben soll, als da sind: Umlegen höchst verwickelter Drahtleitungen mit Nebenströmen zweiter Ordnung, Einstellen des Muskels, Auflegen der Gewichte, Ablesen der Skalenteile, rechtzeitiges Öffnen und Schließen der Kette.“ Vgl. Kirsten (1986), *Dokumente einer Freundschaft*, 88.

31 von Helmholtz (1850): „Messungen über den zeitlichen Verlauf“ und von Helmholtz (1851): „Ueber die Methoden, kleinste Zeittheile zu messen“.

32 Hierzu ausführlicher Kassung, Christian (2007): *Das Pendel. Eine Wissensgeschichte*, München, insb. 91-115.

33 Siemens, Werner (1847): „Ueber Geschwindigkeitsmessung“, in: *Fortschritte der Physik im Jahre 1845* 1, 47-72.