

4. Passivortung

Frühe Hörtechniken des Delays

„Wozu hat der Mensch 2 Ohren?“
– Erich Moritz von Hornbostel, 1923¹

Entfernungsmessung im Handumdrehen

Am 17. November des Jahres 1880 hörte der Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien einen Vortrag, über dessen medienepistemologische Brisanz erst aus heutiger Retrospektive geurteilt werden kann. Das Thema musste für die damalige Zuhörerschaft etwas befremdlich gewirkt haben, zumal es seinerzeit einem Nischenthema gleichkam. Der Vortragstitel: „Ueber akustische Distanzmessung“, Referent: Max Jüllig.² Bezeichnend für die historische Singularität des Themas ist bereits die Biographie und publizistische Tätigkeit des Referenten. Jüllig habilitierte sich 1883 für elektrische Telegraphie und Eisenbahnsignalwesen und arbeitete seit 1896 für das österreichische Eisenbahnministerium, wo er 1906 die Leitung des Departments für Elektrotechnik übernahm. Auf den Wiener Elektrotechniker gehen Schriften wie *Die Kabeltelegraphie*,³ „Über die Fortschritte der Telephonie“⁴ oder „Zur Theorie der Metallthermometer“⁵ zurück und

-
- 1 von Hornbostel, Erich Moritz (1923): „Beobachtungen über ein- und zweiohriges Hören“, in: *Psychologische Forschung: Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften* 4, 64-114, 64.
 - 2 Jüllig, Max (1881): „Ueber akustische Distanzmessung. Vortrag, gehalten am 17. November 1880“, in: *Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse* 21, 55-87.
 - 3 Jüllig, Max (1884): *Die Kabeltelegraphie*, Wien et al.
 - 4 Jüllig, Max (1890): „Über die Fortschritte der Telephonie, Vortrag, gehalten den 18. December 1889“, in: *Vorträge des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien* 6(30), 163-196.

er referierte u.a. über „Submarine Telegraphie und Telephonie“.⁶ Sein Wirken lässt erkennen, dass seine Expertise vornehmlich in den Bereichen elektrotechnischer Kabel und Eisenbahnsignale lag – d.h. weder Distanzmessung noch Fragen der physikalischen Akustik tangierte. Mit anderen Worten: Von seiner Vita her war Jüllig bei weitem kein Spezialist für Fragen angewandter Akustik. Das ist aber nicht als Defizit Jülligs oder Versagen des Wiener Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse zu interpretieren, einen Referenten mit hinreichender thematischer Expertise einzuladen. Es war symptomatisches Indiz für die Disziplin ihrerzeit: Verwendungen und Implementierungen von Akustik zu Zwecken der Distanzmessung waren um 1880 ein in jeder Hinsicht akademisches Desiderat. Dass Jüllig vor einem renommierten Verein sprach, lässt somit einen Rückschluss auf das Vortragsthema zu: Dieses war seinerzeit derart randständig, dass ein zum Zeitpunkt des Vortrags 27-jähriger ohne nachgewiesene thematische Expertise referieren *durfte* und *konnte*. Entsprechend dürfte es für keinen der Zuhörenden absehbar gewesen sein, dass die epistemische Bedeutung des Vortragsthemas konstitutiv für zukünftige Kulturtechniken des Messens werden sollte, die sich knapp 100 Jahre nach dem Vortrag in den medienkulturellen Alltag der Postmoderne eingeschrieben haben werden.

Max Jüllig gab, wie es sein Vortragstitel ankündigte, einen Überblick über die seinerzeit neuartigen Techniken und Praktiken der akustischen Distanzmessung und ihre historische, wiederum messtechnische Bedingung. Interessant ist diese von der Forschung bisher unberücksichtigte Quelle aus mehreren Gründen. Nicht nur gab Jüllig eine Bestandsaufnahme eines sich jüngst konsolidierenden technischen Feldes. Auch ist sein Vortrag wissenschaftsgeschichtlich von höchstem Interesse, insbesondere für eine Wissens- und Technikgeschichte der Akustik. Darüber hinaus unterschied sich Jüllig von anderen, insgesamt sehr spezifischen Arbeiten über akustische Verzögerungen ihrerzeit, da er nicht scheute, das Laufzeitverhalten von Schall derart zu theoretisieren, dass dies wie eine prototypische, zeitkritisch orientierte physikalische Medientheorie anmutet. Geschuldet war diese der Euphorie, dass ein vermeintlich zweckfreies physikalisches Wissen um akustische Delays unlängst technische Konsolidierung erfahren hatte, mithin *praktisch* wurde. Damit begann sich eine Technik- und Praxiswerdung von theoretischem Wissen – namentlich der physikalischen Akustik – historisch zu konkretisieren, die sich in der akustischen Vermessung des Georaums äußerte.

5 Jüllig, Max (1881): „Zur Theorie der Metallthermometer“, in: *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* 11, hrsg. v. Carl Ohrtmann, Berlin, 785.

6 Jüllig, Max (1897): „Submarine Telegraphie und Telephonie“, in: *Zeitschrift für Elektrotechnik. Organ des Elektrotechnischen Vereines in Wien* 15, 254.

Jüllig attestierte seiner historischen Situation einleitend, dass zweckfreie Forschung „ohne bestimmtes praktisches Ziel“, die „lediglich im Interesse der Wissenschaft“ stattfand, nun einen „greifbaren Nutzen“⁷ bekommen habe. Tatsachen des bis dato „rein theoretischen Interesses“ seien nunmehr „nützlich“ geworden. Dieses Feld der Praxiswerdung vormals genuiner Theorien explizierte er direkt: „Es sind dies die Erscheinungen der Fortpflanzung des Schalles“,⁸ welche sich nun in Geräten des praktischen Gebrauchs materialisierten. Bezeichnet Hans-Jörg Rheinberger mit dem Begriff des „epistemischen Dings“ denjenigen Untersuchungsgegenstand, der sich im Laufe des Forschungsprozesses zu einem technischen Objekt, mithin einem wissenschaftswirklich gewordenen Instrument kristallisiert,⁹ kontextualisierte Jüllig damit Delay als ein genau solches epistemisches Ding.

Im Vortrag widmete sich Jüllig zunächst dem Delay als Untersuchungsgegenstand vor seiner Technikwerdung. Ausgangspunkt von Jülligs Darlegung war die medientheoretische Situation der physikalischen Akustik um 1880, die er kondensiert als minimalistisches Kanalmodell benannte: „Das Zustandekommen einer Schallwahrnehmung ist an das Vorhandensein eines Schallerregers, eines den Schall fortpflanzenden Mediums und eines Gehörorgans geknüpft.“¹⁰ Diese anthropozentrische Diskursivierung des Schalls und seiner Übertragung war 220 Jahre vor Jülligs Vortrag zum empirischen Beleg der Notwendigkeit physikalischer Medien avanciert, welche zwar bereits in der antiken Wahrnehmungsphilosophie benannt worden war, aber nicht belegt werden konnte.¹¹ Robert Boyle, der 1659 die von Otto von Guericke entwickelte Luftpumpe verbesserte, hatte bereits 1660 bewiesen, dass, wenn er mit jener Luftpumpe in einer Glasglocke sukzessive ein Vakuum erzeugte, das Ticken einer Taschenuhr in der Glocke erstarb. Worauf Jüllig insistierte, war, dass diese für Schallausbreitung empirisch belegte Notwendigkeit einen temporalen Index trägt. Da er dies historisch explizierte, lohnt im Folgenden eine kursorische Exkursion durch die Wissens- und Technikgeschichte der Messung der Schallgeschwindigkeit.

7 Jüllig (1881): „Ueber akustische Distanzmessung“, 57.

8 Ebd., 58.

9 Vgl. Rheinberger, Hans-Jörg (2001): *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen.

10 Jüllig (1881): „Ueber akustische Distanzmessung“, 58.

11 So entgegnete Aristoteles Demokrit, der von der ‚Leere‘ zwischen den Dingen und den Sinnesorganen der Wahrnehmung schrieb, dass es „notwendigerweise ein Dazwischen geben muß.“ Damit antizipierte er an physikalischen Medien als Bedingung für akustische Übertragungen. Zit. n. Gigon, Olof (1950) (Hrsg), Aristoteles: „Von der Seele. Zweites Buch“, in ders.: *Vom Himmel. Von der Seele. Von der Dichtkunst*, Zürich, 285-318, 304.

In den Schriften von Pythagoras findet sich die Erwähnung, dass der Klang eines Hammerschlags auf einen Amboss sein Ohr später erreichte als dessen optischer Eindruck. Derartige Beobachtungen waren es bereits in der Antike, die zu der Annahme führten, „dass das, was man Schall nennt, eine gewisse Zeit braucht, um sich in der Luft auf eine gewisse Entfernung fortzupflanzen.“¹² Medienepistemologisch weitreichender waren Aristoteles' Überlegungen, die sich in der Substantivierung des Adverbs *metaxy* zum *to metaxy* äußerten und mit welchem er den Zwischenraum bzw. nunmehr ‚das Dazwischen‘ zwischen den Sinnesorganen und dem Wahrgenommenen bezeichnete. Wie Wolfgang Hagen nachwies, war es dieser Begriff des substantivischen *metaxy*, der durch die Übersetzung der Schriften von Aristoteles durch Thomas von Aquin ins Lateinische in der begrifflichen Fassung des Mediums mündete.¹³ Besonders erscheint mir hierbei – und das wurde bei der Rezeption der Schriften von Aristoteles bisher vernachlässigt –, dass dieses *metaxy* bei Aristoteles explizit einen temporalen Index trug. Diesen maß er zwar nicht, aber belegte ihn empirisch, indem er darlegte: „Der Rudertakt eines Dreiruderers macht das klar: wenn sich die Ruder schon wieder heben, erreicht uns erst der Schall von ihrem Schlag.“¹⁴

Nach der antiken Vorahnung einer Schallgeschwindigkeit – die anthropozentrisch ausgerichtet war und ebenso die wahrnehmungsphilosophische Lesart eines langsameren Hörens im Vergleich zum Sehen zuließe – erstaunt es, dass es bis zum Anfang des 17. Jahrhunderts andauerte, bis die Konkretisierung der Schallgeschwindigkeit in der Luft über „meistens inhaltlose Spekulationen“ hinausging.¹⁵ Schließlich handelt es sich bei ihr lediglich um die „Messung einer Länge und einer Zeit“,¹⁶ um Empirie auf eine Formel zu bringen. Bei Francis Bacon (1561-1626) findet sich in seinem posthum 1627 veröffentlichten *Sylva Sylvarum* eine Referenz zur Räumlichkeit des Schalls, die zugleich die experimentalpraktische Erforschung der Schallgeschwindigkeit der darauffolgenden Jahrzehnte formatierte. Denn Marin Mersennes Experimente basierten auf diesem Prinzip ebenso wie die bekannten am 23. Juni 1677 von der Pariser Akademie der Wissenschaften – konkret von

12 Cherbuliez (1871): „Geschichtliche Uebersicht der Untersuchungen über die Schallfortpflanzungsgeschwindigkeit in der Luft“, in: *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem Jahre 1870*, 151-191 u. 711-744, 153-154.

13 Hagen, Wolfgang (2008): „Metaxy: Eine historiosemantische Fußnote zum Medienbegriff“, in: Stefan Münker/Alexander Roesler (Hrsg.), *Was ist ein Medium?*, Frankfurt a.M., 13-29.

14 Zit. n. Grumach, Ernst (1970) (Hrsg.), *Aristoteles: Meteorologie. Über die Welt*, übers. v. Hans Strohm, Berlin, 72.

15 Cherbuliez (1871): „Geschichtliche Uebersicht“, 154.

16 Ebd.

Domenico Cassini, Ole Rømer und Jean Picard – ausgeführten Versuche. Bacon schlug originär vor, auf einer Pyramide oder einem Leuchtturm eine abdunkelbare Lichtquelle zu positionieren, die ein Beobachter in einer Meile Entfernung sehen kann. Würde die Lichtquelle kurz aufleuchten und im selben Augenblick ein Schlag ertönen, könne der Beobachter durch das Zählen seiner Pulsschläge die Verzögerung zwischen Sehen des Lichtimpulses und zeitversetztem Hören des Schlags ermitteln.¹⁷ Mathematisch formuliert handelte es sich um eine Gleichung mit einer bekannten Variablen (Entfernung), um eine unbekannte Größe (Schallgeschwindigkeit) subjektiv qua Zeitmessung zu bestimmen. Mersennes Leistung hinsichtlich der Messung der Schallgeschwindigkeit war es in späteren Versuchen, die subjektive Störgröße weitgehend zu eliminieren und die Verzögerung zwischen Hören und Sehen eines originär synchron stattfindenden Ereignisses mit einem Pendel zu bestimmen.¹⁸

Von den historischen Aufarbeitungen der frühen Messungen der Schallgeschwindigkeit in Luft wird gern übersehen – und das ist brisant für die vorliegende Arbeit –, dass Mersenne nicht nur Schallgeschwindigkeiten auf konkrete (wenn auch falsche) Daten brachte. Sondern dass er zudem seiner bis dato zweckfreien Forschung zur Schallgeschwindigkeit eine visionierte praktische Anwendung beiseite stellte. Zunächst mag seine Anmerkung trivial erscheinen:

„from the sound and the observation of the cannon flash it is easy to find out how far apart the cannons are; (...) from the sound of thunder and the preceding flash of lightning it can be learned how far away the discharge was, provided that the place of the flash does not change.“¹⁹

Neben der augenscheinlichen Banalität der Aussage stellt sie einen epistemischen Wendepunkt dar, insofern Mersenne die seinen Experimentalpraktiken inhärente Logik mathematisch invertierte. Bei hinreichend bekanntem Operanden c konnte in der mathematischen Darstellung der Schallgeschwindigkeit, $c = r/t$, nunmehr

17 Bacon, Francis (1859 [1627]): „Sylva Sylvarum or A Natural History“, in: *The Works of Francis Bacon* 11, hrsg. v. J. Spalding et al., London, 416.

18 Obgleich Galileo Galileis *Discorsi* erst 1638 veröffentlicht wurden, waren wesentliche Grundsätze der Bewegungslehre bereits früher von ihm entwickelt und vorgetragen worden, darunter das Gesetz der Pendelbewegung und die Idee, ein Pendel zur Zeitmessung zu verwenden – dies muss Mersenne bekannt gewesen sein, weshalb er auf Basis des Pendels seine Experimentalpraktik zu objektivieren suchte. Vertiefend zum Pendel siehe Kassung, Christian (2007): *Das Pendel. Eine Wissensgeschichte*, München.

19 Zit. n. Lindsay, R. B. (1973): *Acoustics: Historical and Philosophical Development*, Stroudsburg, PA., 64-66.

eine andere Größe als unbekannt vorausgesetzt werden: r , die Distanz. Ebenso gab Ernst Chladni in seiner epochalen *Die Akustik* von 1802 seinem Fließtext unter §201, „Geschwindigkeit des Schalles nach der Erfahrung“, eine Fußnote:

„Wenn man ungefähr 1040 Fuß als die Weite annimmt, durch welche der Schall in einer Sekunde geht, kann man die Entfernung der Orte, wo Licht und Schall zugleich entsteht, einigermaßen schätzen, wenn die Zeit, welche zwischen der Lichterscheinung (die man, weil das Licht durch 40000 Deutsche Meilen in einer Sekunde fortgeht, augenblicklich sieht) und dem Schalle vergeht, nach Sekunden, oder noch besser, nach einer Tertian-Uhr abgezählt wird (...).“²⁰

Diese Vision hypothetischer Schallortung ließe sich historisch weiter rückverfolgen. Die Messungen der Schallgeschwindigkeit des 17. Jahrhunderts waren maßgeblich von den in diesem Zeitraum gegründeten akademisch-wissenschaftlichen Privatgesellschaften geprägt, wie bspw. die am 19. Juli 1657 gegründete Accademia del Cimento in Florenz. Diese konnte bereits in einer 1667er Veröffentlichung²¹ für sich den Nachweis beanspruchen, geklärt zu haben, dass verschiedene Frequenzen – das Mündungsfeuer unterschiedlicher Waffen – bei gleichbleibenden umweltlichen Bedingungen dieselbe Schallgeschwindigkeit haben; und dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall ebenfalls unter gleichbleibenden Bedingungen konstant ist. Ähnlich wie Mersennes Ausführungen schließt die Veröffentlichung der ‚Experimentierakademie‘ mit dem Vorschlag, das Wissen um Geschwindigkeiten des Schalls für Entfernungsmessungen zu nutzen, um die Entfernung zwischen zwei einander nicht sichtbaren Orten akustisch über ein Verfahren der Delaymessung zu bestimmen:

„wir können das auf diesem Wege ganz leicht feststellen, und zwar auf dem Wege einer doppelten Explosion, indem wir dafür sorgen, daß unserer Explosion sofort eine zweite antwortet, und wenn wir die Mitte der Zeit nehmen, die von unserem Zeichen bis zum Eintreffen des Antwortzeichens verstreicht, so haben wir genau die Hälfte des Schallweges, d.h. die ganze räumliche Distanz, die gesucht wurde.“²²

20 Chladni, Ernst Florens Friedrich (1802): *Die Akustik*, Leipzig, 223 (§201).

21 Accademia del Cimento (1667) (Hrsg.), *Saggi Di Naturali Esperienze Fatte Nell'Accademia Del Cimento* [Kurztitel], Florenz.

22 Zit. n. Ullmann, Dieter (1982): „Die ersten Messungen der Schallgeschwindigkeit in Luft und das Schallortungsverfahren von Jonas Meldercreutz“, in: *Centaurus* 26(1), 25-37, 29.

Es ist diese an den drei Fallbeispielen exemplifizierte Denkleistung, die epistemisch konstitutiv für sämtliche Medien des Delays ist, da sie grundlegend von der gegenseitigen *Übersetzbarkeit* von akustischen *Übertragungszeiten* und *Raumgrößen* gekennzeichnet ist. Obgleich aller Brisanz für eine Wissensgeschichte und Epistemologie akustischer Übertragungen, wurden diese ambitionierten Vorschläge ihrerzeit aber nicht praktiziert – ja, es wurde sogar die Berechenbarkeit von Schallgeschwindigkeit im Allgemeinen bezweifelt. Die Skepsis, die jener Zeit noch einer den Wetterbedingungen entsprechenden Schallgeschwindigkeit gegenüberstand, lässt sich daran ablesen, dass Athanasius Kircher in seinem Grundlagenwerk *Phonurgia Nova* von 1673 Mersennes Forschung in Bezug auf die Konstanz des Delays akustischer Übertragungen widersprach – und damit zugleich einer etwaigen praktischen Verwendung.

Die Komplikation, die der exakten Messung der Schallgeschwindigkeit noch entgegenstand, war, dass es an Präzisionsinstrumenten zur exakten Zeitmessung fehlte. Darauf wies bereits der Schwede Jonas Meldercreutz hin, auf den ein erstes, allerdings im Theoretischen gebliebenes Schallortungsverfahren zurückgeht, über das er 1741 berichtete.²³ Bemerkenswert ist dieses, weil es systemisch operierte und absolute Synchronität in einer Situation räumlich verteilter Zeitmessung erfordert hätte: Meldercreutz' Verfahren basierte auf dem verteilten Messen von Zeitunterschieden im Empfangen eines ausgesendeten akustischen Impulses und stellt damit ein Schallortungsverfahren dar, das hyperbolisch operierte – in epistemischer Vorwegnahme späterer elektromagnetischer Hyperbelnavigationsinfrastrukturen wie GEE oder LORAN (vgl. das Unterkapitel zu „Loran“ in Kap. 9).

Nach dieser Exkursion durch die Geschichte der Messung der Schallgeschwindigkeit zurück zum Vortrag von Jüllig. Schall bzw. konkreter: Delay in der Luft hatte also um 1880 – zur Zeit seines Vortrags – *eine eigene Experimentalgeschichte*. Dass Schall dieser zufolge, insbesondere nach einer Konjunktur der Messungen um 1850, eine temperaturabhängige Geschwindigkeit habe, mithin Schall nicht allein zeit-, sondern ebenso raumbasiert ist, zählte zur Allgemeinbildung der *scientific community*. Zumal die Messung von Schallgeschwindigkeiten zur Zeit Jülligs bereits auf eine rein apparative Basis gestellt worden war – mit „Zeitmarkierungen in vollster Präzision“²⁴ –, um das einzulösen, was im historischen Kontext paradigmatisch dem Ideal einer ‚mechanischen Objektivität‘ chronographisch verschrieben war.²⁵ Das brisante an seinem Vortrag nun war ein epistemischer Kipp-

23 Vgl. ebd.

24 Jüllig (1881): „Ueber akustische Distanzmessung“, 65.

25 Zum wissens- und wissenschaftshistorischen Wandel des Konzepts der Objektivität, einschließlich seiner mechanischen Auslegung qua ‚Selbstschreibeapparaturen‘ vgl. Daston, Lorraine/Galison, Peter (2007): *Objektivität*, Frankfurt a.M.

moment. Bereits bei Mersenne, Meldercreutz oder Chladni war dieser verschriftlicht worden, allerdings: ohne praktiziert zu werden. In ingenieurmäßiger Nüchternheit schrieb Jüllig:

„Hatte man einmal die Schall-Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit so grosser Genauigkeit ermittelt, so lag nichts näher, als das Problem umzukehren und aus der Schall-Fortpflanzungszeit die Entfernung, welche die Schallwelle durchmessen hatte, zu bestimmen.“²⁶

In dieser minimalistischen Formulierung war nichts weniger als eine Epistemologie sonisch-medialer Übertragung angelegt, die von der Verzeitlichung und Datafizierung des Raums qua akustischer Sendungen ausging. Der Kanal bzw. *acoustic space* figurierte vom vermeintlich passiven physikalischen Medium zur verzögernden, mithin zeitvarianten und qualitativen Botschaft des übertragenden Raums. Bei dieser grundsätzlichen Annahme der Parametrisierung des Zeitraums akustischer Sendungen waren nun Zeit- in Raumgrößen übersetzbar *et vice versa*. Wo genau dies von praktischem Nutzen sei, konkretisierte Jüllig – neben einer kurzen Erwähnung der Rohrpost (vgl. Kap. 3) – auf vornehmlich einen Kontext: militärische Ballistik. Denn „[a]uf der Jagd, insbesondere aber im Kriege ist eine Bestimmung der Entfernung der Objekte, die man mittels der Schusswaffen zu treffen sucht, ausserordentlich wichtig.“²⁷

Kritisch wurde das Nicht-Wissen um Entfernungen bspw. im Deutsch-Französischen Krieg von 1870-1871. Entscheidend wurde dort das Wissen um die exakte Distanz zu feuernder Artillerie, dem – neben der militärischen Vernichtungskraft – ökonomische Konsequenzen innewohnten. Für zielsicheren Artilleriebeschuss musste die Entfernung zum zu treffenden Objekt hinreichend bekannt sein. Zudem waren in Anbetracht der Kosten pro Schuss einer Artilleriestellung – mehr als 2.000 Francs – Fehlschüsse auf Dauer finanziell nicht vertretbar. Die zunehmenden Schussweiten der „modernen Feuerwaffen“ erforderten es, so hieß es in zeitgenössischer Literatur, „ein Hülfsmittel zum praktischen Gebrauch im Felde zu construieren“, um eine „Präcision“ – gemeint war Treffsicherheit – zu erzielen.²⁸ Im Ersten und Zweiten Weltkrieg machten die Schussweiten der Artillerie ballistische Tabellen erforderlich, deren rechnerische Arbeit sich als derart zeitintensiv erwies, dass sie geradezu nach computerisierter Automatisierung bspw. durch den

26 Jüllig (1881): „Ueber akustische Distanzmessung“, 74.

27 Ebd., 76.

28 Scriba, J.v. (1877): „Moderne Hülfsmittel der Kriegführung (1. Fortsetzung)“, in: *Allgemeine Schweizerische Militär-Zeitung. Organ der schweizerischen Armee* 23(28), 221-223, 223.

späteren ENIAC verlangte. Bereits hier, 1870, deutete sich aber eine Mathematisierung des Schlachtfeldes zugunsten einer größtmöglichen Präzision an, die sich an der Entfernung potenzieller Ziele bemaß. In zeitgenössischer Paraphrasierung entsprach das Problem der exakten Distanzmessung einer „Quadratur des Kreises“.²⁹ Denn die praktische Anforderung an ein Gerät – nämlich „Handlichkeit des Instruments und Genauigkeit in der Distanzmessung“³⁰ – waren bis dato nicht realisiert worden.

Demgemäß wurden Distanzmessungen ihrerzeit als Körpertechniken des Abschreitens praktiziert, wie sie in Handbüchern beschrieben wurden: „Jeder Einzelne merkt sich, wie viel Schritte er zur Erreichung von 100 Meter Distanz zurücklegt.“³¹ Dieses empirische Wissen konnte in der Folge auf künftige Situationen appliziert werden. Ebenso findet sich beim ehemaligen preußischen General der Infanterie Paul Bronsart von Schellendorff aufgrund der Kompliziertheit von ‚Winkel-Messgeräten‘ die Darlegung, dass Entfernungen am besten durch „Augenmaß“, „Abschreiten“ oder „Abgaloppieren zu Pferde“ ermittelt würden: „Man hat für den letzteren Zweck den allgemeinen Anhalt“, so Schellendorff, „daß bei einem nicht starken Galopp 30 Sprünge etwa 80 Meter betragen, aber es leuchtet ein, daß dies für jedes Pferd besonders ermittelt werden muß, wenn man nicht gar zu große Fehler begehen will.“³² Diese körpertechnische Vermessung von Distanzen war jedoch mit dem Defizit belastet, auf dem Schlachtfeld mitunter existenzielle Folgen zu haben. Als wesentlich sicherer für das Leben der vermessenden Körper, wenn auch unsicherer in Bezug auf die Validität der ermittelten Distanzdaten, erwies sich das *Schätzen* von Entfernungen. „Für durchschnittlich gute Augen und gewöhnliche helle Luft“ listete Schellendorff auf, in welcher Entfernung sich Dinge für Soldatenaugen klar konturierten, um auf dieser Basis Entfernungen zu schätzen. Auf 15-20 Kilometer Entfernung sehe man Kirchtürme und Schlösser; auf 8-12 Kilometer Windmühlen; auf 3-4 Kilometer helle Schornsteine; auf ½ Kilometer sehe man Fensterkreuze; auf 200-250 Meter Dachziegel von Häusern.³³ Für die Infanterie im militärischen Kriegsfeld notierte er:

29 Scriba, J.v. (1877): „Moderne Hilfsmittel der Kriegführung (2. Fortsetzung)“, in: *Allgemeine Schweizerische Militär-Zeitung. Organ der schweizerischen Armee* 23(29), 229-231, 229.

30 Ebd.

31 Schmidt, Rudolf (1888): *Allgemeine Waffenkunde für Infanterie. Mit besonderer Berücksichtigung der neuesten Kriegs-Handfeuerwaffen der modernen Staaten*, Berlin, 135.

32 von Schellendorff, Paul Bronsart (1875): *Der Dienst des Generalstabes. Erster Theil*, Berlin, 223.

33 Ebd., 224.

Von den Truppen sieht man:

- auf 1600 Meter die Bewegung von Massen, wobei Infanterie als schwarzer Strich mit blinkendem Saum, Kavallerie als breiter schwarzer Strich, oben ausgezackt, erscheint;
- auf 1200 Meter erscheint auch Infanterie als oben ausgezackter Strich; Kavallerie markiert sich als berittene Mannschaft;
- auf 1000 Meter erkennt man die Motten und die Zahl der Geschütze;
- auf 800 Meter wird die Bewegung einer in Linie formierten Truppe deutlich;
- auf 650 Meter ist der obere Umriß des Infanteristen, das Pferd beim Kavalleristen erkennbar;
- auf 500 Meter unterscheidet sich der Kopf von der Kopfbedeckung; Leute und Pferde sind deutlich erkennbar.

Man erkennt ferner:

- auf 300 Meter helle Farben,
- „ 160 „ Knöpfe und Treffen,
- „ 80—120 Meter die Augen im Allgemeinen,
- „ 65 „ die Augen genau,
- „ 20—25 „ daß Weiße im Auge.

Abbildung 10: Distanzschätzung auf Basis der Genauigkeit menschlichen Sehens bei Paul Bronsart von Schellendorff.

Aber gerade das Ausrichten der Ermittlung von Distanzdaten am womöglich fehlerhaften Schätzen oder gar dem Weiß des Auges – im Angesicht des Feindes – galt es zu vermeiden. Notwendig wurden Verfahren indirekter, aber dennoch exakter und ‚praktischer‘ Entfernungsmessung. Zwar gab es im militärischen Kontext bereits Winkelmesser zur Distanzbestimmung – s.g. optische Telemeter –, die auf entfernter Beobachtung von Zielobjekten basierten.³⁴ Diese waren jedoch weder „leicht“ noch „bequem“ in der Praxis zu gebrauchen, wie ihnen Schellendorff attestierte.³⁵ Zudem erwiesen sie sich bei Dunkelheit, aber auch hellem Tageslicht oder bedecktem Terrain als fehleranfällig; zumal sie einer guten Sichtlinie zum Gegner bedurften, was mit dem Defekt einherging, während der optischen Entfernungsmessung selbst sichtbar zu sein. „So dachte man denn an die Verwerthung akustischer Erkenntnisse. Denn das Geschützfeuer bietet ein Mittel, welches uns vom

34 Grundlegend hierzu siehe König, Albert/Köhler, Horst (1959): *Die Fernrohre und Entfernungsmesser. Dritte völlig neu bearbeitete Auflage*, Berlin/Heidelberg.

35 von Schellendorff (1875): *Der Dienst des Generalstabes*, 223.

Feinde niemals entzogen werden kann“,³⁶ so Jüllig, und unterzog militärische Situationen einer Neuevaluation. Gegnerische Geschütze wurden nicht allein als potenziell bedrohliche, sondern zuvorderst geräuscherzeugende Objekte interpretiert, deren irreduzible Klanglichkeit sich mit hinreichend bekannter Verzögerung über das Schlachtfeld ausbreitete. Diese wiederum konnte mit entsprechenden Instrumenten gemessen werden, wenn das Zeitintervall zwischen sichtbarem Mündungsfeuer eines Geschützes und verzögertem Knall detektiert wurde: mit *akustischen Distanzmessern*. Medientheoretisch gewendet handelte es sich um die Operationalisierung einer Kommunikationsanordnung: Geschütze galten nunmehr als unweigerliche Produzenten von zu Signalen nobilitiertem akustischen Rauschen, Luft als das physikalische Übertragungsmedium und der durchschwungene Raum als qua Delay zu bestimmende Größe.

Der militärische Anwendungskontext dieser akustischen Instrumente wird in einem Artikel des *Scientific American* deutlich, der die Notwendigkeit des exakten Wissens um Distanzdaten in der Artilleriepraxis betonte.³⁷ Insbesondere sei das dort beschriebene Gerät – ein s.g. Phonotelemeter, das an eine Stoppuhr erinnert – von praktischem Nutzen, da gängige optische Telemeter auf „geometrical methods“ basierten, welche „trained operators“ voraussetzten: „Measurement by sight require much practice, and the operators most experienced in this exercise run the risk of often being deceived by plays of light, especially at great distance.“³⁸ Dahingegen bestünden die Praxisvorteile des Phonotelemeters darin, dass dieses leicht und intuitiv bedienbar sei, keinerlei spezifischer Ausbildung der Soldaten bedurfte und keine langwierigen Beobachtungen gegnerischer Stellungen notwendig waren. Zudem war das analoge Interface des Telemeters derart gestaltet, dass die Datifizierung des Georaums auf Basis von Delays durch das mechanische Objekt geleistet wurde, da „die aus der Zeit gewonnene Uebersetzung in Meter der Distanz auf dieser Kreistheilung abgelesen werden kann“,³⁹ wie eine deutsche Quelle berichtete. Hinsichtlich solcher stoppuhrartiger Entfernungsmesser ist die Konstruktion des Wienerers Wilhelm du Nord besonders (vgl. Abb. 11), da sie die thermische Bedingung in die Messung inkludierte und damit der Situiertheit ihrer Messpraxis Rechnung trug: Vor jeder Messung musste die herrschende Umgebungstempera-

36 Jüllig (1881): „Ueber akustische Distanzmessung“, 78.

37 Anonym (1890): „The Phonotelemeter“, in: *Scientific American Supplement* 731, v. 4. Januar, 11680.

38 Ebd.

39 Schmidt (1888): *Allgemeine Waffenkunde für Infanterie*, 136.

tur eingestellt werden.⁴⁰ Bezeichnend bei akustischen Telemetern ist mithin, dass sie als Geräte der Zeitmessung keine Zeit-, sondern Raumgrößen anzeigten. Die produzierten Daten verwiesen auf den Georaum und waren Ergebnis der Messung der Zeit-Raum-Regime akustischer Übertragungen. Damit fielen Delay- und Distanzmessung zusammen: sie waren in *eine* Körpertechnik konvergiert.

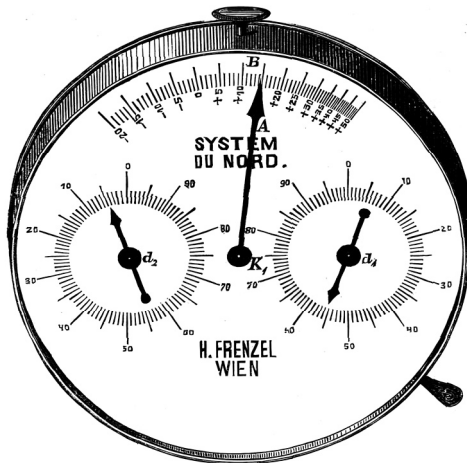


Abbildung 11: Zeitgenössische Abbildung eines Telemeters bei Max Jüllig. Vor der Messung galt es, die herrschende Umgebungstemperatur einzustellen (oben in der Abb.); nach der Delaymessung wurden Entfernungsdaten auf den unteren Skalen angezeigt.

Im Unterschied zum Stoppuhrcharakter des Phonotelemeters war das besondere am s.g. Telemeter des belgischen Ingenieurs und Offiziers Le Boulangé, dass mit diesem die Zeitmessung buchstäblich im Handumdrehen erfolgte.⁴¹ Es bestand aus einem zylindrischen Glasrohr, versehen mit einer Distanzskala, in welchem ein kleines metallenes Sinkgewicht in destilliertem Wasser oder Benzin schwamm. Für die Distanzmessung wurde das Gerät horizontal gehalten, der Gleiter an einem Ende des Glasrohres, und bei sichtbarem Mündungsfeuer in die Vertikale gedreht, woraufhin das integrierte Gewicht in Sinkbewegung versetzt wurde. Beim Hören des verzögerten Knalls galt es, das Gerät wieder in die Horizontale zu wenden. Im Glasrohr hatte das Sinkgewicht nun eine Entfernung absolviert, deren Länge auf

40 Vgl. du Nord, Wilhelm (1880): „Schallgeschwindigkeitsmesser mit Regulierung nach verschiedenen Temperaturen“, patentiert im Deutschen Reiche vom 17. November 1880 ab, Patentschrift No. 15529.

41 In seiner französischen Originalbezeichnung hieß das Gerät „Télémetre de combat“, was zugleich auf seine praktische Verwendung im militärischen Feld verwies.

einer geeichten Skala mit der Distanz zu einem feuernden Geschütz (im Idealfall) korrespondierte. Die Makrodistanz zum Zielobjekt wurde durch eine Handbewegung in eine Mikrodistanz auf einer Entfernungsskala übersetzt.

Dieses Telemeter zeitigte solide Ergebnisse in Praxistests: auf 1000 m Distanz ergaben sich „mittlere Abweichungen“ von lediglich 20,66 m, bei 1500 m oder 2000 m lediglich 26,30 respektive 28,33 m.⁴² Der Praktikabilität des Geräts wurde im historischen Kontext bescheinigt: „Die handliche Form, der geringe Preis, die genauen Resultate lassen hiernach den Telemeter zahlreiche Dienste in vielen Gefechten gewähren“.⁴³ Damit erwies sich das neue epistemische Ding zur Messung von Verzögerungen zwischen Schall und Licht als „entschieden praktisch“,⁴⁴ da es die subjektiv unmögliche Aufgabe der exakten Zeitbestimmung in eine körpertechnisch schnell und leicht zu realisierende Praktik übersetzte: eine Handbewegung. Zudem war neben der handlichen Form des Distanzmessers eine Variante erhältlich, die in Gewehre integriert war. An einer zeitgenössischen Beschreibung der praktischen Ausgestaltung der Distanzmessung wird ihre körpertechnische Verfasstheit deutlich:

„1. Bewegung. (Die Beobachtung einleitend.) Gewehr in obbezeichneter Stellung, Lauf nach abwärts gekehrt; hierbei begibt sich der Schwimmer auf den Nullpunkt der Scala.

2. Bewegung. (Zur Beobachtung.) Das Gewehr in derselben Stellung bloß in der Hand gedreht, Lauf nach auswärts, wobei man sich überzeugt, daß der Schwimmer auf dem Nullpunkt steht.

3. Bewegung. (Beobachten des Rauches eines feindlichen Schusses.) Im Momente des Erblickens des Rauches wird das Gewehr in der Hand gedreht, Lauf nach oben, wobei der Schwimmer zu kursiren beginnt.

4. Bewegung. (Beobachten des Schalls des betreffenden Schusses.) Im Momente des Eintreffens des Schalls des bezüglichen Schusses wird das Gewehr abermals in der Hand gedreht, Lauf nach auswärts, wodurch das Kursiren des Schwimmers aufgehoben wird, dessen flaches Ende nun auf der Scala die Distanz angibt.

5. Bewegung. (Heben des Kolbens.) Zu genauerem Ablesen der Distanz wird der Kolben etwas gehoben.

Bei allen Bewegungen bleibt die Stellung des Beobachters unverändert, ebenso bei 1 bis 4 die Lage des Gewehres, das bloß in der Hand gedreht wird.“⁴⁵

42 Anonym (1875): „Der Gewehr-Telemeter (Distanzmesser) von Le Boulangé. Modell 1875“, in: *Allgemeine Schweizerische Militär-Zeitung. Organ der schweizerischen Armee* 21(51), 401-402, 401.

43 Ebd.

44 Ebd.

45 Ebd., 402.

Das für Soldaten im historischen Kontext entweder nicht anwendbare Distanzmessen mit optischen Geräten oder das schlichtweg undurchführbare Abschreiten von Entfernungen auf dem Schlachtfeld wurde durch eine sichere Praktik der Datenakquise auf Distanz ersetzt. Das Schlachtfeld kam in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu Gehör und sein Status als immanent tönender bzw. geräuscherzeugender Raum wurde mechanisch und körpertechnisch operationalisiert. Damit war der *acoustic (battle)space* nicht mehr nur de facto vorhanden, sondern wurde geomedial informativ. Diese Hinwendung zur Bedeutung der irreduziblen akustischen Dimension von Kultur ist im historischen Kontext des 19. Jahrhunderts selbstredend kein Unikum der Theaterarchitekturtheorie (vgl. Kap. 1) oder des Schlachtfeldes. Über die Akustizität bspw. des Schreibens findet sich in Goethes *Dichtung und Wahrheit* die Aussage, dass ihn das „Schnarren und Spritzen der Feder“ aus dem „nachtwandlerischen Dichten aufweckte“.⁴⁶ Eine ähnliche „Schreibszene“,⁴⁷ die neben der Materialität der Schreibutensilien die Klanglichkeit des Schreibens selbst betonte, findet sich bei Friedrich Nietzsche, der sein Schreiben beschrieb: „In meiner Stube ist es totenstill – meine Feder kratzt nur auf dem Papier – denn ich liebe es schreibend zu denken (...)“.⁴⁸ Ebenso fänden sich naturromantische Beschreibungen, die der Akustik eine entscheidende Rolle in der menschlichen Wahrnehmung zuwiesen, wie es bspw. der einleitende Satz von William Gardiners *The Music of Nature* zeigt: „There is nothing in nature that arouses our attention, or impress our feelings more quickly, than a sound (...)“.⁴⁹ Bedeutend bei den akustischen Distanzmessern ist im Gegensatz zu diesen Beschreibungen, dass die Klanglichkeit des Kriegsfeldes nicht nur schlicht bemerkt wurde. Vielmehr wurde sie *produktiv*, nämlich als *raumbasiertes Zeitphänomen*, das – mediengeographisch interpretiert – zur Produktion von Daten des Georaums genutzt wurde. Der Zeitindex akustischer Übertragungen, wie er sich zuvor im Theater störend zu hören gab, erlaubte nunmehr militärisch entscheidende Geodaten zu produzieren. Aufgrund der handlichen Affordanz des technischen Geräts – im historischen Kontext wurde von seiner „sicheren Handhabung“⁵⁰ geschrieben – be-

46 von Goethe, Johann Wolfgang (1966 [1811-1830]): „Dichtung und Wahrheit (1811-1830)“, in: *Goethes Werke. Band 10. Hamburger Ausgabe in 14 Bänden*, hrsg. v. Erich Trunz, München, 81.

47 Zum Begriff vgl. Stingelin, Martin (2004): „Schreiben‘. Einleitung“, in: ders./Davide Giuriato/Sandro Zanetti (Hrsg.), *„Mir ekelt vor diesem tintenklecksenden Säkulum“. Schreibszenen im Zeitalter der Manuskripte*, München, 7-21.

48 Zit. n. Podach, Erich F. (1963): *Ein Blick in Notizbücher Nietzsches: Ewige Wiederkunft, Wille zur Macht, Ariadne; eine schaffensanalytische Studie*, Heidelberg, 194.

49 Gardiner, William (1841 [1832]): *The Music of Nature*, Boston, 13.

50 Scriba (1877): „Moderne Hilfsmittel der Kriegführung (2. Fortsetzung)“, 229.

schleunigte sich die Praxis der Entfernungsmessung auf die Geschwindigkeit von Schall. Den akustischen Telemetern ist damit die grundsätzliche sonische Verzeitlichung des (Kriegs-)Feldes epistemisch eingeschrieben.

Die akustischen Distanzmesser sind als modern zu betrachten. Sie erlaubten die echtzeitliche Produktion von Distanzdaten, ohne eine Bewegung des Subjekts zur körpertechnischen Quantisierung von Wegstrecken vorauszusetzen oder – wie im Falle der Beschreibung Schellendorffs – Entfernungsmessung auf subjektives ‚Augenmaß‘ zu stellen. Damit stehen die akustischen Distanzmesser paradigmatisch für eine Objektivierung von Entfernungsmessung auf akustischer Basis. Zwar basierten sie auf der menschlichen Wahrnehmung als kritischer Qualität, stellten Distanzdaten aber auf die sonische Basis der Verzögerung. D.h. sie fußten auf der Bewegung von Signalen statt Subjekten durch den Raum: Sie machten georäumliche Bestimmungen praktisch, handlich und sicher, bei einer potenziellen Demobilisierung des Subjekts. Wenn Julia Encke festhält, „[m]it der überlebensnotwendigen Einübung ins Hören kommt ein Interesse an der Schallwahrnehmung auf, das nach dem Krieg nicht plötzlich abbricht“⁵¹ und dies auf den Ersten Weltkrieg bezieht, zeigt sich anhand der akustischen Distanzmesser, dass militärisches Interesse am menschlichen Hören kein Novum des Ersten Weltkriegs war. Die Akzeptanz des menschlichen Gehörs als militärischer Aufklärungssinn, welche die Bedingung für die spätere Verwissenschaftlichung des menschlichen Hörens darstellte, war bereits wesentlich vor dem Ersten Weltkrieg gegeben. Ebenso datiert das Patent des s.g. Topophons des US-Amerikaners Alfred Mayer bereits auf das Jahr 1880; ein Gerät, welches späteren Richtungshörern ähnelte, obgleich es nicht verzögerungs-, sondern lautstärkekritisch funktionierte.

Welche Konsequenzen hatte die Praxis der akustischen Distanzmessung für das Hören? Ein Hören war es nach wie vor; eines jedoch, das nicht nach den hermeneutischen, also bewertenden oder interpretierenden Qualitäten des Menschen verlangte. Im Setting von akustischen Distanzmessern war das Hören zum bloßen Registrieren geworden, mithin ein operationalisiertes Hören und pure Wahrnehmungsphysiologie.⁵² Ähnlich unterschied Roland Barthes das physiologische Hören vom semantischen Zuhören.⁵³ Ebenso differenzierte der Elektrophysiologe,

51 Encke, Julia (2006): *Augenblicke der Gefahr. Der Krieg und die Sinne 1914-1934*, München, 151.

52 Damit vollzog das Hören im Feld eine ähnliche Entwicklung wie das Sehen, wie sich anhand historischer Beobachtungen kriegerischer Situationen von Ballons aus illustrieren lässt, vgl. Bender, Hendrik/Kanderske, Max (2022): „Co-Operative Aerial Images: A Geo-media History of the View from Above“, in: *New Media & Society* 24(11), 2468-2492.

53 Barthes, Roland (1990): „Zuhören“, in: ders.: *Der entgegenkommende und der stumpfe Sinn*, Frankfurt a.M., 249-263.

Physiker und Akustiker Hermann von Helmholtz das Hören in zwei Sphären: das „Empfinden“ und die „Vorstellung“, wobei das „Empfinden“ das wahrnehmungsphysiologische Hören benennt. „Empfinden“ sei das Empfangen von Schallwellen im Hörnerven, der dadurch in der Rhetorik von Helmholtz zum „Nervenapparat“ wurde. Die „Vorstellung“ sei dahingegen durch die „eigentümliche Tätigkeit der Seele“ gekennzeichnet, „um von der Empfindung der Nerven aus zu der Vorstellung desjenigen äusseren Objektes zu gelangen, welches die Empfindung erregt hat“.⁵⁴ Der mit dem akustischen Distanzmesser ausgestattete Soldat empfand im Sinne von *empfang*, hatte aber keine „Vorstellung“ zu haben, denn geistige Tätigkeit im Sinne hermeneutischer Bewertung des Gehörten war nicht notwendig. Genau hierin liegt die auditive Qualität des Schusses. Selbst wenn dieser von Menschen gehört wurde, war sein Subjekt kein Zuhörer, sondern vielmehr mechanisch prozessierender Empfänger und dadurch wahrnehmungsphysiologischer Apparat. So attestierte 1923 der u.a. Musikethnologe Erich Moritz von Hornbostel – auf dessen hörexperimentelle Forschung gleich noch weiter einzugehen sein wird – den menschlichen Sinnen und damit dem Hören, in erster Linie der räumlichen Wahrnehmung statt den wahrgenommenen Phänomenen zweckdienlich zu sein: „Die Sinne sind zunächst zur Orientierung in der Welt da, nicht zu phänomenologischen Beobachtungen.“⁵⁵ Diese buchstäblich richtungsweisende Definition des Hörens („Orientierung“) sollte mitnichten metaphorisch gelesen werden. Sie war wesentliches Resultat seiner experimentellen Erforschung des delaykonstitutiven Anteils am menschlichen Richtungshören.

Sensibilisierte Ohren I – im Feld

Interessant sind die akustischen Distanzmesser, da sie für eine ihrerzeit neue Sensibilisierung des Hörens zum räumlichen Erkenntnisgewinn und Aufwertung des Ohrs, mithin eine „Mobilisierung des Ohrs zu einem militärischen Erkenntnisorgan“⁵⁶ stehen. Zwar unterschied sich die militärische Situation in der zweiten Hälft-

54 von Helmholtz, Hermann (1904 [1857]): „Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie“, in ders.: *Populäre Vorträge*, hrsg. v. Daniel Bussier, Boston et al., 65.

55 von Hornbostel, Erich Moritz (1923): „Beobachtungen über ein- und zweiohriges Hören“, in: *Psychologische Forschung: Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften* 4, 64-114, 114.

56 Volmar, Axel (2014): „In Stahlgewittern. Mediale Rekonstruktionen der Klanglandschaft des Ersten Weltkriegs in der Weimarer Republik“, in: Natalie Binczek/Cornelia Epping-Jäger (Hrsg.), *Das Hörbuch: Praktiken audioliteralen Schreibens und Verstehens*, Paderborn, 47-63, 48.