

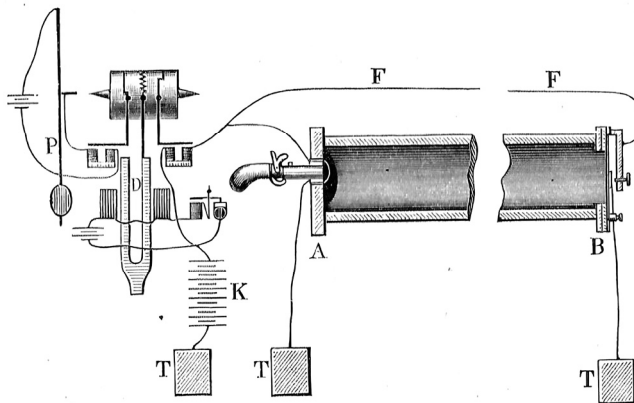


Abbildung 7: Schematisierung der experimentellen Anordnung zur Messung der Schallgeschwindigkeit in Röhren bei Regnault.

Orten: Zeit-Räumlichkeit des Schalls

Regnault brachte das Zeit-Raum-Regime des Schalls in Röhren unterschiedlichen Durchmessers auf konkrete Werte *und* er entwarf und beschrieb eine Messanordnung – quasi eine *open access*-Apparatur –, die es potenziell jedem Interessierten erlaubte, seine Versuche zu reproduzieren. Das Novum und die Pionierleistung Bontemps' war es, diese Regnault'sche Apparatur zu verwenden, aber mit dieser eine *andere* Frage zu beantworten. Er vertauschte die bekannten und unbekannten Parameter des Experimentalsystems miteinander: Bontemps galt es nicht, bei bekannter Länge eines Rohres eine vormalig unbekannte Schallgeschwindigkeit zu ermitteln, sondern mit nunmehr hinreichend validen Daten um akustische Delays den unbekannten Parameter ‚Rohrlänge‘ zu messen: nämlich den Abstand zwischen einer Rohrpoststation und einer steckengebliebenen Postbüchse. Mathematisch interpretiert handelte es sich bei beiden Verwendungsweisen derselben Apparatur – zur Bestimmung von Schallgeschwindigkeit bei bekannter Rohrlänge bzw. zur Bestimmung von Rohrlänge bei bekannter Schallgeschwindigkeit – um die Lösung derselben Formel; nur, dass jeweils eine andere Größe als Unbekannte galt. Bontemps adaptierte also Regnaults Verfahren unter vorzeichenverkehrten Bedingungen. War es zur Mitte des 19. Jahrhunderts Hermann von Helmholtz' Anliegen, die Zeitlichkeit der Wahrnehmung chronographisch zu bestimmen, galt es in der Praxis der Rohrpost circa 1875, chronographische Apparaturen zu verwenden, um Entfernungsmessung auf Basis der Messung der Verzögerung eines akustischen Impulses durchzuführen.

Bontemps überführte die bis dato rein physikalische Forschung Regnaults in den Bereich des Praktischen. Die Konkretisierung des Delays von Schall in Röhren

wurde produktiv: Bontemps operationalisierte die Raum-Zeit-Regime der Akustik zum historisch ersten Mal zu Zwecken der aktiven Ortung ‚unsichtbarer‘ Objekte via Schall. Damit realisierte die Apparatur das historisch erste technische Verfahren des *remote sensing* auf Basis von Laufzeitmessung und – das ist medienhistorisch von Bedeutung – ist das erste apparative Verfahren der Ferndetektion auf Basis der *Echoortung*. Denn im Unterschied zu Regnaults Anwendung des Experimentalsystems kam bei Bontemps nicht mehr am Ende eines Rohres der Zeitpunkt zur Markierung, wenn der Schall eines Pistolenschusses dieses erreichte. Es wurde jeder Zeitpunkt markiert, wenn das von einer steckengebliebenen Rohrpostbüchse reflektierte *Echo* wieder am *Anfang* des Rohres eintraf. Eine technikdeterministische Perspektivierung der Regnault’schen Apparatur zur Messung von Schallgeschwindigkeit würde seine Varianz verengen. Es waren Messpraktiken, die darüber entschieden, ob ein und dieselbe Technik Schallgeschwindigkeiten chronographisch zu verdaten erlaubte oder umgekehrt, auf Basis von Schallgeschwindigkeiten eine Prozedur der akustischen Lokalisation darstellte. Über die Neuartigkeit dieser Messtechnik („L’originalité de ces expériences“²⁴) im Dienste der nunmehr akustischen Ortung als Novum seinerzeit war sich Bontemps bewusst, auch, wenn er seine mediengenealogische Pionierleistung nicht erahnen konnte.

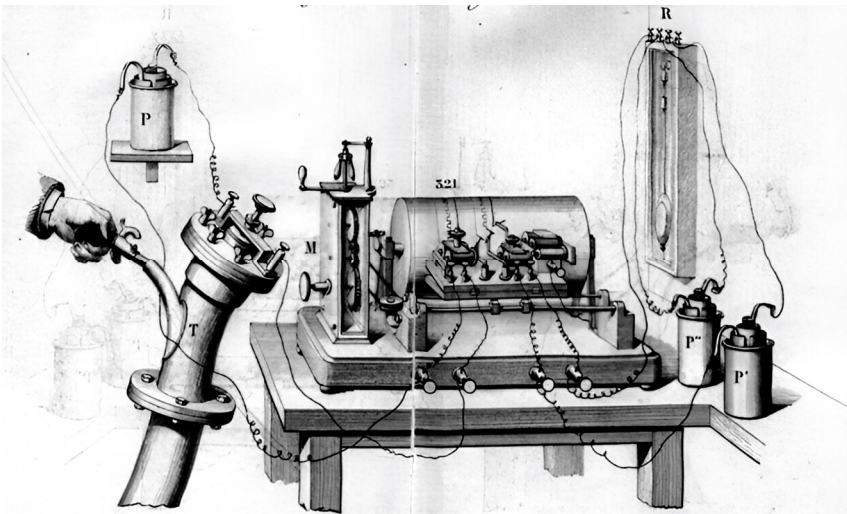


Abbildung 8: Messanordnung zur Echoortung steckengebliebener Rohrpostbüchsen nach Charles Bontemps (1876).

24 Bontemps (1876): *Les Systèmes Télégraphiques*, 329.

Die mechanische Komplexität des Verfahrens wird in einer Abbildung deutlich, die Bontemps seinem Buch über Telegraphie beifügte (vgl. Abb. 8). Von besonderem Interesse ist die zentral zu sehende Zylinderwalze mit berußtem Papier, auf der insgesamt drei Schwingungsvorgänge chronographisch verzeichnet wurden. Über das derart produzierte Chronogramm wurde das Delay zwischen Ortungsimpuls (Pistolenknall) und seinem von einer steckengebliebenen Rohrpostbüchse reflektierten Echo bestimmt. Damit diese Translation einer Zeit- in eine Raumdifferenz auf dem berußten Papier mathematisierbar, d.h. in numerische Daten überführbar wurde, wurde neben den sukzessiven Echos (vgl. Abb. 9 oben) die Schwingung eines Sekundenpendels binär verzeichnet (vgl. ebd. mittig), ebenso die Schwingungen einer ‚zeitschreibenden Stimmgabel‘, die in diesem Fall eine Frequenz von 33 Hz hatte (vgl. ebd. unten).



Abbildung 9: Das visuelle Regime der Elektrochronographie zur Errechnung räumlicher Entfernung auf Basis des Delays eines akustischen Impulses bei Bontemps.

Dadurch gestaltete sich die Ortung von Störungen im Rohrpostkanal als chronographische Praktik aus, ein als Abzählen von Stimmgabelschwingungen, die zwischen einem Echo und dem nächsten vergingen. Wie Bontemps selbst berichtete:

„Si l'on réussit à évaluer l'intervalle de temps écoulé entre les apparitions des deux marques, il est aisé de voir qu'on pourra calculer la distance de la membrane à l'obstacle.“ („Wenn es uns gelingt, das Zeitintervall zwischen zwei Markierungen [d.h. zwei sukzessiven Echos] zu bestimmen, ist es leicht zu sehen, dass wir die Entfernung zwischen Membran und Hindernis [die steckengebliebene Rohrpostbüchse] berechnen können.“)²⁵

Die Anzahl chronographisch aufgezeichneter Stimmgabelschwingungen zwischen zwei sukzessiven Echos wurde durch zwei dividiert, da es sich schließlich um ein Echo handelte und somit die doppelte Schallstrecke. Dieses Ergebnis wurde mit der von Regnault ermittelten Schallgeschwindigkeit (rund 330 m/s) multipliziert. Im konkreten Fall der chronographischen Abbildung (vgl. Abb. 9) konnte abgelesen werden, dass Echos von einer steckengebliebenen Rohrpostbüchse alle 12/33

25 Bontemps (1876): *Les Systèmes Télégraphiques*, 329.

Sekunde verzeichnet wurden. Die Störung befand sich folglich in einer Entfernung von 60 m zur Messapparatur.

Am Ende der Übersetzungskette stand ein Datum: eine numerische Angabe, die im Idealfall mit der Entfernung zwischen einer Rohrpoststation und einer steckengebliebenen Postbüchse korrespondierte. Die Räumlichkeit von Schall wurde mithin zeitkritisch in eine Zahl übersetzt, die auf eine Geoposition im Raum verwies. An jener Stelle wurde das gestörte Postrohr geöffnet und die Büchse manuell entfernt. Damit handelt es sich bei dem Verfahren um ein frühes Geomedium, das eine Virtualisierung des Raums begründete, insofern Entfernungen zu unsichtbaren Objekten zahlenmäßig verhandelt werden konnten. Die mit jeder Ortung notwendig einhergehende chronographische Darstellung ist bereits als „Phänomenotechnik“ im Sinne Gaston Bachelards zu bewerten.²⁶ Das Verfahren erzeugte graphische Erkenntnisobjekte, auf deren Basis Positionsdaten materieller Objekte des Georaums berechnet wurden. Aus diesem Grund handelte es sich um eine mediale Prozedur: Einerseits erzeugte sie technische Einsichtigkeit ansonsten uneinsichtiger Rohre; andererseits setzte sie auf Basis von Chronogrammen eine rechnerische Praxis mit Daten voraus – eine, die im historischen Kontext von menschlichen Akteuren geleistet wurde.

Gleichwohl die oben gegebene, nüchterne Beschreibung des Verfahrens seine Brisanz fast zu negieren scheint, ist Bontemps' s.g. *chronographe enregistreur* als posthistorisches Artefakt hinsichtlich einer Technik- und Wissensgeschichte der Akustik und medienwissenschaftlich von erheblicher Signifikanz. Bontemps' inverse Adaption des Regnault'schen Verfahrens markiert den Anbeginn einer Medientechnikgeschichte, die sich im 20. Jahrhundert in so bedeutenden Techniken wie dem Echolot, dem aktiven Sonar, der Sonographie, dem Impulsradar oder dem GPS fort schreibt. Alle diese Medientechniken messen zwar räumliche Entfernung, aber eigentlich Zeit, nämlich Delays: die Übertragungszeit akustischer bzw. im Fall von Radar und GPS elektromagnetischer Impulse oder Signale. Aus diesen Delays zwischen Senden und Empfangen eines Impulses oder Signals wird erst eine räumliche Größe ermittelt. Diese temporale Verdatung des Georaums qua Delay war dem Verfahren bereits inhärent. Die epistemische Pionierleistung Bontemps' bestand darin, die Ausbreitungszeit von Schall nicht als zweckfreie Nebenbedingung jeder akustischen Übertragung zu interpretieren, sondern Delay strategisch zu nutzen.

26 Gaston Bachelard prägte den Begriff der „Phänomenotechnik“ in den 1930er Jahren und referierte mit diesem unter anderem auf wissenschaftliche Bilder, die das, was sie zu zeigen vorgeben, selbst erst hervorbringen und damit selbst zu Erkenntnisobjekten werden. Zum Begriff siehe auch Rheinberger, Hans-Jörg (2004): „Gaston Bachelard und der Begriff der ‚Phänomenotechnik‘“, in: Marc Schalenberg/Peter T. Walther (Hrsg.), *„immer im Forschen bleiben“: Rüdiger vom Bruch zum 60. Geburtstag*, Stuttgart, 297-310.

Dadurch wurde Akustik zum ersten Mal zu Zwecken der aktiven Entfernungsmessung, nämlich der Echoortung, operationalisiert. Der informative Gehalt bei einer Übertragung von Schall bestand bei Bontemps nicht länger im semantischen Sinn einer Botschaft, sondern lag in der Zeitlichkeit der Übertragung selbst. Delay war zur Botschaft einer Apparatur geworden: Die situierte Verzögerung einer Sendung war Teil einer geomedialen Strategie zur Akquise von Daten des Raums.

Medien der aktiven Ortung sind aus dem medienkulturellen Alltag nicht wegzudenken. Wie es diese Arbeit im Folgenden historisch aufarbeitet, wird auf ihrer Basis bspw. der Luftraum organisiert und es wird navigiert (Radar); es findet die Vermessung der Tiefen des Ozeans und das Auffinden von U-Booten statt (Echolot und Sonar); und es werden immanente Strukturen biologischer Körper untersucht (Sonographie). Umso mehr erstaunt, dass die Geschichte der aktiven Ortungstechnik noch aussteht und folglich ihr Ursprung einer wissenschaftlichen Aufarbeitung harrt – und Bontemps Ortungsverfahren bisher unbeachtet blieb. Dieses stellt ein wissenschafts-, technik- und medienhistorisches Desiderat dar. Spannend ist die Apparatur Bontemps' daher insbesondere in mediengenealogischer Perspektive. Das originär in der Pariser Rohrpost praktizierte Verfahren steht am Anbeginn einer Genealogie, die sich im Echolot, dem Sonar, Radar und der Sonographie fort schreibt. Echoortung emergierte mithin nicht etwa im Krieg, sondern fand im zivilen Kontext der Post ihren Ursprung. Dies stärkt einmal mehr die These, dass es nicht allein kriegserische Eskalationen sind, die – im Sinne Friedrich Kittlers – medientechnische Eskalationen folgen lassen,²⁷ sondern, dass das zivile Postwesen seinen maßgeblichen Anteil an medientechnischen Innovationen hat.²⁸

Die technisch-apparative Bedingung der Delaymessung bei Bontemps mag sich vom Radar oder digitalen Verfahren massiv unterscheiden – finden jene doch meist automatisiert in Mikrochips wie jenen miniaturisierten GPS-Empfängern in Smartphones statt. Im 19. Jahrhundert gestaltete sie sich noch chronographisch aus, basierte auf elektromechanischen Apparaturen und war genuin an menschliche Rechenpraxis gekoppelt. Die apparativen Verfahren Regnaults und Bontemps' sind programmatische Beispiele für „Selbstschreibeverfahren“ bzw. „Selbstschreibearparaturen“, deren chronographischen Kurvenbildern im 19. Jahrhundert die

27 „Medien sind keine Pseudopodien, die der Menschenkörper ausfahren würde. Sie folgen der Logik der Eskalation, die uns und die Schrift-Geschichte hinter sich lässt“, schrieb Kittler, Friedrich A. (1993): „Geschichte der Kommunikationsmedien“, in: Jörg Huber/Alois Martin Müller (Hrsg.), *Raum und Verfahren*, Basel, 169-188.

28 Dies haben u.a. Bernhard Siegert oder Elena Fingerhut gezeigt: Siegert, Bernhard (1993): *Relais. Geschicke der Literatur als Epoche der Post*, Berlin; Fingerhut, Elena (2019): „Übertragen und Speichern. Zum Verhältnis von Adressen und medialen Gehäusen“, in: Christina Bartz et al. (Hrsg.), *Gehäuse. Mediale Einkapselungen*, Paderborn, 343-361.

höchste Objektivität bescheinigt wurde.²⁹ Für die Verfahren ist kennzeichnend, dass sie nicht in menschlichen Sensorien ihre kritische Bedingung fanden, sondern Detektionen – welcher Art auch immer – weitgehend automatisiert und d.h. objektiviert vollzogen. So funktionalisierten die Messverfahren von Regnault und Bontemps eine Kautschukmembran als Registrierfläche und basierten mithin auf einem hochsensiblen quasi-kybernetischen Ohr, so Bontemps: einem „oreille artificielle plus sensible que l'oreille humaine“.³⁰

Das Moderne an den experimentellen Schallmessungen, die um 1850 ansetzten und für deren Objektivitätsideale Regnault paradigmatisch einsteht, ist, dass sie nicht über menschliche Ohren liefen. Marin Mersenne, Athanasius Kircher, aber auch spätere Experimente wie die der Pariser Akademie der Wissenschaften im Jahr 1738, die von Johann Friedrich Benzenberg 1809 und 1811 in Ratingen oder die im Juni 1822 in der Nähe von Paris von u.a. Alexander von Humboldt durchgeführten Experimente zur Schallgeschwindigkeitsmessung – sie alle eint, dass sie zur Zeitmessung menschliche Sensorien verwendeten. Sie alle bestimmten Delays mit neurophysiologischen statt medientechnischen Apparaten. Die Automatisierung der Delaymessung und Exklusion menschlicher Ohren aus dem Messvorgang in der Apparatur von Regnault wurde daher in den Schriften zur Akustik ihrerzeit betont, wie etwa in Radaus *Lehre vom Schall*:

„Die Ankunft des Schalls [in der Experimentalanordnung von Regnault] wurde nicht durch das Ohr, sondern durch gespannte Membranen erkannt, von welchen ein leicht bewegliches Pendel zurückprallte und dadurch einen electrischen Strom unterbrach. Die Erschütterung der Membranen konnte auf diese Art, ebensowohl als der Augenblick des Schusses, telegraphisch registriert werden. Auf einem mit Ruß überzogenen, sich allmähig von einer Rolle abwickelnden Papierstreifen markirte eine elektrische Pendeluhr die Secunden neben einer beständig vibrirenden Stimmgabel, welche mit einer biegsamen Spitze die Hundertstel-Secunden in den Ruß einzeichnete. Längs der Zeitlinie markirte der Telegraph die Schüsse und die Ankunft des Schalles vor den verschiedenen Membranen, die Zwischenzeiten konnten also bis auf kleine Bruchtheile einer Secunde abgelesen werden.“³¹

Damit ging für die beteiligten menschlichen Akteure ein epistemischer Sinneswechsel vom Ohr zum Auge einher, der sich für die weitere Mediengeschichte des Delays im 20. Jahrhundert als nachhaltig erweisen wird. Wo vormals gehört wur-

29 Vgl. Rieger, Stefan (2009): *Schall und Rauch. Eine Mediengeschichte der Kurve*, Frankfurt a.M.

30 Bontemps (1876): *Les Systèmes Télégraphiques*, 329.

31 Radau (1875): *Die Lehre vom Schall*, 78.

de, wurde nunmehr ‚gelesen‘. Das ‚Ohr‘ war durch ‚gespannte Membranen‘ ersetzt worden. Nun wurde in Referenz zu einer Zeitschrift zweiter Ordnung, nämlich einer Stimmgabelschwingung, nicht mehr gewissenhaft gelauscht, sondern ‚telegraphisch registriert‘. Abgesehen von einer möglichen Kritik an den mechanischen Objektivitätsidealen, für die sich die Quelle verbürgt, bleibt festzuhalten, dass obgleich das Verfahren auf Akustik basierte, die automatisierte graphische Fixierung und mithin ein visuelles Regime von Delays entscheidend für die Funktionalität der Schalldetektion unsichtbarer Rohrpostbüchsen war.

Anhand der wenigen vorhandenen Quellen zum Thema lässt sich ersehen, dass das Verfahren der Echoortung von Bontemps in der Rohrpost in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts tatsächlich praktiziert wurde.³² Wie viele derartige Apparaturen international Verwendung fanden, lässt sich aber nicht rekonstruieren. Dies schränkt das Novum der apparativen Methode weder ein noch ändert es etwas daran, dass es das historisch erste technische Verfahren der Echoortung war; ein Verfahren, dessen sonische Episteme im 20. Jahrhundert in unterschiedlichsten Umwelten der Echoortung und Laufzeitmessung erneut technisch brisant und praktiziert werden sollten. Dass das Verfahren aber im 19. Jahrhundert noch ein Nischendasein fristete, lässt sich auch daran ablesen, dass es fortwährend singular an den Namen Bontemps gekoppelt war und sich die Zirkulation seiner Beschreibung entsprechend ausgestaltete. Bontemps berichtete über das Verfahren zunächst 1873 auf französisch im *Journal de Physique Théorique et Appliquée*,³³ 1874 wurde der kurze Artikel identisch in englischer Übersetzung im *Journal of the Society of Telegraph Engineers* abgedruckt³⁴ und 1875 erneut in den *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*.³⁵ 1876 beschrieb Bontemps das Verfahren erneut in seiner bereits erwähnten Übersichtsdarstellung telegraphischer Verfahren,³⁶ 1881 wurde die Beschreibung erneut identisch im *Dictionary of Engineering* abgedruckt.³⁷ Noch 1897 druckte Birney Clark Batcheller, der die ers-

32 Vgl. Jüllig, Max (1881): „Ueber akustische Distanzmessung. Vortrag, gehalten am 17. November 1880“, in: *Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse* 21, 55-87, 86. Zur vertiefenden Diskussion der Quelle vgl. Kap. 4.

33 Bontemps, Charles (1873): „Note sur un procédé pour la détermination du point d’arrêt d’un convoi de dépêches dans les tubes pneumatiques“, in: *Journal de Physique Théorique et Appliquée* 2(1), 257-260.

34 Bontemps, Charles (1874): „Note on a Method of Discovering the Point of Stoppage of a Carrier in Pneumatic Tubes“, in: *Journal of the Society of Telegraph Engineers* 3(7), 500-502.

35 Bontemps (1875): „The Pneumatic Telegraphs of Paris“, 132-134.

36 Bontemps (1876): *Les Systèmes Télégraphiques*, 327ff.

37 Spon, Ernest (1881) (Hrsg.), *Supplement to Spons’ Dictionary of Engineering, Civil, Mechanical, Military, and Naval. Division III*, London, 943.

te US-amerikanische Rohrpost in Philadelphia und die New Yorker Rohrpostinfrastruktur mitkonzipierte, die Beschreibung in seiner Überblicksdarstellung über pneumatische Postanlagen ab.³⁸ Batcheller fügte dem Nachdruck der Beschreibung Bontemps' den Kommentar hinzu, dass er selbst von der Beseitigung von Störungen in Postrohren „no experience“ habe und deshalb Bontemps zitieren müsse – dessen Artikel zu diesem Zeitpunkt wohlgerne schon 24 Jahre alt war.

Über die Gründe dafür, dass Bontemps' apparatives Verfahren elektromechanischer Delaymessung zum Zwecke des *remote sensing* seinerzeit singulär stand, ließe sich nur spekulieren. Wohl war die Apparatur, medienökologisch gesprochen, spezifisch in ihrer Umwelt eingenischt. Sie konnte Entfernungsmessung halbautomatisiert in Röhren ausführen – im freien Feld oder anderen Räumen hätte die chronographische Methode mit ihrer Kautschukmembran als Schwingungsdetektor jedoch versagt. Außerhalb des geschlossenen Raums enger Röhren ist Echoortung im physikalischen Medium der Luft über weite Distanzen nicht praktikabel, da starke Beugungen des Schallstrahls auftreten und Schallimpulse schnell an Intensität verlieren. Zudem bedurfte die Apparatur eines komplexen Aufbaus, der wenig bis keine Mobilität versprach. Die Apparatur konnte folglich nicht kurzfristig zur Detektion neuer Störungen bewegt werden. Daher waren es in der Praxis ihrerzeit vornehmlich passiv operierende Delay-Techniken, die Anwendung fanden. Diese meist auf dem menschlichen Gehör basierenden Delaypraktiken und die sie evozierenden Techniken stehen im Fokus des folgenden Kapitels.

38 Batcheller, Birney Clark (1897): *The Pneumatic Despatch Tube System of the Batcheller Pneumatic Tube Co. Also Facts and General Information Relating to Pneumatic Despatch Tubes*, Philadelphia, 143-147.

