



Axel Volmar

KLANG-EXPERIMENTE

Die auditive Kultur der Naturwissenschaften 1761–1961

Klang-Experimente

Axel Volmar ist Mellon Post-Doctoral Fellow am Department für Art History & Communication Studies der McGill University (Montreal). Zuvor arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Musik und Medien der Humboldt-Universität zu Berlin sowie am Medienwissenschaftlichen Seminar der Universität Siegen. Volmar ist Sprecher der AG Auditive Kultur und Sound Studies der Gesellschaft für Medienwissenschaft (GfM) und Mitglied des internationalen und interdisziplinären DFG-Forschernetzwerks »Hör-Wissen im Wandel. Zur Wissensgeschichte des Hörens in der Moderne«.

Axel Volmar

Klang-Experimente

Die auditive Kultur der Naturwissenschaften
1761–1961

Campus Verlag
Frankfurt/New York

Gedruckt aus den Mitteln des Helmut-Kreuzer-Forschungspreises
der Siegener Medienwissenschaft.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-593-50278-6 Print

ISBN 978-3-593-43231-1 E-Book (PDF)

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Copyright © 2015 Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main

Umschlaggestaltung: Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main

Umschlagmotiv: Umschlagmotiv: © Unbekannter Fotograf, »Übersicht über die Aufstellung der Anordnung zur Herztonverstärkung mit Mikrofonen« (1927), aus: Ferdinand Scheminzky, »Untersuchungen über die Verstärkung und graphische Registrierung von Schallerscheinungen über Herz und Lunge mittels Elektronenröhren; Konstruktion eines Elektrostethoskops«, Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin, Jg. 57, H. 1 (1927), S. 480.

Druck und Bindung: Beltz Bad Langensalza GmbH

Gedruckt auf Papier aus zertifizierten Rohstoffen (FSC/PEFC).

Printed in Germany

www.campus.de

Inhalt

Erkenntnisform Klang-Experiment	7
Sinnliche Erkenntnis	9
Die auditive Kultur der Naturwissenschaften	13
Kapitelübersicht	19
1. Mit den Ohren sehen. Diagnostische Hörtechniken um 1800	22
Auenbruggers Perkussion: Patientenkörper als Resonanzraum ...	24
Laënnecs Stethoskop: Die akustische Vermessung des Körpers ..	36
Geräusche und Schattenbilder	46
Medizinisches Medientheater auf dem Zauberberg	51
Resümee: Hörsysteme und geschulte Ohren	55
2. Das Unsichtbare hörbar machen. Das Telefon als Instrument der Elektrophysiologie	60
»Ruft man ihm zu: Zucke! so zuckt der Schenkel«	62
Das Telefon als Elektrometer und akustische Anzeige	65
»Telephonische Methode« und grafische Repräsentation	76
Mediatisierte Auskultationen	80
Resümee: Akustische Anzeigen im Labor	85
3. Das Ohr im Feld. Hörtechniken und Schallmessverfahren im Ersten Weltkrieg	88
Hören an allen Fronten	90
Formen akustischer Aufklärung	93
Nach dem Krieg: Hörerfahrungen kommunizieren	100
Demobilisierung des Ohrs	106
Resümee: Klanglandschaften und funktionale Hörräume	112

4. Das Knacken des Geigerzählers. Akustische Darstellung im Dienst der Strahlenphysik	115
Frühe Verfahren zum Nachweis von Radioaktivität	116
Akustische Beobachtung mit dem Telefon	123
Ein »Trommelfeuer von akustischen Signalen«	128
Jenseits des Labors: Geigerzähler als Suchtechnologien	134
Resümee: Vom Klang des Labors zum Sound der Gefahr	139
5. Der Sound des Kalten Krieges. Seismogramme, Psychoakustik und das Atomteststoppabkommen	147
Das »Detection problem« oder: Wissenschaft macht Politik	149
Ein akustisches Display für den Weltfrieden	154
An der Heimatfront des Kalten Krieges	162
The method, not the man: Das zweite Team	166
Resümee: Die Politik des Geräuschs	174
Epistemische Klänge und wissenschaftliches Hören	179
Anmerkungen	187
Abbildungsnachweise	209
Literatur	211
Dank	229

Erkenntnisform Klang-Experiment

»Was ist Hören? Das Aufspüren eines Signals inmitten des Hintergrundrauschens.«¹

Michel Serres

Im Jahr 1761 erschien im Verlagshaus Thomas Trattner die medizinische Abhandlung *Inventum novum ex percussione thoracis humani ut signo abstrusos interni pectoris morbos detegendi*.² In diesem schmalen, kaum hundert Seiten umfassenden Bändchen beschreibt der Wiener Spitalsarzt Joseph Leopold Auenbrugger die von ihm entwickelte Methode der Perkussion, ein diagnostisches Verfahren zur Erkennung von Brustkrankheiten durch das Abklopfen des Oberkörpers. Die Vorrede beginnt mit den Worten:

»Ich lege dir, günstiger Leser, ein neues von mir erfundenes Zeichen vor zur Entdeckung der Brustkrankheiten. Es besteht dies im Anschlagen an den menschlichen Brustkorb, aus dessen verschiedenem Widerhall der Töne sich ein Urteil über den inneren Zustand dieser Höhle gewinnen läßt. Weder der Anreiz zur Schriftstellerei noch der Überschwang der Spekulationen, sondern die siebenjährige Beobachtung war der Grund, das über diesen Gegenstand Entdeckte einzuteilen, zu ordnen und herauszugeben. [...] Ich schrieb dasjenige nieder, was ich nach dem Zeugnis meiner Sinne unter Mühen und Anstrengungen immer wiederum in Erfahrung gebracht habe.«³

Die Perkussion wird bis heute praktiziert und gilt als ein entscheidender Schritt in der Entwicklung physikalischer Untersuchungsmethoden. Viktor Fossel, der 1912 für die von Karl Sudhoff herausgegebene Reihe »Klassiker der Medizin« eine Neuübersetzung aus dem Lateinischen unternahm, schreibt in seiner Einleitung sogar zuversichtlich, die Perkussion dürfe »die bedeutendste Leistung der Heilkunde des 18. Jahrhunderts genannt werden.«⁴ Fossel stellt dabei insbesondere den »naturwissenschaftliche[n] Charakter« der Methode heraus und betont, diese sei »auf dem Boden der Erfahrung und Beobachtung ausgereift und erst dann ans Licht gekommen, nachdem die Versuche die Überprüfung bestanden, das Experiment bis zur Höhe des strikten Beweises gediehen war.«⁵ Der emphatische Bezug zum naturwissenschaftlichen Experiment ist in diesem Fall insofern bemerkenswert, da die Verwissenschaftlichung der ärztlichen Diagnose mit einem

Rückgriff auf das Ohr als beobachtendem Sinnesorgan einhergeht. Mit anderen Worten: Die Bestimmung von Krankheit wird bei Auenbrugger zur akustischen Experimentalsituation.

Mit der Perkussion kündigt sich Mitte des 18. Jahrhunderts ein spezifischer Erkenntnistyp an, der im Folgenden den Gegenstand dieser Studie bilden wird: Im Zuge der Verbreitung empirischer Methoden auf der epistemologischen Grundlage des wissenschaftlichen Versuchs entdecken die Naturwissenschaften das Gehör als Erkenntnisorgan. Auenbruggers »Zeichen« kann dabei modellhaft für ein breites Spektrum von Anordnungen und Praktiken stehen, die das Hören – zunehmend auch in Verbindung mit technischen Medien – zur Produktion und Interpretation experimentell erzeugter Daten nutzten. Annähernd zur gleichen Zeit wie Auenbrugger entwickelte etwa der englische Astronom James Bradley die sogenannte Auge-und-Ohr-Methode, um eine höhere Präzision bei der Messung von Sterndurchgängen zu erreichen.⁶ Mit der Erfindung des Stethoskops und der Auskultationsmethode durch den Pariser Arzt René Laënnec im Jahr 1816 entstand wiederum eine weitere und nicht minder revolutionäre diagnostische Hörtechnik im Bereich der Medizin. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts übernahmen Psychologen wie Wilhelm Wundt astronomische Experimentalanordnungen wie etwa die Auge-und-Ohr-Methode zur Durchführung von Reaktionsexperimenten, während in den Lebenswissenschaften das Telefon zur Beobachtung von Muskel- und Nervenströmen verwendet wurde.⁷ Diese Entwicklung setzte sich im 20. Jahrhundert fort. So entwarfen Experimentalpsychologen im Ersten Weltkrieg Apparate zur akustischen Lokalisation von Geschützen, Flugzeugen und Schiffen. Mit der Bioakustik bildete sich um die Analyse von Tierlauten ein ganzer Forschungszweig heraus.⁸ Akustische Darstellungen mit Geigerzählern bildeten seit den 1920er Jahren zudem einen festen Bestandteil strahlenphysikalischer Experimente zur Erforschung von Radioaktivität. Im Juni 1961, zweihundert Jahre nach der Veröffentlichung von Auenbruggers Traktat, berichtete der Psychoakustiker Sheridan Speeth schließlich von einem digitalen »akustischen Display«, mit dem dieser unter anderem Musiker darauf trainiert hatte, in den menschlichen Hörbereich transponierte Seismogramme von Erdbeben und unterirdischen Atombombentests anhand ihres Klangs zu unterscheiden. Dieses Testverfahren, das zur Überwachung eines potentiellen Atomwaffensperrvertrags dienen sollte, gilt als ein wesentlicher Vorläufer der sogenannten »Sonifikation«, das akustische Pendant zur wissenschaftlichen Datenvisualisierung. Seit 1992 existiert mit

der International Community for Auditory Display (ICAD) eine internationale Fachgesellschaft, die sich primär mit der Erforschung von Sonifikationsverfahren und akustischer Datenrepräsentation beschäftigt.⁹ Gerade in den vergangenen zehn Jahren haben Ansätze von Wissenschaftlern, die ihr Datenmaterial zu Analyse Zwecken oder zur Veranschaulichung in einer akustischen Form aufbereiten und auf diese Weise etwa vulkanischer Aktivität (Geologie), Sonnenwinden und Gravitationswellen (Astronomie), simulierten Higgs-Bosonen (Teilchenphysik) oder Farbpigmenten (Restaurationswissenschaft) lauschen, eine erstaunliche Konjunktur in naturwissenschaftlichen Fachzeitschriften und den Wissenschaftsrubriken der Tagespresse erfahren.¹⁰

Das vorliegende Buch handelt von Versuchsanordnungen, die in der Geschichte der Naturwissenschaften und verwandter Gebiete dazu dienen, wissenschaftliche Erkenntnisse mithilfe des Gehörs und akustischer Technologien zu gewinnen. Dabei geht es explizit nicht um akustische und auditive Phänomene als *Gegenstände* wissenschaftlichen Erkenntnisinteresses (wie etwa in der Akustik oder der Stimm- und Hörphysiologie), sondern um ihre Funktion als epistemische *Werkzeuge* zur Produktion von Daten und Fakten, die Schlussfolgerungen auf der Grundlage wissenschaftlicher Kriterien erlaubten. In diesem Sinne wird im Folgenden von Klang-Experimenten die Rede sein.

Sinnliche Erkenntnis

Auditive Formen der Wissensproduktion werfen einige grundsätzliche Fragen auf, die den Stellenwert des Hörens in der westlichen Kultur im Allgemeinen und in der naturwissenschaftlichen Forschung im Besonderen betreffen – Formen auditiver Erkenntnisproduktion scheinen buchstäblich nicht in das Bild zu passen, das wir üblicherweise mit wissenschaftlicher Forschungspraxis verbinden. Das ist wenig überraschend, ist doch die moderne westliche Kulturgeschichte ihrer Selbsterzählung zufolge von einer »Hegemonie des Visuellen« bestimmt, die nicht zuletzt und gerade auch die Weisen der Erkenntnisproduktion betreffe.¹¹ Bereits Heraklit äußerte bekanntlich die Ansicht, dass die Augen »genauere Zeugen« als die Ohren seien.¹² Seit Platon ist die Suche nach Wahrheit und der Weg zu gesicherter Erkenntnis in visuelle Metaphern gefasst und im Bild einer »Hierarchie der

Sinne« – mit dem Auge an der Spitze – verdichtet worden: Das platonische Höhlengleichnis, in dem die im Schatten lebenden Unwissenden durch die Philosophie dem bildhaften Sonnenlicht der Erkenntnis zugeführt werden sollen, die Lichtmetaphysik des Mittelalters und die Lichtmetaphern der Aufklärung sind nur einige der bekanntesten Beispiele, die fest zum Selbstverständnis der abendländischen Kultur als einer spezifisch visuellen gehören. Mit Nietzsche und Heidegger ist in der Philosophie des 20. Jahrhunderts zwar auch Kritik an einem solchen Visualprimat der Moderne laut geworden – der Historiker Martin Jay hat in diesem Zusammenhang von einem »antiokularen Diskurs« gesprochen, dessen verbindendes Element eine Verunglimpfung des Sehens (»denigration of vision«) darstelle.¹³ Doch die kritische Haltung gegenüber der westlichen Fixierung auf das Visuelle scheint diese eher noch befeuert zu haben. Die große kulturhistorische These über die Differenz von Oralität und Literalität, der zufolge sich die westliche Kultur seit der Frühen Neuzeit und revolutioniert durch den Buchdruck zur symbolisch-ikonischen Kultur des bedruckten Papiers entwickelt habe, verlied dieser Vorstellung in den 1960er Jahren zusätzliche Kraft. Marshall McLuhan und Walter Ong assoziieren in ihren Schriften immer wieder die Medien Schrift und Bild mit Rationalität, Fortschritt und der generellen Überlegenheit des Westens, während Klänge und auditive Kulturtechniken als Merkmale schriftloser Kulturen ausgewiesen werden und das Hören vorwiegend mit Attributen wie Irrationalität und Empfindung, Spiritualität und Primitivität belegt wird.¹⁴

Vorstellungen über scheinbar natürliche Aufgaben und Funktionen der Sinne durchziehen die gesamte Philosophiegeschichte und haben dazu beigetragen, dass deren Hierarchisierung bis heute beständig reproduziert wird. Das betrifft insbesondere auch epistemologische Fragen. Immer wieder ist etwa behauptet worden, dass der Hörsinn einen unmittelbaren und vor allem »subjektiven« Zugang zur Welt darstelle, während der Sehsinn die Herstellung von kritischer Distanz und die Einnahme einer Perspektive erlaube, durch die erst ein »objektiver« und mithin wissenschaftlicher Zugriff auf die Welt erfolgen könne. Repräsentativ für ein solches Denken ist etwa der Versuch von Hans Jonas, die antik-griechische Ordnung der Sinne in seinem 1954 erschienenen Artikel *The Nobility of Sight* auf eine moderne phänomenologische Grundlage zu stellen. Jonas zufolge sei das Auge in der Tat das privilegierte Erkenntnisorgan und der Mensch infolgedessen eine »pre-eminently seeing creature«. Dabei artikuliert sich auch eine epistemologische Rangfolge der Sinne untereinander: Da sich nur dem Sehen die

Welt in ihrer Mannigfaltigkeit und räumlichen Tiefe unmittelbar und auf einen Blick erschließe, schreibt Jonas, seien auch Konzepte wie Unendlichkeit und Objektivität in besonderer Weise mit dem Sehsinn verbunden: »Only the simultaneity of image allows the beholder to compare and inter-relate: it not only offers many things at once, but offers them in their mutual proportion, and thus objectivity emerges pre-eminently from sight.«¹⁵ Auch Wolfgang Welsch nährt noch 1993 die Vorstellung von einer ontologischen Verfasstheit der Sinne:

»Die Seinsweise von Sichtbarem und Hörbarem ist grundsätzlich verschieden. Das Sichtbare verharrt in der Zeit, das Hörbare hingegen vergeht in der Zeit. Sehen hat es mit Beständigem, dauerhaft Seiendem zu tun, Hören hingegen mit Flüchtigem, Vergänglichem, Ereignishaftem. Daher gehört zum Sehen eine Ontologie des Seins, zum Hören hingegen eher ein Leben vom Ereignis her. Aus dem gleichen Grund hat das Sehen eine Affinität zu Erkenntnis und Wissenschaft, das Hören hingegen zu Glaube und Religion.«¹⁶

Generalisierende Bestimmungen der Sinne werden wie hier bei Welsch auffallend oft in Form von Gegensätzen und klaren Aufgabenverteilungen zwischen Auge und Ohr gefasst – Jonathan Sterne hat in seinem Buch *The Audible Past* vom Diskurs einer »audiovisuellen Litanei« gesprochen.¹⁷ Die Persistenz des Phänomens sei dafür verantwortlich, dass dem Akustischen bis heute ein prekärer epistemologischer Status eigne. Wissenschaftliche Klang-Experimente von der Perkussion bis zur aktuellen Sonifikationskultur scheinen vor diesem Hintergrund geradezu paradox: Denn wenn die westliche Kultur und mithin die Geschichte der Naturwissenschaften tatsächlich zutiefst oder gar ausschließlich auf visuellen Erkenntnisweisen und Repräsentationsformen beruhen würde, dürfte es auditive Formen der Wissensproduktion gar nicht geben. Indem epistemologische Konzepte wie Objektivität und Subjektivität direkt an bestimmte Wahrnehmungsmodi geknüpft werden, werden sie zu feststehenden, unwandelbaren Eigenschaften der Sinne erklärt und damit essentialisiert. Neuere Arbeiten aus dem Bereich der Sensory Studies und der Sound Studies haben die Gültigkeit derartig generalisierender Klassifizierungen (Sehen = räumlich, rational, objektivierend; Hören = zeitlich, affektiv, subjektivierend) in den letzten Jahren als ideologische Verkürzungen kritisiert, weil sie den Blick auf die Historizität der Sinne verstellen. Ontologische Bestimmungen der Sinne sind daher problematisch. Autoren wie Sterne oder Eric Leigh Schmidt haben stattdessen vorgeschlagen, die kulturelle und epistemologische Bedeutung der Sinne nicht auf scheinbar allgemeingültige Eigenschaften

ten zu reduzieren, sondern stattdessen die Kultur- und Wissenschaftsgeschichte konkreter Sinnes- und Medienpraktiken zu untersuchen und dabei insbesondere vermeintlich selbstverständliche Annahmen über den Sinn der Sinne zu hinterfragen.¹⁸ Historisch betrachtet stellt etwa wissenschaftliche Objektivität keine feststehende Kategorie dar, sondern entstand, wie die neuere Wissenschaftsgeschichte gezeigt hat, als Effekt spezifischer Forschungspraktiken und »epistemischer Tugenden«,¹⁹ die sich im Laufe der Zeit immer wieder veränderten. Ebenso auffällig wie suspekt ist auch die Abwesenheit von Medialitätsfragen im Diskurs der audiovisuellen Litanei. Wissenschaftliche Erkenntnisproduktion wird nicht durch den Gebrauch einer bestimmten Sinnesmodalität legitimiert, sondern von einer materiellen Kultur getragen, die die wissenschaftlichen Sinne durch Instrumente, Apparaturen und medientechnische Verfahren ergänzt, transzendiert oder substituiert.

Allerdings herrscht selbst in der Wissenschaftsgeschichte ein okularzentrischer beziehungsweise »planozentrischer«²⁰ Diskurs vor. So hat insbesondere das Problem der Repräsentation seit den 1980er Jahren zu einer verstärkten Auseinandersetzung mit visuell-grafischen Strategien der Erzeugung und Darstellung wissenschaftlicher Fakten, der Signifikanz von Inskriptionsprozessen und der lokalen Situiertheit wissenschaftlicher Erkenntnisproduktion geführt.²¹ Peter Galison hat in seinem Buch *Image and Logic* die zentrale Bedeutung von visueller Darstellung und Datenproduktion in der apparativen Kultur der Teilchenphysik aufgezeigt.²² Ihre Geschichte des Objektivitätsbegriffs haben Galison und Lorraine Daston ebenfalls primär am Beispiel des wissenschaftlichen Sehens und Bildermachens untersucht.²³ Bruno Latour hat die basalen Tätigkeiten wissenschaftlicher Praxis sogar explizit als ein »thinking with eyes and hands«²⁴ charakterisiert, während Michael Lynch wissenschaftliche Visualisierungen als die »externalisierte Retina« der Naturwissenschaften bezeichnet hat.²⁵

In ihrem Sammelband zur Geschichte der wissenschaftlichen Beobachtung heben Lorraine Daston und Elizabeth Lunbeck die Bedeutung des Zusammenspiels von wissenschaftlicher Wahrnehmung und technischen Werkzeugen hervor:

»Observation is the most pervasive and fundamental practice of all the modern sciences, both natural and human. Its instruments include not only the naked senses but also tools such as the telescope and microscope, the questionnaire, the photographic plate, the notebook, the glassed-in beehive, and myriad other ingenious inventions designed to make the invisible visible, the evanescent permanent, the abstract concrete.«²⁶

Obwohl allerdings die Praxis wissenschaftlicher Beobachtung hier zunächst auf die Sinne im Allgemeinen – »the naked senses« – bezogen wird, handelt es sich bei den im Anschluss angeführten Beispielen ausnahmslos um (zumeist technische) Verfahren, die das Unsichtbare *sichtbar* machen sollen. Ebenso verhält es sich bei Galison und Latour. Das Sehen als primärer Sinn wissenschaftlicher Erkenntnis sowie der Rückgriff auf Bildgebungs- und Aufschreibeverfahren im Rahmen von Forschungsprozessen gilt sowohl in den Naturwissenschaften selbst als auch in den mit ihnen befassten Metadisziplinen als offenbar ebenso selbstverständlich wie alternativlos.

Die auditive Kultur der Naturwissenschaften

Zweifelsohne nehmen der Sehsinn, optische Instrumente und grafisch-visuelle Repräsentationsverfahren eine zentrale Stellung bei der Produktion wissenschaftlicher Erkenntnis ein. Die Studie hat daher auch nicht die Absicht, die Bedeutung des Visuellen in der Wissenschaftsgeschichte zu relativieren oder gar zu bestreiten. Es geht ihr vielmehr darum, die Aufmerksamkeit auf Forschungspraktiken jenseits der visuellen Kultur der Wissenschaften zu lenken. Wissenschaftler sind ihren Gegenständen je nach Problemlage und Forschungsfrage von jeher mit allen zur Verfügung stehenden Sinnen und technischen Beobachtungs- und Darstellungsmitteln entgegengetreten. Die epistemologischen Implikationen von Hörpraktiken und akustischen Darstellungsformen sind jedoch bisher noch nicht in einem größeren historischen Zusammenhang untersucht worden. Akustische Phänomene und Hörwahrnehmungen wurden in der Wissenschaftsgeschichte vor allem im Rahmen von Historiografien der wissenschaftlichen Akustik und akustischer Medientechnologie behandelt.²⁷ Hinsichtlich ihrer möglichen Funktion als epistemisches Werkzeug sind der Klang und das Hören erst innerhalb der letzten Jahre gezielter thematisiert worden. So hat etwa Cyrus Mody die akustischen Gegebenheiten in den Laboren von Oberflächenphysikern analysiert und dabei beobachtet, dass wiederholt auftretende Geräusche, die etwa von der verwendeten Messtechnik verursacht werden, die Entstehung leiblich gebundenen Handlungswissens fördern, durch das die Forschenden intuitiv mit ihren Laborinstrumenten agieren.²⁸ Neuere Veröffentlichungen aus dem Bereich der Wissenschaftsgeschichte und den Science and Technology Studies haben darüber hinaus

gezeigt, dass das Ohr auch in der Geschichte der Naturwissenschaften immer wieder als Erkenntnisorgan rekrutiert wurde und häufig enge Verbindungen zwischen der naturwissenschaftlichen Forschung und der jeweils aktuellen Musikkultur und bestanden.²⁹

Klang-Experimente erzählt im Anschluss an diese Vorarbeiten eine Geschichte des Hörens, in der das Auditive nicht als das Andere, sondern als fester Bestandteil naturwissenschaftlicher Forschungspraxis begriffen wird. Die Studie versucht daher zu zeigen, dass neben der visuellen auch eine facettenreiche auditive Kultur der Naturwissenschaften existiert. Sie wird von der These geleitet, dass zweckgerichtete Techniken des Hörens und akustische Darstellungen schon seit der Aufklärung zur Produktion wissenschaftlicher Erkenntnis verwendet wurden, diese jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen genutzt und erfolgreich in die wissenschaftliche Forschungspraxis integriert wurden. Das Ziel der Studie besteht darin, diese Bedingungen herauszuarbeiten und dadurch einen Beitrag zur Sinnes- und Mediengeschichte der Naturwissenschaften zu leisten. Die Arbeit versteht sich somit auch als Komplementärgeschichte zu den existierenden wissenschaftshistorischen Arbeiten zur visuellen Kultur der Naturwissenschaften.

Wie aber schreibt man eine Geschichte epistemischer Klänge und wissenschaftlicher Hörpraktiken, von denen in der Regel keine Schallaufzeichnungen existieren und damit auch keine akustischen Archive? Wie lassen sich Verfahren auditiver Erkenntnisproduktion konkret untersuchen, beschreiben und analysieren? Um nicht in die Falle transhistorischer Essentialismen zu gehen, zielt die Studie nicht auf einen allgemeinen Vergleich von Seh- und Hörsinn beziehungsweise von Bildern und Klängen, sondern untersucht Hörpraktiken und akustische Apparaturen in konkreten wissenschaftlichen Forschungszusammenhängen. Praktiken und Technologien der auditiven Erkenntnisproduktion, die im Rahmen von Klang-Experimenten zum Einsatz kamen, bezeichne ich im Rückgriff auf Steven Feld im Folgenden als *akustemische Verfahren*. Als »Acoustemology« hat Feld einen methodischen Zugang beschrieben, der primär über das Ohr des im Feld befindlichen Ethnologen erfolgen soll.³⁰ Aus epistemologischer Sicht lässt sich unter dem Begriff der akustemischen Verfahren die Gesamtheit auditiver Praktiken und akustischer Verfahren und Technologien subsumieren, die der Erzeugung von Spuren, Daten, Fakten und anderen Formen von Wissen dienen können. Die Forschungskultur der Naturwissenschaften stellt dabei ein besonders geeignetes Untersuchungsfeld dar, um

Fragen hinsichtlich einer auditiven Produktion von Wissen zu behandeln und gleichzeitig die vermeintlich allgemeingültigen Funktionen der Sinne und ihre kulturellen Zuschreibungen zu hinterfragen, da gerade in den sogenannten exakten Wissenschaften die Ideale von Rationalität und Objektivität sowie die praktische Fabrikation »objektiver« Fakten einen privilegierten Platz einnehmen. Daher werden historische Fallbeispiele auditiver Erkenntnisproduktion untersucht, die bereits über längere Zeiträume hinweg mehr oder weniger erfolgreich in der Praxis eingesetzt wurden.

Die Studie schließt an theoretische und methodische Ansätze aus dem Bereich der neueren Wissenschaftsgeschichte und der Science and Technology Studies an. Zahlreiche Arbeiten zur sozialen Konstruktion von Wissen, aus dem Bereich des Neuen Experimentalismus und der historischen Epistemologie haben auf die soziale und situative Bedingtheit der Wissensproduktion verwiesen. Die Bedeutung von Phänomenen und ihren medialen Repräsentationen in wissenschaftlichen Forschungsprozessen kann nur im Spiegel spezifischer historischer und lokaler Umstände, sozialer Beziehungen und technischer Übersetzungsketten sinnvoll erklärt werden.³¹ Die Gegenstände der sinnlichen Wahrnehmung entfalten ihre epistemische Wirkmächtigkeit in experimentellen Forschungsprozessen nur zu einem geringen Teil aufgrund vermeintlich essentialistischer Gegebenheiten, sondern wesentlich durch das komplexe Zusammenwirken soziokultureller, lokaler, technischer und ästhetischer Kontexte, die historisch gewachsen und kontingent sind. Forschungsprozesse sind immer schon Sonderfälle, die von konkreten Umständen und vor allem von Hindernissen geprägt sind.

Im Anschluss an Michel Foucault lässt sich die Nutzung des Ohrs als Erkenntnisorgan in vielen Fällen auf konkrete, wenn auch zumeist lokale »Notstände« zurückführen, die den Prozess der Wissenserzeugung unterbrechen oder erschweren und die Forscher dazu zwingen, ihr Experimentalsystem, das Dispositiv der wissenschaftlichen Beobachtung und Datenproduktion, durch die Integration von neuen epistemischen Praktiken zu modifizieren.³² Klang-Experimente entstehen bevorzugt unter dem Eindruck vorherrschender Un-Sichtbarkeiten, das heißt in Situationen, in denen aus den unterschiedlichsten Gründen ein visueller Zugang zu den epistemischen Objekten versperrt oder deren Repräsentation mittels Visualisierung oder Inskription nicht möglich ist, so dass die Wahl alternativer Zugriffe begünstigt wird. Als Folge solcher Un-Sichtbarkeiten, so die The-

se, bildeten sich spezifische Konfigurationen aus, die zu räumlich und zeitlich begrenzten Konjunkturen auditiver Erkenntnisproduktion führten.

Um dem methodischen Problem der »Flüchtigkeit« von Klängen zu begegnen, bilden die primären Untersuchungsgegenstände der Fallanalysen nicht nur akustische (auf Schall bezogene) und auditive (auf die Hörwahrnehmung bezogene) Phänomene, sondern vor allem die lokalen soziotechnischen Konstellationen und Übersetzungsketten, in denen akustemische Verfahren klar bestimmbare Systemstellen besetzen. Die Bedeutung auditiver Erkenntnisweisen erschließt sich auf diese Weise weniger über die Klänge selbst als vielmehr über ihren Ort und ihre Funktion im epistemischen Netzwerk oder Experimentalsystem. Insbesondere Bruno Latours frühe Schriften bieten hier Ansatzpunkte. In seinem Aufsatz *Drawing Things Together* hat Latour die fundamentale Bedeutung von Papier und anderen physischen Inskriptionsflächen und Zeichenträgern für die Geschichte der Herstellung, Stabilisierung und Durchsetzung von Wissen herausgestellt.³³ In seinem Essay *The »Péofil« of Boa Vista* beschäftigt sich Latour außerdem mit der Nutzung wissenschaftlicher Bilder und Inskriptionsverfahren zur Produktion von »Referenzketten«. Er beschreibt den wissenschaftlichen Forschungsprozess als ein beständiges Überführen von Dingen in Worte, als eine Kette der Übersetzungen und Transformationen von Phänomenen aller Art in Anordnungen, Inskriptionen und Zeichen. Zum Abstraktionsprozess jeder Übersetzung gehöre, dass man immer etwas opfern müsse (Materie), um etwas Neues hinzugewinnen zu können (Symbolisches). Nur auf diesem Wege könnten sich neue Sichtweisen auf die Ausgangssituation und damit einhergehend auch neue Einsichten ergeben.³⁴ Bilder und Inskriptionen entfalten ihr erkenntniserzeugendes Potential also nicht aufgrund ihrer visuellen Verfasstheit als solcher – wie es etwa Wolfgang Welsch nahelegt –, sondern kraft ihrer Eigenschaft, auf vorgefundene Sachverhalte zurückverweisen und so die Elemente in einer Kette von Referenzen bilden zu können.³⁵ Latours Beobachtungen gehen allerdings implizit davon aus, dass wissenschaftliche »Einsichten« auch tatsächlich immer anhand von Inskriptionen (Schriften) und Visualisierungen (Bilder) gewonnen werden. Es besteht jedoch kein Grund zu der Annahme, dass Klänge nicht auf die gleiche Weise untersucht werden könnten wie Bilder und Inskriptionsverfahren. Es liegt daher nahe, die Funktionen epistemischer Klänge über die (oft intermedialen) Übersetzungs- und Operationsketten zu rekonstruieren, in die diese eingebettet sind, und dadurch ihren jeweiligen Platz innerhalb solcher Ketten zu bestimmen.³⁶ Daraus ergibt

sich zudem die Einsicht, dass Klänge nicht per se wissenstragend sind. Wie sich zeigen wird, waren in vielen Fällen aufwändige Übertragungen und Zuordnungsprozesse nötig, um Klänge in akustische Repräsentationen beobachteter Phänomene zu transformieren. Die Resultate solcher Konstruktionsprozesse schlagen sich in spezifischen Repertoires aus Klangzeichen, Taxonomien und Vokabularien sowie seltener auch in Form von Schallarchiven und akustischen Atlanten nieder, deren Analyse wiederum Aufschluss über die Praktiken der Erkenntnisproduktion gibt.

Michael Polanyi hat mit seinen Überlegungen zum sogenannten impliziten Wissen zudem darauf aufmerksam gemacht, dass mit experimenteller Forschungstätigkeit ein nicht zu unterschätzender Anteil an körperlichen und perzeptiven Praktiken verbunden ist, der den Akteuren selbst jedoch selten bewusst ist.³⁷ Die Anerkennung der Bedeutung körperlichen Handlungswissens hat in den Science and Technology Studies und der Wissenschaftsgeschichte zu einer stärkeren Berücksichtigung praktischer Fähigkeiten und Fertigkeiten (»skills«) und zu einer zunehmenden Übertragung ethnografischer Methoden auf historische Untersuchungen geführt – ein Prozess, der seinen prominenten Ausdruck in dem Slogan »follow the actors« gefunden hat.³⁸ Selbstredend sind empirischen Zugängen in der historischen Forschung durch die faktische Abwesenheit ihrer Gegenstände und Akteure Grenzen gesetzt. Praxeologische Perspektiven haben daher vorgeschlagen, im Rahmen diskurshistorischer Vorgehensweisen nicht nur die Entwicklung bestimmter Wissensformationen zu verfolgen, sondern auch die körperlichen und technischen Praktiken aus vorhandenem Quellenmaterial zu rekonstruieren.³⁹ Im Hinblick auf akustemische Verfahren lassen sich zwei grundlegende Arten von sonischen Fertigkeiten – Trevor Pinch und Karin Bijsterveld sprechen von »sonic skills« – unterscheiden: erstens körperliche Praktiken des geschulten Ohrs und zweitens (medien-)technische Praktiken zur Hörbarmachung des Unhörbaren.⁴⁰ Pinch und Bijsterveld unterscheiden in der Einleitung des von ihnen herausgegebenen *Oxford Handbook of Sound Studies* vier erkenntnisgenerierende Hörweisen beziehungsweise »modes of listening«:

»*Monitory listening* is the kind of auditory surveillance that scientists, engineers, and physicians employ in order to check the proper functioning of instruments, machines, and patient's bodies [...]. *Diagnostic listening* refers to the mode of listening that physicians apply to identify pathologies when using a stethoscope [...]. *Exploratory listening* is listening to discover new phenomena. [...] *Synthetic listening*, finally, focuses on the understanding of polyphonic patterns of sound, such as in the sonification of scientific data.«⁴¹

Diese Hörmodi werden uns in der ein oder anderen Form im Folgenden immer wieder begegnen. Hörpraktiken wurden jedoch auffallend häufig auch zur Bestimmung von Richtungen, Orten, Ausdehnungen und anderen räumlichen Parametern genutzt. Einem weiteren Hörmodus, dem *lokalisierenden Hören*, fällt daher eine entscheidende Bedeutung bei der auditiven Produktion von Erkenntnis zu. Der Umstand, dass gerade die Produktion räumlicher Informationen einen wesentlichen Zweck akustemischer Verfahren ausmachte, zeigt, dass die gängige Vorstellung, das Hören bezöge sich primär auf zeitliche und das Sehen auf räumliche Aspekte der Wahrnehmung, ein mehr oder weniger haltloses Vorurteil darstellt, das sich aus der vorschnellen Verallgemeinerung bestimmter Beispiele erklärt.

Welche Faktoren aber fördern beziehungsweise erschweren eine Verbreitung von Klang-Experimenten als Erkenntnisform? Um diese Frage zu beantworten, werden nicht nur die Möglichkeiten, sondern ebenso die Grenzen wissenschaftlicher Hörtechniken bestimmt. Über den Erfolg und die Verbreitung wissenschaftlicher Praktiken und Theorien entscheiden wie oben angedeutet nicht nur wissenschaftsimmanente Faktoren, sondern nicht zuletzt das diskurspolitische Umfeld. Neue Erkenntnisverfahren müssen nicht nur wissenschaftlich kohärent sein, sondern auch in der wissenschaftlichen Gemeinschaft auf Akzeptanz stoßen. Daher werden nicht nur die jeweiligen Entstehungs-, sondern auch die Rezeptionskontexte akustemischer Verfahren berücksichtigt. Erfolgreiche Verfahren werden dabei genauso behandelt wie solche, die nur eine kurzfristige oder lokal begrenzte Bedeutung in der wissenschaftlichen Praxis erlangten, etwa weil sie von Fachkollegen zurückgewiesen oder von anderen Verfahren verdrängt wurden.⁴² Die Analyse dieser Dynamiken zeigt, dass sich auditive Verfahren nur dann durchsetzen können, wenn sie in das epistemische Paradigma einer wissenschaftlichen Disziplin passen und den Anwendern ein Argumentieren ermöglichen, mit dem sich Fachkollegen und insbesondere Kritiker überzeugen lassen.

Während das Hören in der Sinnesphilosophie zumeist als eine unmittelbare Tätigkeit eines wahrnehmenden Subjekts dargestellt wird, war das Hören im Rahmen von Klang-Experimenten immer in materielle und technische Konfigurationen beziehungsweise in »Experimentalsysteme«⁴³ eingebunden. Um die Wechselwirkungen zur jeweils herrschenden Medienkultur deutlicher hervortreten zu lassen, wurde für die Untersuchung ein verhältnismäßig langer Zeitraum gewählt. Neue Medientechnologien wie das Bell'sche Telefon im ausgehenden 19. Jahrhundert, die Radiotechnik in

der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts oder der Digitalcomputer nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs regten Wissenschaftler immer wieder – und oft auch sehr früh – zur Entwicklung auditiver Wissenspraktiken an. Neue Energie- und Schallwandler, Sensoren, Informationsträger und Methoden der Signalverarbeitung eröffneten dabei durch Zweckentfremdung und Rekonfiguration immer wieder Möglichkeiten, das Hören in Form wissenschaftlicher Klang-Experimente an zuvor unzugängliche Bereiche der Wirklichkeit anzuschließen. Im Laufe der Zeit entstanden in den Naturwissenschaften immer komplexerer Übertragungsketten, um Phänomene aller Art wie etwa Nervenimpulse, Hirnströme, radioaktive Strahlung oder Seismogramme in akustische Repräsentationen zu transformieren.

Kapitelübersicht

Die Studie gliedert sich in fünf Kapitel, in denen akustemische Verfahren jeweils innerhalb abgegrenzter Wissenschaftsfelder und historischer Zeitabschnitte untersucht werden. Die Anordnung stellt keine kontinuierliche chronologische Abfolge dar, sondern konzentriert sich auf Episoden, die grundlegenden Entwicklungsschritten der Medien- und Technikgeschichte von akustischen Instrumenten über das Telefon bis zum Digitalcomputer folgen. Jedes Kapitel stellt zudem andere Aspekte auditiver Erkenntnisproduktion in den Vordergrund.

Die Untersuchung setzt mit der Veröffentlichung von Auenbruggers *Inventum Novum* ein und fragt zunächst nach den Möglichkeitsbedingungen für die Genese diagnostischer Hörtechniken in der Medizin um 1800. Das erste Kapitel rekonstruiert dazu die Erfindungs- und Rezeptionsgeschichten der Perkussion sowie der »mediaten Auskultation« (das Abhören des Körpers mithilfe eines Stethoskops), die der Pariser Arzt René Laënnec um 1816 entwickelte. Diagnostische Hörtechniken in der Klinik leisteten einen wesentlichen Beitrag zur Verwissenschaftlichung und Professionalisierung der Medizin im 19. Jahrhundert und trugen dazu bei, dass sich das »Prinzip Auskultation« auch in anderen Bereichen als Erkenntnispraxis etablierte. Im Anschluss daran werden die veränderten Einschätzungen in Bezug auf auditive Diagnoseverfahren nach der Einführung der Röntgenfotografie um 1900 diskutiert.

Der Aufstieg der Lebenswissenschaften im 19. Jahrhundert ist eng mit der Entwicklung wissenschaftlicher Schreibpraktiken verbunden, die immer mehr Körperfunktionen mithilfe mechanischer Registrierinstrumente in Kurvenschriften übersetzten.⁴⁴ Neben der von Étienne-Jules Marey propagierten »graphischen Methode«⁴⁵ nutzten Physiologen jedoch auch das Telefon als Instrument zur akustischen Anzeige bioelektrischer Ströme. Zum Studium von Muskel- und Nervenfunktionen schlossen führende Elektrophysiologen wie Emil du Bois-Reymond, Ludimar Hermann und Julius Bernstein die zur damaligen Zeit brandneue akustische Technologie an seziierte Froschbeine und andere Tierpräparate an, um die dort fließenden elektrischen Ströme hörbar und dadurch einer auditiven Erforschung zugänglich zu machen. Das zweite Kapitel skizziert die Geschichte dieser »telephonischen Methode«, durch die zwischen 1878 und 1890 eine Konjunktur des wissenschaftlichen Argumentierens und Schlussfolgerns auf der Grundlage akustischer Fakten in der elektrophysiologischen Forschung entstand.

Das dritte Kapitel verlässt den geschlossenen Raum des Labors und folgt dem Ohr an die Fronten des Ersten Weltkriegs, wo es aufgrund der Bedingungen des Stellungskampfes eine neue Bedeutung als Erkenntnisinn erhielt. Als mobilisierte Sinnespraxis zur militärischen Aufklärung wandte sich das Hören den weiträumigen akustischen Landschaften der Schlachtfelder zu. Abhorchsysteme auf der Grundlage der Telefontechnik und die Entwicklung der drahtlosen Telegrafie zu einem mobilen Kommunikationsmedium erzeugten neue elektroakustische und elektromagnetische Hörräume. Parallel zu den diversen Lausch- und Abhörpraktiken, die in den Schützengräben entstanden, entwickelten Experimentalpsychologen Richtungshörer zur Ortung von Geschützen, Schiffen und Flugzeugen. Die militärischen Hörpraktiken zur Orientierung und Informationsgewinnung schlugen sich nach dem Krieg in künstlerischen und medialen Praktiken nieder und hatten einen weitreichenden Einfluss auf die akustische Medienkultur der zwanziger Jahre, die mit der Radio-Euphorie und der Einführung des Tonfilms ebenfalls von der Konstruktion und Erschließung künstlicher akustischer Räume geprägt war.

Der Geigerzähler stellt das wohl bekannteste akustische Display der modernen Physik dar. Das vierte Kapitel untersucht, warum Strahlungsmessgeräte bis heute im Allgemeinen als »akustische Instrumente« wahrgenommen werden und worin der Mehrwert akustischer Darstellungen von Radioaktivität bestand. Dazu werden frühe Verfahren zum Nachweis ra-