

Ein „Trommelfeuer von akustischen Signalen“

Zur auditiven Produktion von Wissen in der Geschichte der Strahlenmessung*

von AXEL VOLMAR

Überblick

Der folgende Beitrag hinterfragt anhand des Geigerzählers generalisierende philosophische Annahmen über eine scheinbar allgemeingültige ‚Hierarchie der Sinne‘, in denen das Sehen traditionell als primärer Erkenntnissinn ausgewiesen worden ist. Die Entwicklung der Radioaktivitätsmessung zeigt, dass Strahlenphysiker technisch erzeugte Messdaten radioaktiver Teilchenstrahlung nicht nur in visuell-grafischer, sondern insbesondere auch in akustischer Form darstellten. Der Beitrag konzentriert sich auf die auditiven Praktiken wissenschaftlicher Erkenntnisproduktion und untersucht anhand repräsentativer Beispiele die unterschiedlichen Funktionen, die den charakteristischen Klickgeräuschen bei der Erforschung von Radioaktivität zukamen. Der Einsatz von Klang als Erkenntnismedium zeigt, dass die Mobilisierung der menschlichen Sinne als epistemische Werkzeuge der Naturwissenschaften weniger von vermeintlich feststehenden Eigenschaften abhängt, sondern weit mehr von medientechnischen, kulturellen und sinneshistorischen Entwicklungen beeinflusst wird.

Abstract

This paper uses the Geiger counter to question long-standing philosophical assumptions about vision being the primary sense of knowledge production. As the measuring of radioactivity grew as an object of study, nuclear physicists turned measured data not only into visual or graphical representation but also into sonic representation. In particular, I chart the history of sonic practices in the measurement of radioactivity and explore the different ways in which the characteristic clicking noises of Geiger counters came to signify. Questioning the generalizing assumptions that rational and objective practices of scientific knowledge production are closely tied to vision, I show how media-technological, cultural, and sensory-historical developments influenced the mobilization of listening as an epistemic tool of science in the twentieth century.

* Wertvolle Anregungen und Verbesserungsvorschläge verdanke ich Stefan Krebs, den Teilnehmer/inne/n der Tagung „Die Sinnlichkeit der Technik – The Senses & Technology“ der GTG 2013 in Dresden, Sebastian Korff, Peter Heering und den Teilnehmer/inne/n des Flensburger Kolloquiums zur Geschichte und Didaktik der Physik und Chemie sowie den Gutachtern dieser Zeitschrift.

Seit der Antike werden den menschlichen Sinnen Eigenschaften und Funktionen zugeschrieben, die sich aus vermeintlich spezifischen und unveränderlichen Eigenheiten ableiten. In der Geschichte der Philosophie ist dabei dem Sehsinn traditionell eine privilegierte Stellung in der sogenannten „Hierarchie der Sinne“ zugewiesen worden, insbesondere in epistemologischer Hinsicht. So erscheint das Streben nach Erkenntnis immer wieder metaphorisch als Weg zum Licht – ikonisch etwa in Platons berühmtem Höhlengleichnis.¹ Bis heute gilt das Sehen als der wichtigste Erkenntnissinn. Hans Jonas argumentiert im Anschluss an die antikgriechische Philosophie emphatisch, dass alleine der Sehsinn ein simultanes Erfassen und räumliches Ordnen der im Gesichtsfeld befindlichen Objekte von einer neutralen Beobachterposition aus ermögliche. Erst diese räumliche Distanz der visuellen Wahrnehmung schaffe die Voraussetzung für eine mentale Distanzierung von den Wahrnehmungsinhalten und damit für die Erzeugung von *Objektivität*. Im Gegensatz dazu erfolge die Informationsaufnahme bei den übrigen Sinnen in einer zeitlichen Abfolge und durch die direkte Involvierung des wahrnehmenden Subjekts.² Auch Wolfgang Welsch vertritt die Ansicht, dass „das Sehen eine Affinität zu Erkenntnis und Wissenschaft, das Hören hingegen zu Glaube und Religion“ aufweise.³

Neuere Arbeiten aus dem Bereich der Sensory Studies und der Sound Studies haben die Validität derartig generalisierender Klassifizierungen (Sehen = räumlich, rational, objektivierend; Hören = zeitlich, affektiv, subjektivierend) Jahren zunehmend als ideologische Verkürzungen kritisiert, weil sie den Blick auf die Historizität und Praxisgebundenheit der Sinne verstellen. So haben etwa Jonathan Sterne und Eric Leigh Schmidt vorgeschlagen, die kulturelle Bedeutung der Sinne nicht auf eine Reihe scheinbar allgemeingültiger Eigenschaften zu reduzieren, sondern stattdessen die Kultur- und Wissensgeschichte konkreter Sinnes- und Medienpraktiken zu untersuchen und dabei insbesondere das vermeintlich Selbstverständliche zu hinterfragen.⁴

Wissenschaftshistorische Arbeiten haben bisher ebenfalls mehrheitlich die epistemologische Bedeutung des Sehens und visueller Darstellungen in der Geschichte der Wissenschaften untersucht. So hat beispielsweise Bruno Latour die Macht des Zusammenspiels von Inschriftenverfahren, transportablen Zeichenträgern („immutable mobiles“) und wissenschaftlicher Daten-

- 1 Vgl. Hans Blumenberg, Licht als Metapher der Wahrheit. Im Vorfeld der philosophischen Begriffsbildung, in: *Studium Generale* 10, 1957, S. 432–447. Lichtmetaphern, wie z.B. im Dunkeln tappen oder eine Erleuchtung haben, durchziehen auch die Alltagssprache.
- 2 Hans Jonas, The Nobility of Sight, in: *Philosophy and Phenomenological Research* 14, 1954, S. 507–519.
- 3 Wolfgang Welsch, Auf dem Weg zu einer Kultur des Hörens?, in: *Paragrana. Internationale Zeitschrift für Historische Anthropologie* 2, 1993, S. 87–103.
- 4 Jonathan Sterne, The Audible Past, Durham 2003; Leigh Eric Schmidt, Hearing Loss, in: Michael Bull u. Les Back (Hg.), *The Auditory Culture Reader*, Oxford u.a. 2003, S. 41–60; vgl. auch Axel Volmar u. Jens Schröter (Hg.), *Auditive Medienkulturen. Techniken des Hörens und Praktiken der Klanggestaltung*, Bielefeld 2013.

verarbeitung aufgezeigt und dabei die wissenschaftliche Erkenntnisproduktion als einen Prozess von Visualisieren und Schlussfolgern („*visualisation and cognition*“) bestimmt, während Michael Lynch für die in naturwissenschaftlichen Publikationen verwendeten Bildpraktiken, die im wissenschaftlichen Diskurs an die Stelle der primären Sinneseindrücke der Forschenden treten und so ein visuelles Argumentieren in Bildern (und insbesondere Diagrammen) ermöglichen, den Begriff der „*externalisierten Retina*“ geprägt hat.⁵ Lorraine Daston und Peter Galison haben ihre breit rezipierte Historiografie des Objektivitätsbegriffs ebenfalls ausschließlich entlang der Geschichte des wissenschaftlichen Sehens und wissenschaftlicher Bildproduktion entwickelt.⁶

Erst in den vergangenen Jahren ist auch die auditive Dimension naturwissenschaftlicher Forschungspraxis zum Gegenstand epistemologischer Fragen geworden. So hat etwa Cyrus Mody die akustischen Gegebenheiten in Laboren von Oberflächenphysikern analysiert und dabei festgestellt, 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.⁷ Tom Rice hat im Rahmen einer ethnografischen Studie über das Erlernen medizinischer Hörtechniken gezeigt, dass das Abhorchen von Patienten mit Hilfe eines Stethoskops ebenso zur Objektivation von Wahrnehmungsinhalten führen kann wie visuelle Beobachtungsmethoden.⁸ Wie neuere Forschungen aus dem Bereich der Science and Technology Studies und der Wissenschaftsgeschichte zeigen, ist das Ohr auch in der Geschichte der Naturwissenschaften immer wieder als Erkenntnisorgan rekrutiert worden.⁹ Der folgende Beitrag schließt an Vorarbeiten dieser Art an und konzentriert sich speziell auf die Rolle wissenschaftlicher Wahrnehmungs- und Darstellungspraktiken im Rahmen technisch vermittelter Wissensproduktion.

Naturwissenschaftler haben oft nur einen indirekten Zugang zu den Phänomenen, die sie untersuchen, denn in der alltäglichen Forschungspraxis tritt die unmittelbare sinnliche Wahrnehmung in der Regel, wie etwa Karin Knorr Cetina im Rahmen detaillierter Laborstudien gezeigt hat, zugunsten einer

5 Vgl. Bruno Latour, *Drawing Things Together*, in: Steve Woolgar u. Michael Lynch (Hg.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, Mass. u.a. 1990, S. 19–68; Michael Lynch, *The Externalized Retina. Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life sciences*, in: *Human Studies* 11, 1988, S. 201–234.

6 Lorraine Daston u. Peter Galison, *Objectivity*, New York 2007.

7 Cyrus Mody, *The Sounds of Science. Listening to Laboratory Practice*, in: *Science, Technology & Human Values* 30, 2005, S. 175–198.

8 Tom Rice, „*Beautiful Murmurs*“: *Stethoscopic Listening and Acoustic Objectification*, in: *The Senses and Society* 3, 2008, S. 293–306.

9 Trevor Pinch u. Karin Bijsterveld, *The Oxford Handbook of Sound Studies*, Oxford u. New York 2012; Alexandra Hui, Julia Kursell u. Myles W. Jackson (Hg.), *Music, Sound, and the Laboratory from 1750–1980* (Osiris 28), Chicago 2013.

technisch-instrumentellen Wahrnehmung in den Hintergrund.¹⁰ Anstelle der menschlichen Sinne registrieren Sensoren und Detektoren die unter Beobachtung stehenden epistemischen Objekte. Die Geschichte der Strahlenmessung stellt im Hinblick auf die Frage nach dem epistemologischen Stellenwert der Sinne ein prädestiniertes Untersuchungsfeld dar, weil sich das Phänomen der Radioaktivität der sinnlichen Wahrnehmung vollständig entzieht. Jede Vermittlung an die menschlichen Sinne kann daher als intentional verstanden werden. Daher kann detailliert verfolgt werden, warum und zu welchen Zwecken Strahlenphysiker in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Versuchsanordnungen und Apparaturen zum Nachweis radioaktiver Teilchenstrahlung mit sinnlichen Anzeigen ausstatteten, um Aufschluss über subatomare Vorgänge zu erhalten. Hinzu kommt der Umstand, dass detektierte radioaktive Teilchen gerade nicht lediglich in numerischer und visuell-grafischer, sondern insbesondere auch in auditiver Form repräsentiert wurden und werden. Strahlenmessgeräte oder ‚Geigerzähler‘, wie die Apparaturen im Allgemeinen genannt werden, sind sogar vorwiegend als akustische Instrumente bekannt – und das, obwohl neben den charakteristischen Klick- und Knacklauten auch Zahlenwerte ausgegeben werden.

Im Folgenden soll die Entstehung auditiver Erkenntnispraktiken in der Strahlenphysik und weiteren Anwendungsbereichen rekonstruiert und durch historische Kontextualisierungen erklärbar werden. Der Beitrag stützt sich dabei auf historische Quellen sowie auf existierende Arbeiten aus dem Bereich der Wissenschafts- und Technikgeschichte.¹¹ Insbesondere Johannes Abele hat in seiner umfangreichen Arbeit über die historische Entwicklung und Bedeutung von Strahlenmessgeräten bereits die unterschiedlichen Strategien, mit denen Wissenschaftler radioaktive Phänomene der menschlichen Wahrnehmung zugänglich machen, ausführlich dargestellt.¹² Der Beitrag legt dabei einen Schwerpunkt auf die Analyse der epistemischen Funktionen akustischer Darstellungen von Radioaktivität und sucht diese stärker als bisher in eine Epistemologie der Sinne einzubetten. Unter Rückgriff auf medienhistorische Erklärungsansätze werden dazu vor allem die Einflüsse medientechnischer, kultureller und sinneshistorischer Entwicklungen auf die Mobilisierung des Hörsinns als epistemisches Werkzeug der Naturwissenschaften aufgezeigt. Am Beispiel der akustischen Repräsentation von Radioaktivität soll so deutlich werden, dass das Hören sehr wohl eine „Affinität zu Erkenntnis und Wissen“

10 Karin Knorr Cetina, Wissenskulturen. Ein Vergleich naturwissenschaftlicher Wissensformen, Frankfurt a.M. 2002.

11 Thaddeus J. Trenn, Die Erfindung des Geiger-Müller-Zählrohres, in: Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 44, 1976, S. 54–64; Friedrich G. Rheingans, Hans Geiger und die elektrischen Zählmethoden, 1908–1928, Berlin 1988; Sebastian Korff, Das Geiger-Müller-Zählrohr, in: NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 20, 2012, S. 271–308; zur Biografie Hans Geigers vgl. Edgar Swinne, Hans Geiger. Spuren aus einem Leben für die Physik, Berlin 1990.

12 Johannes Abele, ‚Wachhund des Atomzeitalters‘. Geigerzähler in der Geschichte des Strahlenschutzes, München 2002.

schaft“ (Welsch) aufweisen kann und scheinbar allgemeingültige Verknüpfungen zwischen einzelnen Sinnesmodalitäten und bestimmten Eigenschaften (wie *Objektivität* oder *Subjektivität*) letztlich Verallgemeinerungen von – wenn auch oft einleuchtenden – Sonderfällen darstellen. Als wesentlich entscheidender für die Ausprägung technikgestützter Sinnespraktiken erscheinen dagegen kontingente medientechnische und sinneskulturelle Entwicklungen. Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Frühgeschichte der Radioaktivitätsmessung rekapituliert, in der primär visuelle Repräsentationsformen und grafische Aufzeichnungsverfahren für den Nachweis radioaktiver Strahlung entwickelt wurden. Im Anschluss daran wird dargestellt, weshalb Teilchenphysiker zusätzlich akustische Anzeigen mittels Telefon oder Lautsprecher realisierten und wie diese schließlich zu einem festen Bestandteil von Radioaktivitätsmessungen wurden. Abschließend werden unterschiedliche Funktionen akustischer Darstellungen von Radioaktivität im Hinblick auf einen breiteren kulturhistorischen Kontext diskutiert.

Frühe grafisch-visuelle Verfahren zum Nachweis von Radioaktivität

1896 entdeckte der französische Physiker Antoine Henri Becquerel bei Experimenten mit Uransalzen eine unbekannte Teilchenstrahlung. Zwei Jahre später konnten Marie und Pierre Curie weitere strahlende Elemente nachweisen, die sie Polonium bzw. Radium nannten und die Marie Curie in einem Bericht an die Académie des sciences erstmals als „radioaktiv“ bezeichnete. 1899 identifizierte Ernest Rutherford drei unterschiedliche Strahlenarten und prägte für diese die noch heute gängigen Bezeichnungen der Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung.¹³ In der Frühphase der Radioaktivitätsforschung mussten technische Verfahren zum experimentellen Nachweis und zur sinnlich-medialen Darstellung von Teilchenstrahlung entwickelt werden.

Radioaktive Teilchen weisen nur verschwindend geringe elektrische Ladungen auf. Da diese nicht mit herkömmlichen Elektroskopen erfasst werden konnten, zielten Verfahren zum Nachweis von Radioaktivität auf die Analyse von Sekundäreffekten: So hatte William Crookes im Jahr 1903 beobachtet, dass Alpha-Teilchen auf mit Zinksulfid-Kristallen beschichteten Schirmen kurze Lichtblitze, sog. Szintillationen, erzeugten.¹⁴ Aus der Nutzung dieses Fluoreszenz-Effekts entstand die optische Szintillationsmethode als erstes experimentelles Verfahren zur quantitativen Erfassung von Alpha-Teilchen. Zu diesem Zweck wurden lichtstarke Mikroskope vor dem Leuchtschirm platziert und Durchlassblenden zur Begrenzung der Zählfläche verwendet. Während eines Zählversuchs registrierte ein Experimentator jeden wahrge-

13 Vgl. Ernest Rutherford, Uranium Radiation and the Electrical Conduction Produced by It, in: *Philosophical Magazine* 47, 1899, S. 109–163.

14 William Crookes, Certain Properties of the Emanations of Radium, in: *Chemical News* 87, 1903, S. 241; William Crookes, The Emanations of Radium, in: *Proceedings of the Royal Society of London* 71, 1903, S. 405–408.

nommenen Leuchtpunkt (z.B. über eine Morsetaste, die einen Papierstreifen mit entsprechenden Markierungen versah).¹⁵ Auf der Grundlage der innerhalb eines Zählzeitraums erfassten Leuchtpunkte konnte die Gesamtaktivität der untersuchten Substanz errechnet werden.¹⁶ Über das Medium des Leuchtschirms und die umgebende Apparatur wurden die radioaktiven Teilchenströme in regulierbare, technisch vermittelte Objekte der menschlichen Sinneswahrnehmung übersetzt, die eine gänzlich neue, körperliche Erfahrung mit dem unsichtbaren Phänomen der Radioaktivität bedeuteten.

Ein wesentlicher Nachteil der Methode bestand allerdings darin, dass der Verbund aus Auge und Finger kaum in der Lage war, mehr als 40 Leuchtpunkte pro Minute ohne größere Fehlerquoten zu erfassen. Die zeitliche Auflösung der visuellen Wahrnehmung bzw. der menschlichen Motorik bestimmte also die maximale Zählgeschwindigkeit. Da ausgedehnte Zählexperimente in der Regel auf mehreren tausend Szintillationen beruhten, konnte es mitunter mehrere Wochen dauern, bis eine aus statistischer Sicht ausreichende Menge an Zerfällen ausgezählt war.¹⁷ Zudem gab es prinzipielle Vorbehalte gegenüber der Szintillationsmethode. So hegten Rutherford und sein Assistent Hans Geiger die Befürchtung, dass „einzelne α -Teilchen in die Zwischenräume zwischen die Kristalle fallen und so keine Lichtpunkte hervorrufen“¹⁸ könnten. Um entscheiden zu können, ob jedes auftreffende Teilchen auch tatsächlich ein visuelles Ereignis verursachte, entwickelten sie im Jahr 1908 zu Vergleichszwecken ein alternatives Zählverfahren, bei dem sie einen weiteren Sekundäreffekt von Alpha-Strahlen, die sog. Stoßionisation, ausnutzten.¹⁹ Wenn Ionen in ein – etwa in einer Kammer eingeschlossenes – Gas mit relativ geringem Druck eintreten und sich unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes bewegen, dessen Intensität dem Entladungspotenzial nahe ist, lösen diese innerhalb eines sehr kurzen Zeitraums Tausende von Sekundärionisationen aus, die wiederum in der Lage sind, die Nadel eines empfindlichen Elektrometers auszulenken. Auf der Grundlage einer solchen Ionisationskammer entstand die erste elektrische Methode zum

15 Vgl. Erich Regener, Über Zählung der α -Teilchen durch die Szintillation und die Größe des elektrischen Elementarquantums, in: *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin II*, 1909, S. 948–965, hier S. 955.

16 Vgl. A. Krebs, Szintillationszähler, in: *Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften*, 1953, S. 361–409; zur Geschichte der Szintillationsmethode vgl. auch Abele (wie Anm. 12), S. 37–39, 61–64.

17 So führten etwa Geiger und Werner 1924 Zählversuche zur Bestimmung der Aktivität von Radium durch, bei denen insgesamt fünf Versuchsserien mit jeweils etwa 6.000 (insgesamt 30.551) Szintillationen durchgeführt wurden. Vgl. Hans Geiger u. A. Werner, Die Zahl der von Radium ausgesandten α -Teilchen. I. Teil. Szintillationszählungen, in: *Zeitschrift für Physik* 21, 1924, S. 187–203.

18 Hans Geiger, Neuere Forschungen über die α -Strahlen, in: *Physikalische Zeitschrift* 11, 1910, S. 676–695, hier S. 691.

19 Diesen Effekt hatten bereits John Sealy Townsend und P. John Kirkby untersucht. Vgl. P. John Kirkby, On the Electrical Conductivities Produced in Air by the Motion of Negative Ions, in: *Philosophical Magazine and Journal of Science* 3, 1902, S. 212–225.

Nachweis radioaktiver Strahlung.²⁰ Da die Nadel des Elektrometers nach dem Ausschlagen eine kurze Zeit brauchte, um wieder in die Ruhelage zu gelangen, konnten mit diesem Verfahren nur etwa zehn Alpha-Teilchen pro Minute verlässlich gezählt werden. Aufgrund ihrer verhältnismäßig großen Trägheit war die Apparatur kaum zur Durchführung ausgedehnter Zählexperimente geeignet. Rutherford und Geiger konnten jedoch durch die simultane Verwendung beider Verfahren im Rahmen eines Koinzidenz-Experiments zeigen, dass tatsächlich jede Szintillation von einem Ausschlag am Elektrometer begleitet wurde. Die Gleichzeitigkeit der technisch produzierten Sinneseindrücke bewies die wissenschaftliche Validität sowohl der visuellen als auch der elektrischen Nachweismethode und trug so wesentlich zur Akzeptanz beider Zählverfahren bei.

Bei beiden Methoden oblag der Akt der Registrierung stets dem menschlichen Beobachter. Um einerseits den „Unsicherheitsfaktor Mensch“ zu neutralisieren und andererseits den Zählvorgang zu beschleunigen, entwickelte Geiger 1912 ein automatisiertes Verfahren zur fotografischen Aufzeichnung elektrisch detekterter radioaktiver Teilchen. Dabei wurden die Auslenkungen eines Fadenelektrometers, das anstelle einer Nadel einen Lichtstrahl auslenkte, auf einen Filmstreifen aufgezeichnet, der mit hoher Geschwindigkeit an einem Sichtfenster vorbeitemporiert wurde.²¹ Auf diese Weise konnten anfangs etwa 900, später bis zu 2.000 Alpha-Teilchen pro Minute aufgezeichnet werden.²² Um die Trägheit des menschlichen Auges zu überlisten, verwandelten Geiger und Rutherford das physikalische Labor – metaphorisch gesprochen – in ein Filmstudio zur fotografischen Dokumentation des statistischen Spektakels der Radioaktivität:

„It is seen that a clear record is obtained of the movements of the fibre even when on an average 15 α particles enter per second. With eye observations, the movements of the fibre appeared blurred and confused, but the photograph brings out clearly each individual movement. With a little experience, it is not difficult to count the number of α particles that have entered the detecting vessel in a given interval even at the rate of 1.000 per minute.“²³

- 20 Vgl. Ernest Rutherford u. Hans Geiger, Eine elektrische Methode, die von radioaktiven Substanzen ausgesandten α -Teilchen zu zählen, in: Physikalische Zeitschrift 10, 1909, S. 1–6; Ernest Rutherford u. Hans Geiger, An Electrical Method of Counting the Number of α -Particles from Radio-Active Substances, in: Proceedings of the Royal Society of London, Series A 81, 1908, S. 141–161.
- 21 Dieser wird ausführlich beschrieben in Max (jun.) Edelmann, Photographischer Registrierapparat für physikalische Zwecke mit variabler Registrierlänge und Geschwindigkeit (Mitteilungen aus dem physikalisch-mechanischen Institut von Prof. Edelmann & Sohn), in: Physikalische Zeitschrift 10, 1909, S. 227–230.
- 22 Vgl. Hans Geiger, Über eine einfache Methode zur Zählung von α -und β -Strahlen, in: Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 15, 1913, S. 534.
- 23 Vgl. Hans Geiger u. Ernest Rutherford, Photographic Registration of α Particles, in: Philosophical Magazine 24, Series 6, 1912, S. 618–623.

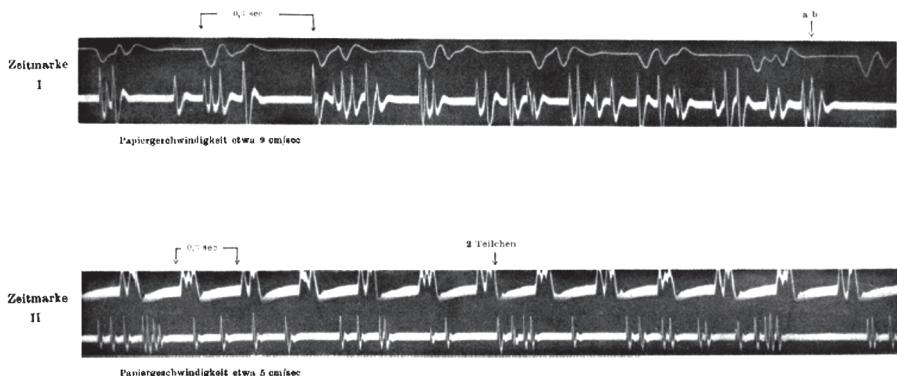


Abb. 1: Fotografische Aufzeichnung von elektrisch detektierten Alphateilchen und Zeitmarken (1924). Quelle: Walther Kutzner, Über das Wahrscheinlichkeitsgesetz in Anwendung auf die radioaktive Strahlung des Poloniums, in: Zeitschrift für Physik 21, 1924, S. 284.

Aufgrund der hohen zeitlichen Auflösung der Methode konnte der Prozess der Registrierung wesentlich beschleunigt werden. Darüber hinaus wurde der Akt der Erfassung von dem der Auszählung und Interpretation der Ereignisse getrennt. Die grafische Aufzeichnung hatte neben der rein quantitativen Steigerung der Zählrate zudem qualitative Auswirkungen auf den Prozess der Strahlenmessung. Denn die Inskriptionen, wie etwa Johannes Abele hervorhebt, rückten nun auch die unterschiedlichen visuellen Erscheinungsformen und Stärken der Ausschläge in den Blick der Forscher: „an die Stelle der unmittelbaren experimentellen Auseinandersetzung mit einem natürlichen Phänomen trat die literarisch-grafische Rezeption von dessen technischer Reproduktion.“²⁴ Oder anders ausgedrückt: An die Stelle der direkten Beobachtung traten Formen visueller Datenverarbeitung und -auswertung. Die Filmstreifen, die ab den 1920er Jahren oft auszugsweise in wissenschaftlichen Veröffentlichungen abgebildet wurden (vgl. Abb. 1), wurden so – mit Michael Lynch gesprochen – zur „externalisierten Retina“ der Strahlenphysiker, d.h. zu visuellen Repräsentationen, deren richtige Deutung von Strahlenphysikern zwar zunächst erlernt werden musste, dafür jedoch die Anreicherung der grafischen Daten mit zusätzlichen Informationen ermöglichte.²⁵

Akustische Darstellungen im Dienste der Radioaktivitätsforschung

Die sinnliche Erfahrung im Labor der Atomphysik war, metaphorisch gesprochen, also zunächst von „Lichtspielen“ und grafischen Inskriptionen, nicht aber von „Hörspielen“ geprägt. Die akustische Darstellung von Radioaktivität wurde erst nach dem Ersten Weltkrieg virulent. Eine wesentliche Voraussetzung dafür bildete zunächst die technische Verfeinerung der Detektorkammer.

24 Abele (wie Anm. 12), S. 66.

25 Lynch (wie Anm. 5).

1913 entwickelte Geiger in Berlin den sogenannten Spitzenzähler, bei dem eine Nähnadelspitze als Elektrode diente. Dieser Detektor war so empfindlich, dass Messvorgänge wesentlich vereinfacht und erstmals auch Beta-Teilchen nachgewiesen werden konnten.²⁶ Durch die aufkommende Verstärkertechnik auf der Basis von Elektronenröhren nach dem Ersten Weltkrieg konnte zudem eine höhere Signalqualität erreicht werden, wodurch der Spitzenzähler zum Standard-Detektor der Strahlenphysik avancierte.²⁷

Die Verstärkerschaltungen ermöglichten ferner die Erprobung neuer Darstellungsweisen der elektrischen Messsignale. So berichtet Alois Kovářík, der an der Yale University bereits während des Krieges mit Elektronenröhren arbeiten konnte, in einer Notiz aus dem Jahr 1917 von einigen neuen Methoden zur Zählung von Alpha- und Beta-Teilchen. Neben der bewährten „optical method“²⁸ – der Beobachtung von Auslenkungen eines Saiten- oder Blättchen-Elektroskops – wird dort erstmals auch die akustische Darstellung der Signale mithilfe eines eingeschalteten Telefons erwähnt:

“Another method of observation is based on the utilization of the current to the point in connection with a sensitive telephone. If the discharging point is connected to earth through a sensitive telephone, the discharges are made just audible. The effect was greatly magnified by adapting an audion amplifier.”²⁹

Bei einer großen Menge zu zählender Teilchen, schreibt Kovářík weiter, habe sich die akustische Methode sogar als genauer erwiesen als die visuelle Beobachtung des Elektroskops. Walther Kutzner griff im Jahr 1924 ebenfalls auf die akustische Methode zurück, um im Vergleich mit den Ausschlägen des Saitengalvanometers die richtige Arbeitsspannung für die Detektorkammer zu bestimmen.³⁰ Auch bei Versuchen zur Richtungsabhängigkeit der Kammer nutzte Kutzner den multisensorischen Verbund aus Saitengalvanometer und Telefon, um die Fehlerquote seiner Kontrollzählungen zu minimieren.³¹

Fast zeitgleich erforschte auch der Schweizer Heinrich Greinacher die Möglichkeiten einer, wie er schrieb, „akustischen Beobachtung“ radioaktiver Phänomene. Mit den im Telefon erzeugten und zusätzlich signalverstärkten Knallen ließ sich u.a. die Strahlungsreichweite von Präparaten bestimmen und die Frequenz des Alphateilchenstroms abschätzen. So stieg die Frequenz der Knalle bei Annäherung von Polonium „rasch zu einem lebhaften Geknatter

26 Vgl. Geiger (wie Anm. 18).

27 Vgl. Thaddeus J. Trenn, The Geiger-Müller Counter of 1928, in: Annals of Science 43, 1986, S. 111–135, hier S. 122.

28 Alois F. Kovářík, New Methods for Counting the Alpha and the Beta Particles, in: Physical Review 9, Series II, 1917, S. 567–568, hier S. 567.

29 Ebd., S. 567f.

30 Walther Kutzner, Über das Wahrscheinlichkeitsgesetz in Anwendung auf die radioaktive Strahlung des Poloniums, in: Zeitschrift für Physik 21, 1924, S. 281–298, bes. S. 286.

31 Vgl. Walther Kutzner, Über die Geigersche Zählkammer, in: Zeitschrift für Physik 23, 1924, S. 117–128.

[an] und ging schließlich in ein Zischen von unbestimmter Tonhöhe über“ – ein hörbarer Beleg für die aperiodische Natur der Erscheinungen. Greinacher gelang es zudem, unterschiedliche Strahlenarten und Artefakte anhand ihrer klanglichen Eigenschaften zu unterscheiden:

„Im übrigen war der Intensitätsunterschied bei Verwendung von α - oder β -Teilchen sehr gut wahrnehmbar. Näherte man der Zählkammer ein Radi umpräparat, das mit einer sehr dünnen Lackschicht bedeckt war, so unterschied man verschiedene intensive Knalle. Wurde aber ein Papierblatt dazwischen gehalten, so blieben nur die lautschwächeren β -Impulse übrig. Auch einzelne lichtelektrische Elektronen ließen sich hörbar machen. [...] Bei der Annäherung der Lichtquelle auf etwa $\frac{1}{2}$ m entstand infolge der gesteigerten Frequenz ein brodelndes Geräusch. Falls man annehmen dürfte, daß jedes ausgelöste Photo elektron eine Spitzentladung herbeiführt, würde sich hier eine sehr einfache Methode zur Bestimmung der Elementarladung ergeben.“³²

Die akustische Darstellung erlaubte also, ebenso wie die Analyse fotografisch registrierter Galvanometerausschläge (vgl. Abb. 1), eine *qualitative* Differenzierung und Klassifizierung der beobachteten Phänomene. Greinachers Artikel bildete damit den ersten Ansatz zur Bildung eines akustischen Vokabulars zur Beschreibung der Schallereignisse, die im Rahmen von Strahlenmessungen in der Atomphysik auftraten. Ein weiterer Vorteil der akustischen Beobachtungsmethode bestand zudem darin, dass Lautstärke und Färbung der Geräusche einen instantanen Eindruck vom Funktionszustand der Experimentalanord

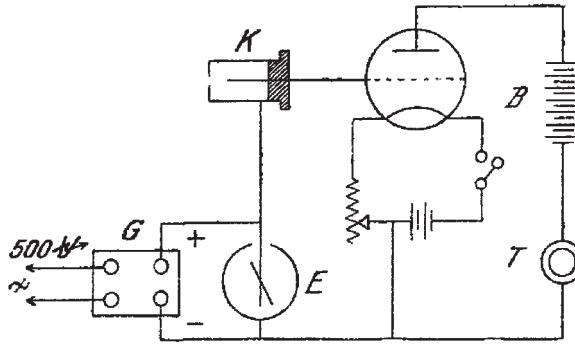


Abb. 2: Schaltung mit eingeschaltetem Telefon zur akustischen Unterscheidung radioaktiver Strahlenarten nach Greinacher (1924). Quelle: Heinrich Greinacher, Über die akustische Beobachtung und galvanometrische Registrierung von Elementarstrahlen und Einzelionen, in: Zeitschrift für Physik 23, 1924, S. 362.

³² Heinrich Greinacher, Über die akustische Beobachtung und galvanometrische Registrierung von Elementarstrahlen und Einzelionen, in: Zeitschrift für Physik 23, 1924, S. 361–378, hier S. 365–369.

nung vermittelten und zudem relativ einfach im Rahmen von Vorführungen eingesetzt werden konnte.³³

Ähnliches berichtete Theodor Wulf 1925 über Versuche mit einem an den Spitzenzähler angeschlossenen Telefon. Seine Arbeit zielte darauf ab, die Durchführung von Zählversuchen mit der Geigerschen Spitzenkammer zu vereinfachen, u.a. um diese auch im Unterricht vorführen zu können. Zu diesem Zweck experimentierte er mit verschiedenen „Beobachtungsmethoden“, da jedes dieser Verfahren „teilweise andere Seiten des Vorgangs zur Darstellung“ brachten.³⁴ Im Telefon sah Wulf ein „außerordentlich einfaches und bequemes Beobachtungsmittel“, das „keine Verdunklung des Zimmers [und] keine Aufstellung eines Apparats“³⁵ erfordere und im Vergleich zu Elektroskopen zudem eine wesentlich höhere zeitliche Auflösung aufweise:

„Da das Telephon ungleich schneller folgt als das Elektrometer (bis zu mehreren tausend Schwingungen in der Sekunde) und unser Ohr schneller wahrnimmt als unser Auge, so ist das Telephon nicht bloß ein Ersatz für das Elektrometer, es zeigt manche Erscheinungen mit Einzelheiten, die das Elektrometer nicht darstellen kann. [...] Man bemerkt zum Beispiel, daß die Geräusche der Radiumstrahlen zwar meistens punktförmig sind, sich aber bei sehr hohen Spannungen zuweilen zu einem kurzen Strich ausdehnen. Man lernt verschiedene Arten der Selbstentladung unterscheiden und anderes mehr.“³⁶

Darüber hinaus gibt Wulf eine praktische Methode an, durch die anhand der Entladungsgeräusche der Arbeitsbereich verschiedener Spitzen (Wulf verwendet bevorzugt handelsübliche Grammophonnadeln) und damit ihre Brauchbarkeit bestimmt werden konnte. Bestimmte Knarr- und Pfeifgeräusche deuteten zudem auf eine Verschmutzung der Spitze hin.³⁷ Die akustische Darstellung erlaubte es dem Experimentator also auf gewisse Weise, mit seinen Ohren „zu sehen“ – vorausgesetzt, er wusste die klanglichen Repräsentationen richtig zu deuten.

1926 konstruierte Greinacher eine Verstärkerschaltung, mit der in die Detektorkammer einfallende Teilchen direkt, d.h. ohne einen Entladungsvorgang durch Stoßionisation, registriert werden konnten. Die Vorgänge beider Methoden (mit und ohne Stoßionisation) demonstrierte Greinacher ausschließlich mittels akustischer Beobachtung, bei der neben dem Telefon nun erstmals auch ein Lautsprecher zum Einsatz kam:

„Ein vor die Zählkammer gestelltes Poloniumpräparat gab dann Knalle von einer solchen Intensität, daß man das Telephon kaum am Ohr behalten konnte. Man ließ nun die Spannung von C₁ allmählich sinken. [...] Gleichzeitig traten aber

³³ Ebd., S. 362.

³⁴ Vgl. Theodor Wulf, Über die Geigersche Spitzenkammer, in: Physikalische Zeitschrift 26, 1925, S. 382–391, hier S. 382.

³⁵ Ebd., S. 384.

³⁶ Ebd.

³⁷ Ebd., S. 385.

jetzt die wesentlich schwächeren α -Knalle der reinen Elektronenverstärkung hervor. Kurz vor dem Aussetzen der selbständigen Spitzentladungen konnte man sehr schön beide Knallsorten, akustisch abgestuft etwa wie Kanonen- und Flintenschüsse, wahrnehmen und also direkt feststellen, daß nicht mehr alle α -Teilchen Spitzentladungen auslösten. Die α -Impulse waren noch weit unter 1.000 Volt Spannung gut zu hören. [...] Derselbe Versuch wurde nun mit β -Strahlen wiederholt.³⁸

1928 entwickelte Geigers Doktorand Walter Müller mit dem sog. „Elektronenzählrohr“ ein neues leistungsfähiges Nachweisverfahren, bei dem Müller anstelle der kleinen Detektorkammer mit eingelassener Spitze ein Messingrohr verwendete, in dem ein koaxial gespannter Draht als Elektrode fungierte (vgl. Abb. 3).³⁹ Müller schaltete einen Lautsprecher in den Schaltkreis seiner Apparatur ein, da dieser eine direkte Rückmeldung über die Entladungsvorgänge im Rohr gab und zudem eine größere Bewegungsfreiheit beim Experimentieren ermöglichte. Das belegen bereits die ersten mit dem Zählrohr durchgeführten Experimente: Um zu ergründen, ob spontane, als „wilde Ausschläge“ bekannte Entladungen, die sich durch sporadische Knackgeräusche bemerkbar machen, die Folge einer Verunreinigung des Geräts oder aber äußerer Ursprungs



Abb. 3: Reproduktion eines Geiger-Müller-Zählrohrs der „dritten Generation“ (Nr. 16 von rund 120 verschiedenen Zählrohren) inkl. seiner Bauteile. Dieser Typ wurde sehr wahrscheinlich noch vor der ersten Publikation zum Zählrohr konstruiert. Mit herzlichem Dank an Sebastian Korff, Universität Flensburg.

38 Heinrich Greinacher, Eine neue Methode zur Messung der Elementarstrahlen, in: Zeitschrift für Physik 36, 1926, S. 368f.

39 Zur Funktionsweise des Zählrohrs vgl. Korff (wie Anm. 11). Zur wissenschaftshistorischen Bedeutung vgl. auch Trenn (wie Anm. 11); ders. (wie Anm. 27); Hans Geiger, Festgabe der Stadt Neustadt an der Weinstraße zum 100. Geburtstag des Atomphysikers Hans Geiger 1882–1945, Neustadt 1982, S. 16f.; Rheingans (wie Anm. 11), S. 39–45; Abele (wie Anm. 12), S. 42–46.

waren, umstellten Müller und Geiger das Zählrohr sukzessive mit schweren Bleiplatten. Mit jeder hinzugefügten Platte nahm die Anzahl der Knacklaute ab, um schließlich vollkommen zu verstummen. Erst diese Rückkopplung in Echtzeit überzeugte Geiger davon, dass es sich bei den spontanen Entladungen nicht um Artefakte der Apparatur, sondern um die Effekte einer kosmischen Strahlung handelte, die später als „Höhenstrahlung“ bekannt wurde.⁴⁰

Die eigentliche Errungenschaft des Zählrohrs sahen Geiger und Müller – neben der großen Zählfläche – vor allem in der hohen Sensitivität des Instruments. Albert Einstein bezeichnete das Zählrohr im Jahr 1929 sogar als das „empfindlichste Organ der Menschheit“.⁴¹ Um ihre Kollegen von der Leistungsfähigkeit ihres Zählrohrs zu überzeugen, setzten Geiger und Müller bereits bei der ersten öffentlichen Demonstration im Juli 1928 gezielt auf die ästhetischen Effekte der akustischen Darstellung. So erinnert sich Geiger:

„Wir haben das Zählrohr zuerst auf einer Gautagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Kiel bekannt gegeben und dabei die extrem schwache Aktivität von Kalium demonstriert. Wenn man sich von der Existenz der Kaliumstrahlung mit Hilfe eines Elektroskops überzeugen will, so ist das eine Arbeit von vielen Stunden; aber unser Zählrohr, dem ein Lautsprecher angekoppelt war, reagierte auf die Beta-Strahlen des Kaliums mit einem wahren Trommelfeuer von akustischen Signalen. Da gab es für die Hörer keinen Zweifel mehr.“⁴²

Abele berichtet von einer „regelrechten Tournee“, die Geiger und Müller mit ihrem Zählrohr unternahmen, um für ihre Apparatur zu werben. Die akustische Darstellung bildete diesbezüglich einen entscheidenden Faktor, denn „Vorführungen von Geiger-Müller-Zählrohren bestachen durch ihren Klang, durch die wechselnde Intensität des Klickens, wenn die Experimentatoren radioaktive Präparate näherten, und durch die direkte Erfahrung des Geschehens“, die – ähnlich wie etwa die Wilsonsche Nebelkammer – eine unmittelbare Wahrnehmung atomarer Prozesse zu ermöglichen schien.⁴³

Das Geiger-Müller-Zählrohr entwickelte sich schnell zu einem „Arbeitspferd“⁴⁴ der Kernphysik und führte darüber hinaus zur Etablierung neuer Forschungsfelder. So ist das Zählrohr eng mit der Erforschung der Höhenstrahlung, der Entdeckung des Neutrons und der Atomspaltung verknüpft.⁴⁵ Zur Dokumentation, kritischen Auswertung und Legitimierung der registrierten Phänomene – etwa im Rahmen von Publikationen – dienten bevorzugt die

40 Vgl. Otto Haxel, Erinnerung an Hans Geiger, den Vater der Zählmethoden, in: *Physikalische Blätter* 38, 1982, S. 296–297, hier S. 297.

41 Walter Müller in einem Brief an seine Eltern, 15. April 1929, Deutsches Museum München, Nachlass Müller, NL024-7/30.

42 Vgl. Geiger (wie Anm. 39), S. 17; Rheingans (wie Anm. 11), S. 45.

43 Vgl. Abele (wie Anm. 12), S. 83–85.

44 Trenn (wie Anm. 27), S. 126.

45 Für unterschiedliche Varianten des Elektronenzählrohrs in der Strahlenphysik vgl. Walther Bothe, Die Geigerschen Zählmethoden, in: *Die Naturwissenschaften* 30, 1942, S. 593–599.

sog. „objektiven“ Verfahren der fotografischen Aufzeichnung auf Filmstreifen und der automatischen Erfassung mittels elektronischer und mechanischer Zählwerke. Die akustische Ausgabe erwies sich dagegen insbesondere im praktischen Umgang mit den Experimentalumgebungen als wertvoll: exemplarisch etwa in den Koinzidenz-Experimenten von Bothe und Kolhörster⁴⁶ zum Nachweis der Höhenstrahlung. So erinnert sich Geiger:

„Wie kann man die Ultrastrahlen herausfangen unter den vielen durchdringenden Strahlen anderer Herkunft, das war das Problem, für das Bothe und Kolhörster in der Koinzidenzmethode eine einfache Lösung gefunden haben. Denken wir uns an Stelle des einen Zählrohrs zwei Zählrohre untereinander aufgebaut, so kan [sic!] zwar der Ultrastrahl infolge seiner großen Wucht durch die beiden Rohre hindurchgehen, wenn er die richtige Flugrichtung hat; die anderen uns bekannten Strahlen sind aber hierzu nicht imstande. Wenn also beide Zählrohre genau gleichzeitig ein Signal geben, so kann es gar nicht anders sein, als daß in diesem Augenblick ein Ultrastrahl beide Rohre durchsetzt hat. Es ist nun ein Leichtes, mit Hilfe von Verstärkerröhren die elektrische Schaltung der Zählrohre so einzurichten, daß nur die Doppelsignale auf den Lautsprecher oder das Addierwerk weitergegeben werden, die Einzelsignale aber nicht. Ein wichtiges Ziel ist damit erreicht: die Ultrastrahlen sind abgetrennt von allen übrigen Strahlen und können gesondert untersucht werden. [...] Jedes Signal, das wir vom Lautsprecher hören, jede Ziffer, die im Addierwerk vorgeschoben wird, zeigt uns an, daß in diesem Moment ein Ultrastrahl durch Haudach und Zimmerdecke hindurch auf unsere Zählrohre eingefallen ist.“⁴⁷

Während elektronische Schaltungen durch die Wahl geeigneter Schwellwerte bereits die apparative Möglichkeit boten, zwischen Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung zu unterscheiden, erlaubte die gleichzeitige Verwendung mehrerer zusammengeschalteter Geiger-Müller-Zähler eine weitere Isolierung und Selektion bestimmter Strahlenphänomene. Durch die zunehmende Verbreitung automatischer Zählwerke und komplexer Schaltungen wurde der Messvorgang in den 1930er Jahren weitgehend vom Menschen an die Maschine delegiert, was eine Reihe neuer Anwendungsfelder für den Einsatz von Geigerzählern außerhalb physikalischer Experimente und Aktivitätsprüfungen eröffnete. So ermöglichten tragbare, kommerziell hergestellte Strahlenmessgeräte eine Bedienung durch Laien und förderten den mobilen Einsatz von Geigerzählern außerhalb des physikalischen Labors – etwa zur Suche verlorengegangener Radiumpräparate in Krankenhäusern.⁴⁸

Gerade für Lokalisationsaufgaben erwies sich die akustische Anzeige über Lautsprecher (meist in Verbindung mit einer automatischen Zählvorrichtung)

46 Vgl. Walther Bothe u. Werner Kolhörster, Das Wesen der Höhenstrahlung, in: Zeitschrift für Physik 56, 1929, S. 751–777.

47 Geiger (wie Anm. 39), S. 18f.

48 Vgl. Abele (wie Anm. 12), S. 76 u. 92f.

als besonders geeignet, da sich Strahlenquellen anhand von Lautstärke und Häufigkeit der detektierten Zerfälle mithilfe des Gehörs orten ließen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden mobile Geigerzähler außerdem zum Aufspüren von Uranerzen genutzt, als die Verheißungen der Radioaktivitätstechnik von Politik und Wirtschaft propagiert wurden – der Historiker Joachim Radkau spricht in diesem Zusammenhang von einer „Atom-Euphorie“.⁴⁹ Geigerzähler wurden daher für Uran-Schatzsucher zu einem ständigen Begleiter. Die Zeitschrift *Popular Mechanics* berichtete im Jahre 1949 sogar von einem regelrechten „Uran-Rausch“.⁵⁰

Auch während des Kalten Krieges spielte der Geigerzähler eine symbolträchtige Rolle, suggerierte er doch die Möglichkeit einer flächendeckenden Überwachung und Kontrolle von Strahlenrisiken durch einen staatlich organisierten Strahlenschutz. Die kontinuierliche Berichterstattung über nachweisbaren radioaktiven Fallout durch zunehmende Atombombentests führte Mitte der 1950er Jahre auch zu kritischeren Einschätzungen gegenüber der Politik der atomaren Abschreckung. Aufgrund der Unsichtbarkeit radioaktiver Strahlung wurden Abbildungen von Strahlenmessgeräten in den Printmedien zur Verkörperung sowohl der Hoffnungen als auch der Gefahren der Radioaktivität genutzt. Es ist dieser historische Hintergrund, vor dem sich der „Geigerzähler“ als generischer Begriff für den Strahlennachweis durchsetzte und zu einem Symbol des Atomzeitalters wurde:

„Gleichgültig, ob es um die Uransuche ging, um die Untersuchung von Lebensmitteln, um die Verbrecherjagd, um Uhrenschmuggel – überall war der Geigerzähler anwesend. Daran ist bemerkenswert, daß Polizei, Katastrophenschutz, Lebensmittelüberwachung und Wissenschaft über ein breites Spektrum verschiedener Strahlenmeßgeräte verfügten. In die Öffentlichkeit drang jedoch nur das Klicken des Geigerzählers. Der „Geigerzähler“ wurde umgangssprachlich zum Inbegriff eines Strahlenmeßgeräts.“⁵¹

Sowohl der „Atom-Optimismus“⁵² als auch die wachsende Furcht vor einem möglichen Atomkrieg fanden ihren Niederschlag in unterschiedlichsten kulturellen Formaten und Medien wie Literatur, Spielfilm, Comic und Musik. Mick Broderick führt in seinem Buch *Nuclear Movies* allein in den 1950er Jahren genreübergreifend mehr als 170 Filme auf, in denen Radioaktivität und Kerntechnik thematisiert werden. Diese erstrecken sich von der Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Atombombenabwurfs auf Hiroshima über Atom-Spionage im Kalten Krieg bis hin zu metaphorischen Übertragungen

49 Joachim Radkau, Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft 1945–1975. Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse, Reinbek b. Hamburg 1983, S. 82.

50 Vgl. o. V., '49 Uranium Rush, in: *Popular Mechanics* 91, 1949, S. 89–93, 266 u. 268.

51 Abele (wie Anm. 12), S. 185.

52 Radkau (wie Anm. 49), S. 83.

im Horror- und Science-Fiction-Film.⁵³ Filmische Darstellungen von Radioaktivität setzten insbesondere das charakteristische Ticken des Geigerzählers eindrucksvoll als akustisches Zeichen für unsichtbare Bedrohungen effektiv in Szene – eine Strategie, die in der Tongestaltung bis heute Anwendung findet und wesentlich zur allgemeinen Bekanntheit von Geigerzählern beigetragen hat.

Formen auditiver Erkenntnisproduktion

Die Sinnlichkeit der Technik tritt in der Geschichte der Strahlenmessung auf eine zweifache Weise zutage: Zum einen galten die zum Nachweis radioaktiver Teilchen entwickelten Detektoren als technische „Sinnesorgane“ (Abele) für Phänomene jenseits menschlicher Wahrnehmbarkeit, zum anderen konnten Messereignisse mittels technischer Medien wie fluoreszierenden Schirmen, Celluloid, Telefonen und Lautsprechern, aber auch in Form unterschiedlicher Sinnesdatenströme und Aufzeichnungen für verschiedene menschliche Sinne aufbereitet werden. Akustische Darstellungen erzeugten dabei neue Beziehungen zwischen subatomaren Phänomenen, Strahlenphysikern und der öffentlichen Wahrnehmung von Radioaktivität.

Alois Kovářík nutzte die Zählung der mittels des Telefons hörbar gemachten Klick-Geräusche zunächst als Alternative zur optischen Szintillationsmethode. Walther Kutzner führte mit dem multisensorischen Einsatz von Saitengalvanometer und Telefon ein höheres Maß an Redundanz ein, wodurch dieser eine geringere Fehlerquote bei subjektiven Messungen erreichte. Die Arbeiten von Heinrich Greinacher und Theodor Wulf machen darüber hinaus deutlich, dass die von Stoßionisationen verursachten Geräusche ebenso auf unterschiedliche physikalische Ursachen zurückgeführt und unter qualitativen Gesichtspunkten klassifiziert werden konnten wie grafische Inschriften von Messsignalen. Die akustische Darstellungsform gab sofortigen Aufschluss über Ereignisse in der Detektorkammer und war daher besonders zur Vorbereitung, Justierung und Optimierung von Versuchsanordnungen und Messvorgängen geeignet. Die akustische Rückmeldung ermöglichte Walter Müller und in der Folge anderen Forschern wie Walther Bothe und Werner Kolhörster dabei nicht nur eine größere Bewegungsfreiheit beim Experimentieren, sondern durch die Verschränkung von – mit Ian Hacking gesprochen – „Repräsentation und Intervention“ auch eine direkte Interaktion mit den unsichtbaren epistemischen Objekten.⁵⁴ Wie diese Beispiele zeigen, wurden akustische Darstellungen und ein geschultes Gehör trotz der optischen Szintillationsmethode und grafischer Aufzeichnungsverfahren auf Film- oder Papierstreifen immer

53 Vgl. Mick Broderick, Nuclear Movies. A Critical Analysis and Filmography of International Feature Length Films Dealing with Experimentation, Aliens, Terrorism, Holocaust and Other Disaster Scenarios, 1914–1989, Jefferson, NC u.a. 1991.

54 Vgl. Ian Hacking, Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science, Cambridge u. New York 1983.

wieder zur Lösung experimentalwissenschaftlicher Probleme herangezogen und wurden Teil des technischen und leiblich gebundenen Handlungswissens von Strahlenphysikern.

Generelle Vorbehalte gegenüber dem Ohr als einem vermeintlich niederen Erkenntnisorgan scheinen für die Strahlenphysiker bei der Entscheidung, technische Wahrnehmungen in akustische Sinnesdaten zu transformieren, keine Rolle gespielt zu haben. Vielmehr wurde der Sehsinn in den Naturwissenschaften als ebenso *subjektiv* betrachtet wie das Gehör, weswegen der Akt der Beobachtung in wissenschaftlichen Experimenten soweit wie möglich an *objektive* Verfahren einer technisch-instrumentellen Wahrnehmung delegiert wurde – eine wissenschaftliche Tugend, die Lorraine Daston und Peter Galison als „mechanische Objektivität“ beschrieben haben. Die Grenze zwischen Objektivität und Subjektivität offenbarte sich nicht als Gegensatz zwischen einzelnen Sinnen, sondern zwischen flüchtigen Erscheinungen und aufgezeichneten Spuren sowie zwischen menschlicher und technisch-instrumenteller Wahrnehmung.

Das epistemische Potenzial sinnlicher Erkenntnispraktiken ist daher weniger von vermeintlich allgemeingültigen Eigenschaften des Hörsinns bzw. Sehsinns als vielmehr von medientechnischen und kulturellen Entwicklungen geprägt. So wäre die sinnliche Darstellung von Radioaktivität ohne die im Ersten Weltkrieg vorangetriebene Röhrentechnik nicht möglich gewesen.⁵⁵ Einen möglichen Auslöser für die Nutzung akustischer Repräsentationen sieht Abele in den auditiven Praktiken, die mit dem Aufkommen neuer Kommunikationstechniken (wie z.B. der Morsetelegrafie) entstanden waren: „Es lässt sich nur darüber spekulieren, inwiefern sinnliche Erscheinungsformen der neuen Kommunikationstechnik, beispielsweise das Klicken von Morsegeräten, einen unmittelbaren Anstoß für die Entwicklung akustischer Darstellungsformen radioaktiver Strahlen bildeten.“⁵⁶ Tatsächlich begann sich die akustische Darstellung von Entladungsvorgängen mittels Telefon und Lautsprecher just zu der Zeit zu etablieren, als sich das Radio zu einem flächendeckenden Massenmedium entwickelte. Daher dürften neben den Geräuschen von Morsegeräten vor allem die Kultur der Funkamateure, die Etablierung des staatlichen Rundfunksystems in Deutschland 1923 und der damit einhergehende Radioboom dazu geführt haben, dass elektrotechnisch versierte Physiker dazu übergingen, Radioaktivität in *Radiophonie* zu verwandeln.⁵⁷ Die Erfindung des Müllerschen Zählrohrs im Jahr 1928 ereignete sich wiederum fast zeitgleich mit der Einführung des Tonfilms. Angesichts dieser Entwicklungen innerhalb

55 Abele (wie Anm. 12), S. 72.

56 Ebd.

57 Auf diesen Zusammenhang verweist neben Abele auch Jeff Hughes, Plasticine and Valves. Industry, Instrumentation and the Emergence of Nuclear Physics, in: Jean-Paul Gaudillière u. Ilana Löwy (Hg.), *The Invisible Industrialist. Manufactures and the Production of Scientific Knowledge*, London 1998, S. 58–101.

der auditiven Medienkultur der 1920er Jahre verwundert es kaum, dass Müller auch einen akustischen Output für sein Zählrohr realisierte.

Neben technikhistorischen Innovationen müssen zudem sinneshistorische Entwicklungen berücksichtigt werden. Akustische Repräsentationsformen in der Strahlenphysik waren nicht zuletzt auch eine indirekte Folge veränderter Wahrnehmungsverhältnisse im Ersten Weltkrieg. Die Bedingungen des Stellungskriegs, die es erforderlich machten, sich dem Blick des Gegners zu entziehen, führten dazu, dass Millionen von Kriegsteilnehmern ihr Gehör in einer ähnlich klanganalytischen Weise zu gebrauchen lernten wie zuvor nur Angehörige spezialisierter Berufsgruppen, wie etwa Ärzte und Musiker.⁵⁸ Ein Indiz für den nachhaltigen Einfluss auditiver Fronterfahrungen ist dabei nicht zuletzt eine – auch in den Publikationen der Strahlenphysiker – immer wieder anzutreffende Rhetorik der Kriegsakustik. So bezeichnet Wulf die hörbar gemachten Entladungen als ein „atomistische[s] Trommelfeuer“⁵⁹. Hans Geiger, der aufgrund seines mehr als vierjährigen Einsatzes als aktiver Frontsoldat (zunächst als Leutnant der Reserve, später als Hauptmann bei der Feld- und Fußartillerie sowie den Pionieren) mit der akustischen Unterscheidung von Geschützknallen vertraut war, sprach ebenfalls von einem „Trommelfeuer von akustischen Signalen“.⁶⁰ Auch Greinachers Beschreibungen verweisen auf die akustische Umgebung des Krieges: So bewirkten die Stoßentladungen im Spitzenzähler und die direkte Verstärkung detekterter Alpha-Teilchen unterschiedliche „Knallsorten, akustisch abgestuft etwa wie Kanonen- und Flintenschüsse“, während Beta-Strahlen ein „Schnellfeuer von enorm lauten Knallen“ verursachten.⁶¹

Hörtechniken und akustische Darstellungen eröffneten dabei neue Wege, die Welt der Radioaktivität und mithin die Realität des aufkeimenden Atomzeitalters sinnlich erfahrbar zu machen – etwa im Rahmen öffentlicher Vorführungen oder bei der Ortung von Strahlenquellen. Mit der allgemeinen Verfügbarkeit von dynamischen Lautsprechern ab 1925 wurde die akustische Darstellung und Inszenierung von Radioaktivität zunehmend im Rahmen von Vorträgen und Vorlesungen genutzt, da es dank der Möglichkeiten zur elektronischen Signalverstärkung nur eines relativ geringen apparativen Aufwands bedurfte, um radioaktive Phänomene Fachleuten wie wissenschaftlichen Laien in akustischer Form zu präsentieren. Die Knackgeräusche erzeugten unmittelbare Evidenzerfahrungen und erwiesen sich zudem als wesentlich

58 Vgl. Axel Volmar, In Stahlgewittern. Mediale Rekonstruktionen der Klanglandschaft des Ersten Weltkriegs in der Weimarer Republik, in: Natalie Binczek u. Cornelia Epping-Jäger (Hg.): Das Hörbuch. Audioliteralität und akustische Literatur, München 2013, S. 47–63; Julia Encke, Augenblicke der Gefahr. Der Krieg und die Sinne 1914–1934, München 2006, S. 111–193.

59 Wulf (wie Anm. 34), 385.

60 Vgl. Swinne (wie Anm. 11), S. 36.

61 Greinacher (wie Anm. 38), S. 369.

„dramatischer“ als die Ausschläge von Elektrometern.⁶² Physiker nutzten die Klick- und Knallgeräusche aus dem Lautsprecher daher nicht zuletzt dazu, dem Publikum die Fortschritte der hochtechnisierten Atomphysik eindrucksvoll „vor Ohren“ zu führen. Der auditive Zugang zur Welt subatomarer Phänomene über die charakteristischen Geräusche trug dabei nicht zuletzt zu einer wachsenden Bekanntheit von Geigerzählern bei. Die Übersetzung von Entladungsströmen in Hörspiele elementarer Naturkräfte zielte dabei auch auf die Schaffung ästhetisch überhöhter und emotionalisierender Hörsituationen. Wie Alexandra Supper gezeigt hat, bildet die technikgestützte Evozierung akustischer Erhabenheit („auditory sublime“) heute ein zentrales Motiv für den Einsatz akustischer Darstellungen im Rahmen wissenschaftlicher und populärwissenschaftlicher Präsentationen, insbesondere durch Sonifikationsverfahren.⁶³

Die Vermarktung von Strahlenmessgeräten mit akustischer Anzeige für den mobilen Einsatz zeigt, dass Radioaktivitätstsmessungen auch jenseits der physikalischen Grundlagenforschung virulent geworden waren: Dadurch, dass sich der Nutzer jedoch dank der integrierten Zählschaltungen nicht mehr auf den Zählvorgang selbst konzentrieren musste, entstanden insbesondere Praktiken eines *lokalisierenden* Hörens – etwa bei medizinischen Untersuchungen, der Suche verlorengegangener Präparate oder dem Aufspüren radioaktiver Rohstoffe im Bergbau.⁶⁴ Dieser Hörmodus zeigt, dass das Gehör keinen reinen Zeitsinn darstellt, sondern gerade zur räumlichen Orientierung und zur Erzeugung raumbezogener Informationen äußerst geeignet war.

Mit der Verschiebung und Erweiterung der Einsatzorte von Geigerzählern änderten sich schließlich auch die kulturellen Bedeutungen der akustischen Zeichen des Geräts: So verkörperte das Ticken und Knacken nach dem Zweiten Weltkrieg sowohl die ökonomischen Verheißungen als auch die gesundheitlichen Risiken des Atomzeitalters, indem es über die variierenden Dichtegrade des Klangeindrucks und zusätzlich zur numerischen Anzeige sowohl das Aufspüren von Strahlenquellen als auch die unmittelbare Einschätzung von Gefahrensituationen ermöglichte. Technisch vermittelte „Zeichen der Gefahr“ (*signs of danger*) und Praktiken des Risikomanagements, wie sie etwa Joy Parr untersucht hat,⁶⁵ äußern sich daher nicht ausschließlich über eine visuelle und numerische Repräsentation nichtwahrnehmbarer Phänomene, sondern ebenso über akustische Darstellungen. Die medialen Inszenierungen von Geigerzählern in den Massenmedien und insbesondere im Spielfilm der

62 Vgl. Abele (wie Anm. 12), S. 71 u. 83.

63 Alexandra Supper, Sublime Frequencies: The Construction of Sublime Listening Experiences in the Sonification of Scientific Data, in: Social Studies of Science 44, 2014, S. 34–58.

64 Eine vergleichbare Technik mit akustischer Ausgabe stellen Metallsuchgeräte dar, die u.a. zum Aufspüren von Minen verwendet wurden.

65 Joy Parr, Sensing Changes. Technologies, Environments, and the Everyday, 1953–2003, Vancouver 2010, S. 5 sowie das Kapitel „Safety and Sight. Working Knowledge of the Insensible. Radiation Protection in Nuclear Power Plants, 1962–92“, S. 53–77.

Nachkriegszeit trugen ebenfalls erheblich dazu bei, dass das Ticken des Geigerzählers im kulturellen Gedächtnis auch heute noch als sinnliches Zeichen von Radioaktivität präsent ist.

Die Geschichte der Radioaktivitätsforschung und der Strahlenmessung macht demnach exemplarisch auf die Bedeutung der auditiven Dimension technikgestützter Erkenntnisproduktion aufmerksam und zeigt, dass die instrumentelle Produktion von Wissen oft mehr ist als ein Zusammenspiel von Visualisieren und Schlussfolgern („*visualisation and cognition*“),⁶⁶ sondern sich in eine Vielzahl unterschiedlicher Sinnespraktiken im Umgang mit der Sinnlichkeit der Technik gliedert, die jeweils spezifische Zwecke erfüllen. Der Geigerzähler und die sinnliche Vermittlung von Radioaktivität zeugen dabei von einer Welt, die nicht mehr der unmittelbaren Anschauung zugänglich ist und daher nicht simultan – auf einen Blick – erfasst werden kann. Die technischen Verfahren der sinnlichen Darstellung von Radioaktivität machen aber auch deutlich, dass sich die Wahl für eine bestimmte Repräsentationsform nicht nach der vermeintlich allgemeingültigen Erkenntnissfähigkeit einzelner Sinne richtete, sondern Ausdruck konkreter Probleme, Ziele oder schlicht neuer technischer Möglichkeiten war.

Anschrift des Verfassers: Axel Volmar, Muskauer Straße 52, 10997 Berlin,
Email: axel.volmar@mail.mcgill.ca

66 Latour (wie Anm. 5).