

DIE ERFINDUNG DES DEZIBELS UND LÄRMMESSUNG IN DER STADT

Auditive Medien als
Reservoir epistemischer Werkzeuge

VON FELIX GERLOFF UND SEBASTIAN
SCHWESINGER

ABSTRACT

This paper outlines the epistemic and technological history of the Decibel and the apparatus used for measuring sound pressure levels. Departing from developments in otology and telephone engineering at the dawn of the 20th century, we position the transition towards urban noise measurements in New York City during the 1920s as a decisive step in the entangled fixation of noise and loudness. In the course of the developments of the audiometer and of the corresponding units of the measurement of loudness, the concepts of noise, communication, and listening in urban spaces were transformed due to an emerging paradigm of ›transmission efficiency‹. The genealogy of this constellation in otology with its notion of ›hearing impairment‹ led to its technopathologization which we consequently try to grasp as transmission impairment – allowing for disciplining both human beings and urban spaces. Beyond this critical analysis, the paper further addresses the basic method of comparison that is being deployed within the analyzed measurement contexts in its potential as an epistemic tool for further research and design processes.

I. EINLEITUNG

»25, 30, 35, 40, 41, 42! Parkinson, make it 42. The noise in Times Square deprives us of 42 % of our hearing.«¹ Mit diesen Worten begleitet Rogers H. Galt die Lärmmessung am New Yorker Times Square im November 1929.² Umringt von einer Schar männlicher Schaulustiger und unterstützt von zwei Kollegen bestimmt der Mitarbeiter der Bell Telephone Laboratories die Lärmbelastung an diesem zentralen New Yorker Platz und demonstriert zugleich der Öffentlichkeit die Funktionsweise des verwendeten Apparates. Es handelt sich bei dieser Apparatur um ein Phono-Audiometer. Dieses Gerät ist zeitweilig das zentrale Instrument

1 Vgl. o.V.: »Experts Measure Noise in Times Square«.

2 Im folgenden bemühen wir uns, zum besseren Verständnis ›noise‹ in seiner jeweils passenden deutschen Entsprechung zu übersetzen. Lediglich bei direktem Bezug auf die Verwendung in Zitaten behalten wir den englischen Begriff bei.

der New York Noise Abatement Commission und zugleich Kulminationspunkt einer langen Geschichte elektroakustischer Forschung der Telefonindustrie und medizinischer Untersuchungen der menschlichen Hörfähigkeit. Wie kam es zu dieser eigentümlichen Konstellation, dass Telefon-Ingenieure mit einem aus Hörtests resultierenden Gerät Lärmmessungen in der Stadt durchführten und die Ergebnisse in Prozenten des Hörverlusts ausdrückten? Diese Szene markiert einen wichtigen Punkt in der Entwicklungsgeschichte von allgemeinen Lautstärkemessungen – also auch jenseits von Lärm – und der zugehörigen Einheit Dezibel. Eine solche anerkannte Einheit der Lautstärke existierte vor dieser Geschichte nicht und entstand im Zuge der Erfindung des Audiometers. Im folgenden wollen wir die Wissens- und Mediengeschichte des Dezibels und der verwendeten Messgeräte herausarbeiten.

Bis heute werden Lautstärke und Lärmbelastung in Dezibel gemessen, wie ein Blick in die EU-Umgebungslärmrichtlinie und die strategische Lärmkartierung zeigt.³ Diese quantitative Bestimmung von Schall wird neben der stadtplanerischen Verwendung auch rechtlich wirksam. Lärm wurde allerdings nicht immer auf diese Weise als Lautstärke gemessen und verhandelt. Im Gegenteil war seine relationale Bestimmung als unerwünschtes Geräusch zu Beginn des 20. Jahrhunderts vorherrschend.⁴ Weitere qualitative Faktoren spielten ebenfalls eine Rolle: In einigen Gerichtsverfahren wurde zum Beispiel deutlich, dass Musik als Kunst gar kein Lärm sein konnte.⁵ Wie sich das kulturelle Konzept von Lärm im Zuge der Entwicklung eines Messapparates dementsprechend wandelte, wollen wir hier untersuchen. Dabei wollen wir anhand der Entwicklung des Audiometers aus Telefon- und Hörforschung nachvollziehen, welche Zurichtungen von Menschen und Lebensräumen durch diese Konfiguration von Lärm ermöglicht wurden. So hatten die Aktivitäten zur Lärmbegrenzung in New York zum Beispiel zur Folge, dass Straßenhändler aus bestimmten Bereichen der Stadt verbannt wurden.⁶ In einem breiteren wissens- und mediengeschichtlichen Kontext ist es außerdem interessant zu analysieren, welche Verfahren zur Beherrschung von Klang auch in andere Wissens- und Kulturbereiche übertragen wurden und vielleicht heute bewusst analytisch oder gestalterisch eingesetzt werden könnten.⁷ In der praktischen Anwendung des Audiometers interessiert uns dementsprechend besonders der auf dem Masking-Effekt beruhende Vergleich von Klängen zur Lautstärkebestimmung. Diese aus einem auditiven Medium gewonnene Operation könnte perspektivisch ein solches epistemisches Werkzeug darstellen.

3 Vgl. Europäische Union: »Richtlinie 2002/49/EG«; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt: »07.05 Strategische Lärmkarten«.

4 Vgl. Birkefeld/Jung: Die Stadt, der Lärm und das Licht, S. 40.

5 Vgl. Thompson: The Soundscape of Modernity, S. 128ff.

6 Vgl. ebd., S. 124f.

7 Vgl. Schäffner: »The Design Turn«.

Eine jüngere Verschiebung innerhalb der medienorientierten Erforschung klanglicher Phänomene bildet den Impuls für die konzeptionelle Rahmung dieses Beitrags. An die Stelle der Untersuchung des Akustischen in den Medien – also etwa von Sound im Film – ist in den letzten Jahren verstärkt die Untersuchung historisch und räumlich begrenzter Medienkulturen getreten, die sich um klangliche Phänomene bilden. Im Zusammenspiel von Apparaten, Diskursen, gestalterischen Praktiken und eingeübten Hörweisen etc. werden die Schallereignisse erst als klangliche Phänomene disponiert. Durch diese Bestimmungen sind sie als kulturelle Gegenstände, nicht als natürliche Gegebenheiten zu verstehen.⁸ Die aus solchen Elementen gebildeten Konstellationen lassen sich gerade im Hinblick auf die auftretenden Machtwirkungen mit Michel Foucault als »Dispositive« fassen.⁹

Wir legen den zeitlichen und geografischen Rahmen auf die auditive Kultur- und Wissensgeschichte in den USA zwischen 1910 und 1940, speziell mit einem engeren Fokus auf New York, weil dort die für die Entwicklung von akustischen Messgeräten wie dem Audiometer und der entstehenden Einheit Dezibel maßgebliche Arbeit geleistet worden ist. Zur Kulturgeschichte des Lärms in diesem Kontext existieren bereits wichtige Vorarbeiten, etwa von Karin Bijsterveld, Emily Thompson und Hillel Schwartz.¹⁰ Für die Entwicklung des Audiometers und deren Konsequenzen für Kommunikations- und Informationstheorie hat darüber hinaus Mara Mills einen wegweisenden Artikel geschrieben.¹¹ Unser eigener medien- und wissenshistorischer Beitrag widmet sich dem Transfer der Audiometrie in den Stadtraum und von der Telefon- und Hörmessung zur allgemeinen Lärm- und Lautstärkemessung. Unserer Einschätzung nach verdichtete sich um 1930 ein soziokulturelles Dispositiv um Lärm, dessen Auswirkungen man auch in den Texten von Lilian Radovac nachvollziehen kann.¹² Wir wollen diesbezüglich herausarbeiten, wie die medientechnische Entwicklung des Audiometers innerhalb einer auditiven Medienkultur der Telefoningenieure und Otologen im Kleinen die Grundlage für die Ausbildung dieses Dispositivs legte. Dazu werden, stärker als in den existierenden Arbeiten, die konkreten Entwicklungs- und Transformations-schritte des Verbundes aus technischen Elementen, Verwendungspraktiken, physikalischen Einheiten bzw. Darstellungen und Diskursen untersucht, die sich um das Audiometer formierten. Letztlich wollen wir zeigen, wie diese spezifische medial bedingte Wahrnehmung und Konzeptualisierung von Lärm und Klang sowie der hörenden Subjekte als Elemente das soziokulturelle Dispositiv mit herausbildeten und wiederum dadurch stabilisiert wurden. Unsere These ist, dass

8 Vgl. Volmar/Schröter: »Einleitung: Auditive Medienkulturen«, S. 15.

9 Vgl. ebd., S. 14; Foucault: »Das Spiel des Michel Foucault«; Bührmann/Schneider: Vom Diskurs zum Dispositiv.

10 Vgl. Bijsterveld: Mechanical Sound; Thompson: The Soundscape of Modernity; Schwartz: Making Noise.

11 Vgl. Mills: »Deafening«.

12 Vgl. Radovac: »The ›War on Noise‹«; dies.: »Mic Check«.

sich in der Kombination von Telefon- und Hörforschung eine Techno-Pathologisierung von Lärm, Kommunikation und Hören unter einem Paradigma der Übertragungseffizienz im Stadtraum manifestiert. Das heißt, dass diese auditiven Phänomene und Praktiken technischen Parametern und einer Utopie technischer Beherrschbarkeit unterworfen werden. Lärm und Hören in der Stadt werden vor dem Hintergrund sprachlicher Kommunikation konzipiert, wobei Störungen mit Mara Mills durch den Einfluss der Erforschung von Höreinschränkungen als »deafening«, also »Taubmachung«, verstanden werden.¹³ In Kombination dieser beiden Wurzeln von Telefonie und Otologie kennzeichnen wir dementsprechend das resultierende kulturelle Konzept von Lärm in der Stadt als *transmission impairment*. Alternative Bewertungen und Entwürfe der klanglichen Sphäre des Stadtraums jenseits der Sprachübertragung, etwa bezüglich der ästhetischen Qualität der Klänge oder funktionaler nicht-sprachlicher Signale, können so dagegen keine Rolle spielen.

2. SENSATION – TRANSMISSION – HEARING LOSS – NOISE: HÖRFÄHIGKEIT UND ÜBERTRAGUNG

2.1 DIE EINFÜHRUNG DES AUDIOMETERS ZUR MESSUNG DES HÖRVERMÖGENS

Wie Mara Mills in ihrem Artikel *Deafening: Noise and the Engineering of Communication in the Telephone System* herausarbeitet, verdankt sich die Entwicklung von Audiometern wie dem in unserer Eingangsszene nicht nur den Ingenieurskünsten der Mitarbeiter des amerikanischen Telekommunikationsunternehmens AT&T und dessen Forschungsabteilung, den Bell Telephone Laboratories, sondern auch dem Einfluss der Hörforschung und der medizinischen Otologie im Kontext von Vereinigungen für Menschen mit Höreinschränkung.¹⁴ Mills nennt als Motivation für die Ausweitung der Entwicklung von Audiometern vor allem den Bedarf nach größerer Vergleichbarkeit und Differenzierbarkeit der Daten und extensiven statistischen Testreihen zum Hörvermögen.¹⁵ »We cannot expect to study the functions of the ear until we can record with precision the amplitude, frequency, duration, and form of the sound waves«¹⁶, fasste Carl Seashore, der Entwickler des ersten kommerziell erfolgreichen elektrischen Audiometers von 1899, zusammen. Der eigentliche Meilenstein der Audiometriegeschichte, das I-A Audiometer, wurde im Jahr 1922 präsentiert. Es wurde auf Anregung des Vorsitzenden der American Society for the Hard of Hearing von Dr. Edmund Prince Fowler und

13 Vgl. Mills: »Deafening«.

14 Vgl. ebd., S. 120.

15 Vgl. ebd., S. 120, 125f. und 128ff.

16 Fowler/Wegel: »Presentation of a New Instrument for Determining the Amount and Character of Auditory Sensation«, S. 112.

Raymond Wegel von Western Electric, Tochtergesellschaft und Zulieferer von AT&T und gemeinsam mit AT&T Eigentümer der Bell Telephone Laboratories, entwickelt.¹⁷ Wegel präsentierte das Gerät erstmals im Rahmen einer Versammlung der American Otological Society im Mai 1922:

The audiometer which we have used in our tests consists [...] of a source of alternating current of variable frequency, an attenuator and a telephone receiver. [...] The electric source consists of a vacuum tube oscillator constructed with particular care to produce as pure a frequency as can be had with such apparatus.¹⁸

Das Gerät war in der Lage, Frequenzen zwischen 64 Hz und 16 kHz zu produzieren. Die Probanden betätigten einen Taster, sobald sie einen Ton hörten, so dass eine Signallampe aufleuchtete und der Untersuchungsleiter den Leistungswert an der Skala des Drehreglers ablesen und notieren konnte. Aus diesem Wert wurde der Schalldruck auf das Trommelfell berechnet. Hierbei wurde deutlich, dass auch dieses Gerät die von Seashore benannten Anforderungen noch nicht erfüllen konnte und die eigentlichen Schwierigkeiten auf dem Gebiet der Gestaltung der verwendeten Einheiten lagen, denn eine Einheit zur Messung der Lautstärke war zu diesem Zeitpunkt nicht vorhanden. Das wichtigste Ziel der Hörtests mit diesem Gerät war die Bestimmung der Kurve der minimal wahrnehmbaren Schallintensität in Abhängigkeit von der Tonhöhe für »normale« Ohren. Daneben wurde aber auch die Obergrenze dieser Intensität bestimmt, und zwar gemessen an dem Punkt, an dem der Testton so laut war, dass er eine taktile Empfindung hervorrief.¹⁹ Es resultierte eine »area of sensation«, die in einem Diagramm mit der Frequenz markiert auf der Abszisse und der Intensität markiert auf der Ordinate dargestellt wurde. Mit diesem Diagramm, in seiner charakteristischen Form von Fowler und Wegel ebenfalls das erste Mal auf der bereits erwähnten Konferenz im Mai 1922 präsentiert, war das Audiogramm geboren.²⁰

17 Harvey Fletcher, zentrale Figur der Erforschung der menschlichen Hörkapazität und der technischen Reproduktion von Sprache im Kontext des Telefons, war ebenfalls an der Entwicklung des Gerätes beteiligt und im Nachgang für einen Großteil der audiologischen Testreihen verantwortlich.

18 Fowler/Wegel: »Presentation of a New Instrument for Determining the Amount and Character of Auditory Sensation«, S. 105.

19 In der auf die Präsentation folgenden Debatte wird dieses Kriterium zur Festlegung der Obergrenze kritisch diskutiert: Vgl. ebd., S. 113ff.

20 Vgl. dies.: »Audiometric Methods and Their Applications«, S.99; Mills: »Deafening«, S. 129.

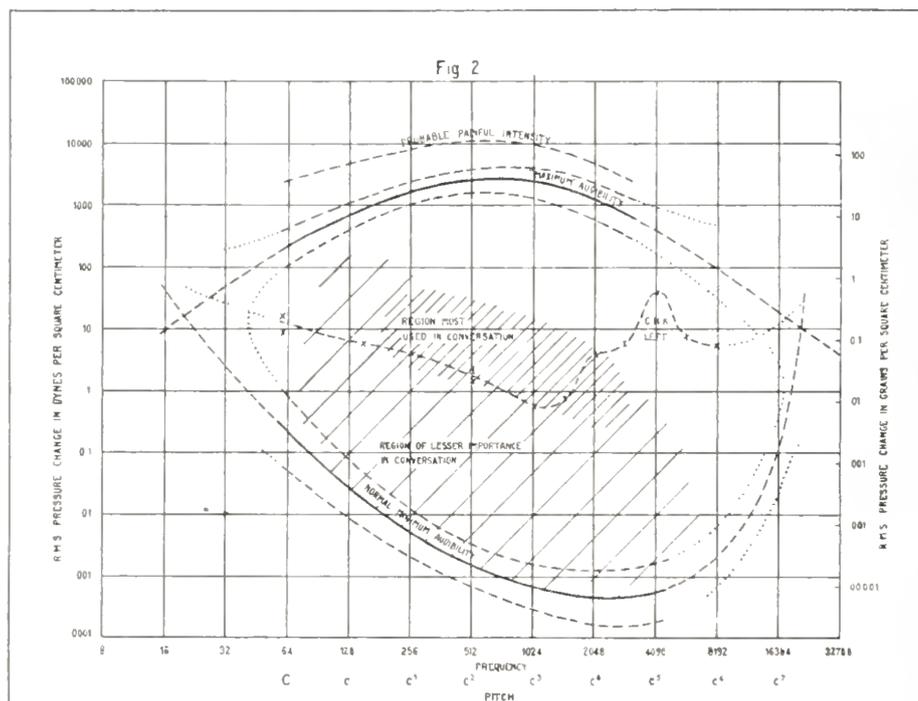


Abb. 1: Das Audiogramm nach Fowler und Wegel²¹

Die Angabe der Frequenzen in »cycles« (später Hz) war selbstverständlich, aber wie wurde die Intensität der Klänge bemessen? Dies diskutierten Fowler und Wegel ebenfalls bei der Vorstellung ihres Audiometers:

There are two kinds of intensity scales in common use; those in which the sensitivity is given in terms of the stimulus, such as those in which energy or sound pressure is used, and scales of sensation which according to our best information is proportional to the logarithm of the stimulus.²²

Dass die sinnliche Wahrnehmung der Lautstärke von Klängen sich proportional logarithmisch zur Intensität der Schallwellen verhält, wurde seit der Formulierung des Weber-Fechner-Gesetzes angenommen und galt im Vorlauf der audiometrischen Untersuchungen von Fowler, Wegel und Fletcher als Lehrbuchwissen.²³ In ihrer Erörterung der Intensitätsskala kommen Fowler und Wegel dementsprechend zu folgendem Schluss:

21 Fowler/Wegel: »Audiometric Methods and Their Applications«, S. 104.

22 Ebd., S. 100.

23 Vgl. Fletcher: »Physical Measurements of Audition and their Bearing on the Theory of Hearing«, S. 296.

From this it will be apparent that an audiogram plot on a stimulus basis (pressure or energy) is very misleading because of its magnification of the inaccuracies, and inadequate because it can only cover a small part of the sensation range. On the other hand, the logarithmic or sensation scale not only meets the requirements of uniformity of accuracy very closely throughout its range, but is the only simple scale capable of depicting all measurable characteristics.²⁴

Dieser Lösungsansatz für das Einheiten- und Darstellungsproblem konnte von Fowler und Wegel aus der Telefonforschung entlehnt werden. Dort waren bereits die Grundlagen für eine solche logarithmische Skala der Sinneseindrücke gelegt worden, die sich an der dynamischen Wahrnehmung des Ohres orientierte.²⁵ Denn erst mit einem elektrischen Audiometer mit einzelfrequenten Tönen konnte sich die Arbeit darauf konzentrieren, geräteunabhängige Standards für die verwendeten Einheiten und Darstellungsweisen zu etablieren. Einen wichtigen Entwicklungsschritt stellten dabei Harvey Fletchers Diagramme zu verschiedenen Aspekten des Hörens dar, die er in Weiterführung dieser Forschungen im März 1923 vorstellte.²⁶ Sie verbanden auf der vertikalen Intensitätsskala die bisher in der Audiometrie verwendeten absoluten Werte der Schalldruckveränderung auf eine Fläche (als Äquivalent zum Trommelfell) in Dynes/cm² – einer inzwischen veralteten Einheit der Bestimmung einer Krafteinwirkung – mit einer neu hinzu gekommenen Angabe der Lautstärkeveränderung und des gemessenen Verhältnisses der elektrischen Leistung des Testapparates, aus dem die Dynes/cm² erst berechnet wurden.

Aus verschiedenen Forschungsdokumenten von Western Electric und den Bell Telephone Laboratories wird klar, dass das Ohr und das menschliche Hörvermögen als Teil des Kommunikationssystems Telefon betrachtet wurden, deren Charakteristika es demzufolge bereits beim Umgang mit den technischen Komponenten zu beachten galt.²⁷ Diese Vorstellung wurde durch die Einbindung der Telefoningenieure in die Audiometrie importiert. Messungen und Normierungen des Hörvermögens erfolgten so wörtlich mit dem Telefonhörer am Ohr und unter der Perspektive effizienter telefonischer Sprachübertragung: »The audiometer

24 Fowler/Wegel: »Audiometric Methods and Their Applications«, S. 102.

25 Vgl. Fowler/Wegel: »Audiometric Methods and Their Applications«, S. 100.

26 Vgl. Fletcher: »Physical Measurements of Audition and their Bearing on the Theory of Hearing«.

27 Vgl. Mills: »Deafening«, S. 120; Während Mills an dieser Stelle zum Nachweis Fletchers Standardwerk »Speech and Hearing« von 1929 anführt, konnten wir diese Konzeption bereits in frühen Dokumenten der beteiligten Forscher von Anfang der 20er Jahre wiederfinden. So z.B. in Wegel: »The Physical Characteristics of Audition and Dynamical Analysis of the External Ear«, S. 56, und Fletcher: »Fundamental Studies in the Transmission of Speech«, S. 3.

is an instrument for measuring the efficiency of hearing«.²⁸ Das menschliche Hörvermögen wurde damit abhängig von der individuellen Fähigkeit, mit dem Telefon umzugehen, und dessen medientechnischen Spezifikationen.

2.2 DIE MESSUNG DER ÜBERTRAGUNGSEFFIZIENZ UNTER DEM EINFLUSS VON STÖRSCHALL IN DER TELEFONFORSCHUNG

Die Telefoningenieure bei AT&T untersuchten Sprachübertragungs- und Hörvorgänge ihrerseits schon lange vor der Erfindung des Audiometers. Im Zentrum ihrer Bemühungen stand die Aufgabe, den Verlust an Sprechleistung (›power of speech‹) bei der Übertragung mittels Kabel- oder Freileitungen zu kompensieren, insbesondere bei Langstreckenverbindungen.²⁹ »To measure this loss and evaluate the amplification needed to compensate for this loss, the ›mile of standard cable‹ was used.«³⁰ Die Prämisse dieser Bestimmung eines Leistungsabfalls in Entfernungseinheiten war, dass die hauptsächliche Funktion eines Telefonsystems, die exakte Reproduktion der eingesprochenen Sprache am anderen Ende der Leitung, durch »its efficiency as a transmission system« bestimmt werden kann, »expressed as the ratio of the sound power output to the sound power input.«³¹ Durch die Standardisierung der Bauteile und Kabeleigenschaften ließ sich dieses Verhältnis als abhängig von der verbauten Kabelstrecke abbilden, d.h. jede zusätzlich eingebaute Meile führte zu einer bekannten Verringerung der Signalstärke. Weil nun an jeder Stelle des Telefonnetzwerks die aktuelle Leistung bestimmt und im Verhältnis zur Ausgangsbasis als ›miles of standard cable‹ oder kurz m.s.c. angegeben werden konnte, wurde diese Einheit zur allgemeinen Maßeinheit der Übertragungseffizienz von Telefonnetzwerken. Wichtig ist die bereits an dieser Stelle bewusste Verknüpfung von wahrgenommener und elektrischer Signalstärke: »This loss [1 m.s.c.] is equivalent to the minimum change in level that a normal person can detect.«³² Setzt man die Kenntnis des Weber-Fechner-Gesetzes voraus, scheint der durch das Telefon vorgegebene Bezug der gehörten Signalstärke als Lautstärke (›sound power‹) eine logarithmische Linearisierung des elektrischen Verhältnisbezugs unterstützt zu haben.

Parallel zur signalorientierten Effizienz telefonischer Übertragung untersuchten Bell-Ingenieure seit Anfang der Zehnerjahre auch deren Störfaktoren, die unter dem Begriff ›noise‹ zusammengefasst wurden. In einem 1935 veröffentlichten Rückblick auf die Messungen solcher Störfaktoren in der Telefonforschung schildern Barstow, Blye und Kent zwei wesentliche Untersuchungsanordnungen.

28 Ders.: »Audiometric Measurements and Their Uses«, S. 10.

29 Vgl. Hirt/Volmar: »Kanalarbeit«, S. 223ff.

30 Hilliard: »Early History of the Evolution of the Volume Indicator«, S. 1.

31 Martin: »The Transmission Unit and Telephone Transmission Reference Systems«, S. 400.

32 Hilliard: »Early History of the Evolution of the Volume Indicator«, S. 1.

Bereits seit 1910 wurden sogenannte ›articulation tests‹ durchgeführt, bei denen einzelne Silben über eine Telefonleitung übertragen von einer Testgruppe notiert werden mussten.³³ Die Prozentzahl der richtig verstandenen Silben ergab unter verschiedenen Frequenzabdämpfungen eine Vergleichsgröße zur Bestimmung der Frequenzabhängigkeit einer adäquaten Sprachübertragung. Harold Osborne entwickelte dieses Verfahren weiter, indem er anstelle der Frequenzabsenkungen unterschiedlich frequente Ströme als Störgeräusche einspeiste und deren Störungsgrad wiederum als Prozentzahl der korrekt notierten Silben festmachte. Mit der Möglichkeit des dosierten Einspielens von elektrisch erzeugtem, beherrschbarem Störschall gelang Osborne ab 1914 auch die Weiterentwicklung der zweiten Kategorie von Tests, der sogenannten ›judgment tests‹. Über ein Telefonsystem wurden Zeitungsnachrichten verlesen, denen die Probanden lauschen sollten. Hierfür konnten sie zwischen zwei Zuständen wählen: entweder mit eingespieltem Störschall oder mit reduzierter Lautstärke der Nachrichten. Die Intensität des Störgeräuschs und der Nachrichtenlautstärke wurde solange variiert, bis die Probanden beide Hörsituationen als äquivalent einschätzten. »The results obtained in these tests indicated a linear relationship between the amount of disturbing current and the volume reduction expressed in terms of miles of cable added to the standard testing circuit.«³⁴ Damit wurde in diesem Kontext zum ersten Mal explizit die Lautstärke des Störschalls in der aktuellen Einheit m.s.c. gemessen, nicht die Effizienz der Übertragung sprachlicher Silben in Prozent. Durch das Experimentalssetting mit entweder Störschall oder Lautstärkereduktion wurde außerdem bereits eine frühe Äquivalenz von Lärm und Lautstärke hergestellt.

Darüber hinaus wurden Tests durchgeführt, in denen zwei künstlich hergestellte Störgeräusche hinsichtlich ihrer Störwirkung auf die gleichzeitig über die Telefonleitung übertragene Sprache beurteilt werden mussten. Dazu ließ sich eine der Störquellen jeweils solange in ihrer Intensität justieren, bis sie »as disturbing as the second noise«³⁵ eingeschätzt wurde. Aus den ablesbaren Störsignalsstärken konnte ihre relative Gewichtung für eine allgemeine Störskala bestimmt werden. Wie bei der späteren Problematik, die richtige Einheit für Lärm und Lautstärkemessungen mit dem Audiometer zu finden, kann man hier bereits diese Schwierigkeiten in Bezug auf die Übertragungseffizienz von Telefonleitungen erkennen. Während all diese Testverfahren im Zusammenhang von Sprachübertragung standen, weist die letzte Form der ›judgment tests‹ bereits auf die Emanzipation von ›noise‹ als eigenständigem Phänomen hin:

This method consists of comparing, in a telephone receiver, the noise to be measured with a noise generated by means of a standard buzzer. The observer adjusts the magnitude of the buzzer noise by means

33 Vgl. Crandall: »The Composition of Speech«, S. 74f.

34 Osborne: »Review of Work of Sub-Committee on Wave Shape Standard of the Standards Committee«, S. 276.

35 Barstow u.a.: »Measurement of Telephone Noise and Power Wave Shape«, S. 152.

of a calibrated potentiometer until, in his judgement, it is as disturbing as the noise to be measured.³⁶

Das Interesse verlagert sich also von der Messung der Sprachübertragung auf die Messung der Störfaktoren. Zum ersten Mal kommt hier außerdem das Verfahren des Vergleichs zweier Klänge zu ihrer quantitativen Bestimmung zum Einsatz. Das Problem wird deutlich, überhaupt sinnvolle Einheiten für solche noch experimentellen und tastenden Vergleichsmessungen zu finden.

2.3 DIE ENTWICKLUNG DER TRANSMISSION UNIT ZUR MESSUNG VON LAUTSTÄRKE

Im Durchgang durch diese verschiedenen Untersuchungssetups der Telefonforschung ist auffällig, dass die technischen Bestandteile genau dieselben waren, die die große Innovation des Audiometers 1922 ausmachten. Die apparativen Anordnungen in den Bell Telephone Laboratories sind bereits das Audiometer *avant la lettre*. Harvey Fletcher umreißt *ex post* die grundlegenden Elemente dieses technischen Ensembles, welches er nicht zuletzt Edmund Fowler für die Verwendung in der Entwicklung des Audiometers angetragen hatte:

The new tools which have made possible more accurate measurements in audition are the vacuum tube, the thermal receiver and the condenser transmitter. When connected in a proper arrangement of circuits, the vacuum tube is capable of generating an oscillating electrical current of any desired frequency. This electrical vibration is translated into a sound vibration by means of the telephone receiver. Between the receiver and the oscillator, a wire network called an attenuator is interposed which makes it possible to regulate the volume of sound.³⁷

Eine Klangquelle, die in der Lage war, Töne einzelner Frequenzen mit dauerhaft gleicher Lautstärke zu erzeugen, eine Schaltung, die die logarithmische Regulierung der Lautstärke erlaubte, und ein Telefonhörer, der die Testtöne zielgerichtet dem Ohr darbot, bildeten in variabler Konfiguration ein produktives epistemisches Ensemble. Die beiden oben skizzierten Geschichten der medizinischen Hörforschung und der technologischen Telefonforschung kulminierten gegen 1922 in der Verdichtung dieses Ensembles zu einer als Audiometer adressierbaren Apparatur. So wurden Geräte und Wissen der Telefoningenieure, wie oben dargestellt, in der Otologie wirksam. Gleichsam aber wirkten umgekehrt otologische Forschungsansätze und -ergebnisse zurück in die Telefonforschung.

36 Ebd., S. 151.

37 Fletcher: »Physical Measurements of Audition and their Bearing on the Theory of Hearing«, S. 291f.

Während Osbornes Testanordnungen noch darauf zielten, zwei Störgeräusche hinsichtlich eines »equal interfering effect[s]«³⁸ zu beurteilen, hielt zwischen 1919 und 1923 ein durch die Hörforschung informierter Vergleichsmechanismus Einzug in diese Testreihen. Mit grundlegenden Arbeiten zum »masking effect« als dem zentralen Aspekt der Hörerfahrung, z.B. von Lane/Wegel³⁹ und Fletcher⁴⁰, fand sich ein physikalisch fundiertes Verfahren zur Lautstärkebestimmung. Es löste die subjektive Empfindung der gleichwertigen Störung Zug um Zug ab. Fortan wurde die Intensität eines Störgeräuschs bestimmt, indem ein dem Störgeräusch verwandtes und in seiner Frequenzzusammensetzung bekanntes Standardgeräusch solange intensiviert wurde, bis es das Störgeräusch durch seine Lautstärke maskierte bzw. umgekehrt das Standardgeräusch solange abgeschwächt wurde, bis es durch das Störgeräusch vollständig maskiert wurde. Diese vermeintlich geringfügige Veränderung kennzeichnet eine potente epistemische Verschiebung, die die zukünftigen Lärm- und Lautstärkemessungen jenseits der Telefonie und der Hörtests maßgeblich disponierte.

Die verschiedenen Vektoren der Anwendung dieses epistemischen Settings verbanden sich im Forschungsprogramm von Fletchers Arbeitsgruppe bei Western Electric. Konsequenter verfolgte es die Weiterentwicklung des Telefonsystems unter der oben angerissenen ganzheitlichen, also den Menschen und die Hörräume einschließenden Perspektive. Unter dem Titel *Fundamental Studies in the Transmission of Speech* vereinten sich in diesem internen Strategiepapier bereits durchgeführte und noch geplante Forschungen zu so vielfältigen Themen wie »acoustic constants of the ear drum, the ear cavity and their characteristics as elements of the telephone transmission system«, »transmission speech levels« oder »asymmetric distortion in vacuum tube circuits« unter dem Banner der Telefonforschung.⁴¹ Dieser umfassende und fundamentale Ansatz ging mit dem Interesse einher, alle zu formalisierenden Faktoren im Rahmen eines idealen »telephone transmission reference systems« modellieren zu können.

Solch ein Referenzsystem zu Test-, Überwachungs- und Entstörungszwecken von telefontechnischen Komponenten existierte bis dato auch realiter. Gegen Ende der 1910er Jahre hatten sich allerdings der Aufbau und die verwendeten Einheiten dieses Systems (wie die »miles of standard cable«) als unbrauchbar bzw. überholt erwiesen. In Fletchers Forschungsprogramm findet sich dementsprechend auch ein Abschnitt zur erneuten Standardisierung zentraler technischer Begriffe und Einheiten. Gerade vor dem Hintergrund einer internationalen Debatte um Normen der Telefonie wurde ein Reformbedarf sichtbar. Darüber hinaus

38 Osborne: »Review of Work of Sub-Committee on Wave Shape Standard of the Standards Committee«, S. 279.

39 Vgl. Lane/Wegel: »The Auditory Masking of One Pure Tone by Another and Its Probable Relation to the Dynamics of the Inner Ear«.

40 Vgl. Fletcher: »Physical Measurements of Audition and their Bearing on the Theory of Hearing«.

41 Fletcher: »Fundamental Studies in the Transmission of Speech«, S. 3, 5, 9.

wurde die Übertragungseffizienz nicht mehr mit Sprach-, sondern mit Einzelfrequenztests gemessen. Dafür aber war die Einheit m.s.c nicht geeignet, weil sie an eine bestimmte Frequenz gekoppelt war.⁴² Dementsprechend stand sie auch der Verbreitung der epistemischen Strukturen und Verfahren des Vergleichs um das Audiometer in den unterschiedlichen Forschungsbereichen im Weg. Auf der Suche nach einer frequenzunabhängigen Einheit unter dem Paradigma der Übertragungseffizienz sollte das logarithmische Verhältnis, welches m.s.c. in Anlehnung an die Hörwahrnehmung abbildete, allerdings erhalten bleiben. Die Festlegung auf die Einheit TU für ›transmission unit‹ folgte deshalb dem ungefähren Wert einer ›mile‹ im Rahmen des dekadischen Logarithmus und bemaß von nun an das Leistungsverhältnis bei allen möglichen Frequenzen.

$$N = \frac{\log \frac{P_1}{P_2}}{\log 10^{0.1}}$$

Formalisierung der ›transmission unit‹ nach Hartley⁴³

Wie sich zeigen sollte, war damit die Einheit entwickelt, die später unter dem Namen Dezibel auch zur allgemeinen Einheit der Lautstärkemessung wurde. Dazu musste allerdings der Zusammenhang mit dem menschlichen Hörvermögen noch genauer geklärt werden. Der durch eine TU abgebildete Größenunterschied entsprach mit $10^{0.1}$ etwa dem Faktor der »sound power changes which can be detected by an ear«⁴⁴. Im Gegensatz zur Stromstärke fokussierte TU auf die elektrische Leistung, die der Ansicht der Bell-Techniker folgend die wahre Messgröße der Übertragungseffizienz darstellte: »In considering the conversions between sound and electrical energy, it is obviously advantageous to have a unit based directly on a power ratio.«⁴⁵ Daneben spezifizierte Hartley, dass es sich nicht nur um einen Vergleich der Leistung an In- und Output handelte, sondern die neue Einheit Leistungen in verschiedensten Kontexten sinnvoll miteinander in Beziehung zu setzen vermochte:

[W]hat powers are to be taken in any case will be determined by what quantity is being measured in transmission units and how that

42 Vgl. Martin: »The Transmission Unit and Telephone Transmission Reference Systems«, S. 405; Ein Zwischenschritt in der Entwicklung einer frequenzunabhängigen Einheit war die Weiterentwicklung der m.s.c. zur 800 cycle mile, also zu den messbaren Werten eines Stroms im Standardkabel von 800 Hz, die daraufhin zu Vergleichszwecken verwendet wurden. Vgl. Hartley: »The Transmission Unit«, S. 34ff.

43 Ebd., S. 34.

44 Martin: »The Transmission Unit and Telephone Transmission Reference Systems«, S. 406.

45 Ebd.; Vgl. Hartley: »The Transmission Unit«, S. 34ff.

quantity is defined. It may, for example, be the efficiency of a system as compared with some reference system, the crosstalk between two lines, or the relative power at two points in a system.⁴⁶

Aufgrund ihrer Frequenzunabhängigkeit und Anwendbarkeit auf verschiedenste Vergleichsmesspunkte sowie ihrer logarithmischen Anlage emanzipierte sich die TU in letzter Konsequenz aus ihrem Ursprungszusammenhang des Telefonreferenzsystems und wurde für alle möglichen Messungen in Elektronik und Akustik brauchbar.⁴⁷ Den Übertrag einer solchen Einheit der Übertragungseffizienz auf Lautstärkemessungen legte Fletcher wiederum bereits 1922 in seinem Vortrag zu physikalischen Messungen des Hörens, bei dem es nicht ausschließlich um die Telefonie ging, nahe:

The *chief interest* in changes in efficiency of transmission apparatus is their effects upon the loudness of the speech delivered by the receiver at the end of the telephone circuit. So it would be very advantageous to use this same logarithmic scale for measuring differences in loudness.⁴⁸

Damit erfolgte nach der Übernahme der technischen Anordnung des Audiometers aus der Telefonforschung die darauf aufbauende Übernahme einer brauchbaren Einheit zur Bestimmung der Intensität des Klangs.

2.4 DIE ÜBERTRAGUNG DER LAUTSTÄRKEMESSUNGEN IN DEN STADTRAUM

Noch vor der öffentlichen Vorstellung dieser »transmission unit« durch W. H. Martin in der Zeitschrift des American Institutes of Electrical Engineers vom Juni 1924 und Hartley in *Electrical Communication* vom Juli 1924 brachte Fletcher die TU bereits 1923 zur Anwendung. Am 19. September unternahm er gemeinsam mit seinen Kollegen Frederick und Blattner die wahrscheinlich ersten wissenschaftlich dokumentierten Lärmessungen im urbanen Raum. Es handelt sich hierbei um ein bisher kaum bekanntes Bindeglied der Klangforschung im Telefonbereich und der Lautstärkemessungen im Stadtraum. Angeregt wurde diese Untersuchung der Bell-Ingenieure durch die Idee der Einführung eines Lautsprecher-systems in der U-Bahn, das wie alle anderen elektroakustischen Systeme standardisiert reguliert werden sollte. Die akustischen Umgebungen, die für Lautsprecheransagen in verschiedenen Situationen des U-Bahn-Systems zu erwarten waren, sollten hier zunächst vermessen werden. Bei dem verwendeten Messgerät

46 Hartley: »The Transmission Unit«, S. 38.

47 Vgl. Martin: »The Transmission Unit and Telephone Transmission Reference Systems«, S. 407.

48 Fletcher: »Physical Measurements of Audition and their Bearing on the Theory of Hearing«, S. 297.

handelte es sich möglicherweise um eine ebenfalls 1923 veröffentlichte Version des neuen mobilen Audiometers mit der Bezeichnung 3-A. Wie sich bei Fletchers folgender Erörterung der mathematischen Operationen zur Bestimmung des notwendigen Lautstärkepegels für Lautsprecherdurchsagen zeigt, handelt es sich hierbei um einen frühen Nachweis der neuartigen Masking-Methodik für Lärm-messungen. Es ging nicht mehr darum, zu beurteilen, welcher der beiden Klang-eindrücke störender war, sondern wann der eine den anderen vollständig über-deckte. Für diese Anwendung kam das Grundlagenwissen der Masking-Hör-forschung zum Einsatz. Dazu musste zunächst die Frequenzcharakteristik des zu messenden Lärms bestimmt werden, damit dann der für einen solchen Lärm zu-vor bestimmte Masking-Wert herangezogen werden konnte.⁴⁹ Auf diese Weise bestimmten Fletcher, Frederick und Blattner den Lärmpegel in einem U-Bahn-Waggon beim Stehen in der Station, beim Anfahren und Bremsen und während der Fahrt zwischen zwei Stationen im Freien sowie unter der Erde. Die Umrech-nung in den festzulegenden Lautstärkepegel der Lautsprecher konnte dabei nur gelingen, weil mit der TU eine standardisierte Einheit zwischen Elektroakustik und Raumakustik vermittelte. Mit dem aus der Messung berechneten tatsächli-chen Lärmpegel, den empirischen Befunden über den Maskierungseffekt und dem ebenfalls untersuchten Verstärkungsgrad von Sprache über ein Lautsprechersys-tem ließ sich somit die notwendige Verstärkung des Signals unter den gegebenen Lärmbedingungen berechnen.

Die quantifizierte Lautstärke des Sprechens über den Lautsprecher impli-zierte dabei freilich ein standardisiertes, »normales« und vor allem konstantes Sprechen. Wie eine erste Synthese der vorangegangenen Untersuchungen aus medizinischer Hörforschung und technologischer Telefonforschung verbanden sich hier deren Apparaturen, Akteure, Praktiken und Wissensvorräte und traten als funktionales Ensemble zur Lärm-messung aus dem Labor in den Stadtraum hin-aus. Was man im nächsten Schritt bei den öffentlich-offiziellen Messungen von Edgar Elway Free oder der New York Noise Abatement Commission in einem höheren Verdichtungsgrad sehen wird, manifestierte sich hier bereits in prototy-pischer Form. Das Interesse hatte sich noch nicht vollends in Richtung Stadt oder allgemeiner Lautstärkemessungen jenseits von Lärm verlagert, aber die Elemente des künftigen Dispositivs wurden bereits effektiv miteinander in Beziehung ge-setzt. Nach aktuellem Forschungsstand wurde die erste öffentliche Lärm-Messung drei Jahre später von Free durchgeführt und in dem Artikel *How noisy is New York?* in *The Forum* publiziert. Das mittlerweile verbreitete Audiometer 3-A er-laubte es ihm, den Lärm der Stadt an verschiedenen Orten in mehreren Durch-gängen zu vermessen:

In this institution [Bell Laboratories] some of the ablest physicists of today have been engaged in attacking the problems of transmitting

49 Vgl. Fletcher: »Noise Measurements on Subway Trains«, S. 1.

speech sounds over long lengths of telephone wire and through the manifold pieces of electrical apparatus which the modern telephone system employs. There have been many scientific by-products of this telephone research; one of them is an instrument called an audiometer which physicians are now using to test the degree of hearing retained by persons who are partially deaf. By a simple modification, this instrument can be adapted to the measurement of noise.⁵⁰

Diese einfache Anpassung war das Einfügen von Schlitzfenstern in die Abschirmung des verwendeten Telefonhörers, um die Geräuschkulisse des zu vermessenden Raumes direkt am Ohr in das Abhör- und Messsystem einzulassen.⁵¹ Die Synthese der beiden genealogischen Quellen dieser Lärmmessungen findet sich hier nicht nur in den Apparaten und Verfahrensweisen, sondern vor allem auch in der diskursiven Konzeption und Vermittlung des Sachverhalts. Es wird klar, dass das Erbe von Telefonforschung und Erforschung von Höreinschränkungen in dieser Anordnung wirksam bleibt. Dies zeigt sich besonders im verwendeten Maß für die Intensität bzw. Lautstärke des Gehörten. Free verwendete in seinem Text als Einheit die sogenannten ›sensation units‹, die die auf das Hören bezogene Variante der ›transmission units‹ waren.⁵² Er versuchte auch ausführlich zu vermitteln, warum es für Lärmmessungen sinnvoll war, diese am Menschen orientierte Einheit und nicht die eigentliche physikalische Messgröße des Schalldrucks zu verwenden.⁵³ Was er nicht sagte: Das 3-A Audiometer war im speziellen an die Anforderungen von massenhaften Hörtests angepasst.⁵⁴ Die Standard-Skala am Drehregler zeichnete nicht etwa ›sensation units‹ aus, sondern ›percent of hearing loss‹. Diese Vermittlungsstufe hatte sich aus dem praktischen Zweck der schnellen Feststellung der Hörfähigkeit durchgesetzt und nahm ebenfalls eine wichtige konzeptionelle Spezifikation mit auf:

The zero hearing point is taken as the average intensity where one feels the sound wave. The 100 per cent hearing point is taken as the average threshold intensity for people who are known to have normal hearing. The first intensity point corre-

50 Free: »How Noisy Is New York?«, S. xxii.

51 Vgl. Galt: »Methods and Apparatus for Measuring the Noise Audiogram«, S. 150f.

52 Dass es sich bei SU und TU definitiv um die gleiche Einheit mit verschiedenen Namen für verschiedene Anwendungsbereiche handelt, zeigt sich z.B. in Fletcher: »Useful Numerical Constants of Speech and Hearing«, S. 377.

53 Vgl. Free: »How Noisy Is New York?«, S. xxii.

54 Auf dem vorhandenen Videomaterial aus dieser Zeit lassen sich die verwendete Apparatur und die auf den Geräten aufgebrachten Einheiten bzw. ihre Skalen erkennen. Vgl. o.V.: »Dr. E.E. Free Measures Noise«.

sponds to that produced when one talks very loud directly into the ear.⁵⁵

Dieser Referenzbereich des Hörens beruhte auf der Grundlagenforschung Fletchers, Fowlers und Wegels, die in vielen Hörtests versuchten, die ›area of sensation‹ zwischen je nach Frequenz minimalem Schalldruck und einer am taktilen Eindruck bemessenen Obergrenze zu ermitteln. So manifestierte sich das Ergebnis eines tentativen Aushandlungs- und Quantifizierungsprozesses, der ›normal hearing‹ im Unterschied zur Hörfähigkeit der ursprünglich beforschten Menschen mit Höreinschränkung bestimmen wollte. Wie man schon in diesem Zitat ablesen kann, wurden Annahmen über die Hörfähigkeit der Probanden bereits vor den Messungen wirksam. Außerdem waren gerade die massenhaften Hörtests zur Generierung einer breiten statistischen Basis wegen der auditiven Verhältnisse in den zur Messung genutzten Klassenzimmern und den technisch unausgereiften Geräten oft fehlerbehaftet und ungenau. Die Ergebnisse wurden nichtsdestotrotz in der ›area of sensation‹ objektiviert und gingen im folgenden unreflektiert in Lärm- und Lautstärkemessungen in der Stadt ein.

Mit diesem apparativen und messtechnischen Erbe der Lärmmessungen in der Stadt ging zudem auch eine konzeptionell und diskursive Disposition einher: die paradigmatische Orientierung an der Sprache als Primat klanglicher Information. Dieses Paradigma zeigt sich nicht nur explizit am ›first intensity point‹, der sich am lauten Sprechen ins Ohr orientiert, sondern noch deutlicher an einer überraschenden Einschränkung, die das 3-A betrifft. Im Gegensatz zum 1-A und 2-A enthielt es nämlich keine flexible Audion-Röhre, die variable Tonhöhen produzieren konnte, sondern einen festgestellten Klangerzeuger, der lediglich ein einzelnes, immer gleich bleibendes Geräusch (›standard noise‹) erzeugte: »It gives only a compound tone of variable intensity. An analysis of this tone shows that it has frequency components throughout the important range of speech frequencies.«⁵⁶, erklärte Fletcher. Im Klartext bedeutet dies, dass Frees Vergleichsgeräusch, wenn er Lärm in New York maß, immer dieses an den Sprachfrequenzen ausgerichtete Geräusch war, egal welche Art von Stadtlärm er damit maskieren wollte. Dies setzte sich auch in der sprachlichen Vermittlung über Vergleiche um, die verwendet wurden, um die ungewohnten Einheiten verständlich zu machen. Dabei wurde nicht von ungefähr auf den Ursprungskontext der Hörfähigkeitsmessungen rekurriert, wie sich in Frees Erläuterung zeigt: »[The corner of Thirty-Fourth Street and Sixth Avenue] is the noisiest place which we have found in New York. Its noise intensity is fifty-five sensation units above quiet, which means that when you talk to a person [...] you must shout as loudly as you do to a person who is more than half deaf.«⁵⁷ Daran wird deutlich, dass Stadtlärm nach wie vor

55 Free: »How Noisy Is New York?«, S. xxii.

56 Fletcher: »Audiometric Measurements and Their Uses«, S. 10.

57 Free: »How Noisy Is New York?«, S. xxiv.

qualitativ als Einschränkung eines sprachlichen Kommunikationsvorgangs verstanden und die zur Kompensation notwendige ›Verstärkung‹ des Signals berechnet wurde. Hier bezog sich dies eben nur nicht mehr auf ein elektrisches Telefonsystem, sondern auf die Akustik im Stadtraum. Aus ›transmission reference system‹ und ›hearing impairment‹ wurde so ein urbanes *transmission impairment*. Den Einzug des Konzepts von ›noise‹ aus der medizinischen Hörforschung in das Telefoningenieurwesen und die Kommunikationswissenschaft beschreibt Mara Mills mit dem damals verwendeten Ausdruck als ›deafening‹: »Finally, the foundational association of noise and ›deafening‹ caused transmission interferences to be inflected with pathology. Deafening spread from an individual impairment to a predicament for an entire communication system.«⁵⁸ Darüber hinausgehend wird in unserem Kontext klar, dass es sich nicht nur um eine Pathologisierung durch ›deafening‹ handelte, sondern auch um eine kommunikationstechnische Formatierung durch ›telephone transmission‹. Diese Disposition wirkte dementsprechend nicht nur für die Konzeption und Messung von ›noise‹ in Telefon- und Kommunikationssystemen, sondern auch für Stadtlärm und Lautstärkemessungen generell. Über die Erforschung von Lautstärke manifestierte sich demzufolge eine Technopathologisierung von Lärm, Kommunikation und Hören im öffentlichen Raum, die technologische und medizinische Aspekte vereinte.⁵⁹

Durch die öffentlichkeitswirksamen Messungen Frees und seiner Nachfolger wurde als physikalische Tatsache inszeniert, was schon die Anti-Lärm-Bewegungen seit der Jahrhundertwende reklamierten⁶⁰ und was Donald Laird für die Einschränkung der Effizienz von Schreibkräften physiologisch belegt hatte⁶¹ – dass nämlich Lärm gleichermaßen eine Einschränkung von Gesundheit und Effizienz bedeutete. Die pathologisierende Wirkung von ›deafening‹ wird hier wesentlich einleuchtender als nur im Kontext der Telefonindustrie und Kommunikationstheorie, für die Mills es in Anschlag bringt. Vorstellungen und Quantifizierungen von ›normalem‹ Sprechen und Hören bestimmten die Messung von und Auseinandersetzung mit Lärm und Geräuschen in der Stadt. Damit haben sich nun auch die letzten Bausteine zur Erklärung der Eingangsszene dieses Textes gefunden. Da es sich um eine öffentliche Vorführung des Messverfahrens handelte, rechnete Galt in diesem Moment die ›percent of hearing loss‹ nicht in ›sensation units‹ um, sondern nutzte die Prozentangabe direkt zur Vermittlung seines Handelns an das Publikum. Die 1929 eingesetzte New York Noise Abatement Commission sollte nicht nur wissenschaftlich erforschen, wie Lärm beizukommen war, sondern

58 Mills: »Deafening«, S. 7.

59 In der Nachfolge Frees verstärkt sich diese Tendenz sogar noch. Harvey Fletcher schreibt in seinem Standardwerk *Speech and Hearing* das Konzept von ›noise‹ in Transmissionszusammenhängen als ›deafening‹ fest, was wiederum Rogers Galt in seinem Artikel zur Geschichte der Messungen von Störgeräuschen im Telefonkontext direkt übernimmt: Vgl. Galt: »Methods and Apparatus for Measuring the Noise Audiogram«, S. 147.

60 Vgl. Thompson: *The Soundscape of Modernity*, S. 121f.

61 Vgl. Laird: »The Measurement of the Effects of Noise on Working Efficiency«.

stellte auch eine öffentliche Kampagne zur erzieherischen Aufklärung der Bevölkerung dar. Dies beinhaltete eine ausgreifende Berichterstattung in den Medien mitsamt eigens produzierter Radiobeiträge und regelmäßiger Zeitungsberichte.⁶² Auf diese Weise konnten sich die oben herausgearbeiteten Konzepte von Lärm in die Gesellschaft hinein verbreiten. Dieser Prozess führte zu Weiterentwicklungen des Audiometers, die das inzwischen gesammelte Wissen zum Versuch einer noch weiter getriebenen Objektivierung nutzten. Mit sogenannten Noise- oder Acoustimetern sollte der Mensch als Teil der Messung komplett eliminiert werden.⁶³

Die letzte medienkulturgeschichtlich bedeutsame Konventionalisierung von Dezibel als Lautstärkeeinheit erfolgte schließlich 1928. Die in der Praxis vielfältige Anwendung der grundlegenden Formalisierung der ›transmission unit‹ – unter anderem in ihren Formen als ›sensation units‹ oder ›noise units‹⁶⁴ – bestätigte den Ingenieuren von AT&T, dass es sich um eine jenseits der Telefonie brauchbare Einheit handelte. Bereits bei ihrer Einführung 1924 wurde der Name ›transmission unit‹ als Verlegenheitslösung präsentiert. Nach vier Jahre andauernden Verhandlungen über einen internationalen Standard wurde die TU nach Alexander Graham Bell zu Bel, gemäß der allgemein verwendeten Skalierung spezifischer zu Dezibel (dB).⁶⁵ Diese Umbenennung verlieh der Verbreitung der Einheit einen entscheidenden Schub. Im öffentlichen Diskurs entfaltete sich daraufhin in Kombination mit den inflationär zunehmenden Lärm- und Geräuschemessungen um 1930 eine neue Sprache der Dezibels, die die klangliche Welt schnell auch jenseits von Lärm umfassend quantifizierte und allen hörbaren Phänomenen einen korrespondierenden Dezibel-Wert zuordnete. Obwohl Dezibel eigentlich gerade nicht die wahrgenommene Lautheit, sondern den Schalldruckpegel in Referenz zur historischen, ›normalen‹ Hörschwelle bemaß, konnte die Einheit dennoch aufgrund ihrer massenmedialen Konjunktur im Alltagsgebrauch diese missverstandene Rolle annehmen und ihre kulturhistorische Relevanz gewinnen.

62 Vgl. Thompson: *The Soundscape of Modernity*, S. 158ff.

63 Vgl. Schwartz: *Noise*, S. 685; vgl. Bijsterveld: *Mechanical Sound*, S. 109f.; An dieser Stelle schlägt die Entwicklung einer allgemeinen Lautstärkeeinheit, die sich am menschlichen Hörvermögen orientiert, um. Mit der Erkenntnis der über die hörbaren Frequenzen hinweg nicht logarithmisch aufgebauten Kurven äquivalenter Lautstärkewahrnehmung, fiel die Idee einer operativen Verschaltung von Elektrotechnik und menschlicher Wahrnehmung hinter die präzise physikalische Messung zurück. Bereits Free argumentiert, dass mit dem abschaltbaren Simulationskreis, also nur mit der reinen physikalischen Messung ohne menschliche Referenz, weite Anwendungsbereiche in der Industrie zu erschließen seien, die bis heute mit Standards operiert, welche zu ihrer Bestimmung weiche Faktoren kaum zulassen.

64 Siehe Fußnote 52.

65 Vgl. Hartley: »TU‹ Becomes ›Decibel‹; Martin: »Decibel - The Name for the Transmission Unit‹; Eine Diskussion der möglichen Basen für die logarithmische Einheit in Abgrenzung zur kontinentaleuropäischen Konkurrenz βl bzw. Neper findet sich z.B. bei Hartley: »The Transmission Unit«, S. 39f.

Die Diskursivierung der zugehörigen Messwerte und damit des neuen Wissens über Akustik, Schall und Lärm führte zu einer modifizierten Subjektivierung der Menschen, die für Lautstärken sensibilisiert wurden und die Stadt in dieser Phase der Popularisierung der Einheit neuerdings in Dezibel hörten. Der Übergang von Lärmmessungen zu allgemeinen Lautstärkemessungen war damit erfolgt. Das Konzept von Lärm verengte sich so zu Lärm als übermäßiger Lautstärke und marginalisierte dessen qualitative Aspekte. Dadurch fokussierte sich die öffentliche Verhandlung von Lärm und Stadtklang lediglich auf Fragen der Lautstärke. Diskussionen über eine positive Gestaltung der urbanen Geräuschkulisse oder verschiedene klangliche Charakteristika von Stadtklängen konnten dadurch keine Rolle spielen.

Gleichzeitig wurden diese Objektivierungen von Klang als Steuerungsinstrumente innerhalb der Stadtplanung genutzt. Die Möglichkeit, Schalldruck, Lautstärken, Lärmbelastungen, Störgeräusche zu quantifizieren, schuf erst eine vermeintlich wissenschaftliche Absicherung für gesetzliche Rahmenbedingungen, stadtplanerische Neuordnungen in Form von ›zoning‹ oder für ein ›engineering‹ der Gebäude und Dinge der Lebenswelt.⁶⁶ Die soziokulturelle Formation, die Lärm ab 1930 neu zu regulieren begann, kann man mit Foucault als Dispositiv auffassen. Die Ziele der Kontrolle und Optimierung telefonischer Übertragung, der Normierung von Hörenden und der Regulierung von Aktivitäten im öffentlichen Raum in Bezug auf Lärmproduktion verdichteten sich zu einer solchen Konstellation, die dann aber zunehmend universalisiert wurde. Die technischen Apparaturen der Lautstärkemessung um das Audiometer ermöglichten das Zusammenspiel der genannten Bestrebungen auf den Gebieten der diskursiven erzieherischen Beeinflussung der Bevölkerung über Zeitungsberichte und Radioansprachen, der ingenieurstechnischen Entwicklung leiserer Materialien und besserer Gebäudedämmung. Während eine technische Lösung des Lärmproblems im öffentlichen Raum scheiterte, konnte zumindest im privaten Bereich durch letzteren Ansatz ein gewisses Maß an Lärmisolation erreicht werden.⁶⁷ Gesellschaftspolitisch besonders wirkmächtig wurde dieses Dispositiv in der Folge in einer gesetzgeberischen Ausformung unter dem neuen Bürgermeister La Guardia aus dem Jahr 1936, wie Lilian Radovac herausarbeitet: Im Umfeld der Verabschiedung neuer Gesetze und Verordnungen zur Lärmreglementierung fand eine Kriminalisierung vermeintlichen Lärmens statt. Dabei wurde auch ein klarer Bezug von Lärm und sozialen Unruhen hergestellt, die durch Lärmregulierung im Keim erstickt werden sollten. Radovac zeigt dabei auch überzeugend auf, dass diese neue Gesetzgebung sich an den Bedürfnissen der weißen Mittelschicht orientierte und Lärm so zum Feld der Auseinandersetzung sozialer Spannungen wurde.⁶⁸

66 Vgl. Schwartz: *Noise*, S. 653ff.; Vgl. Thompson: *The Soundscape of Modernity*, S. 144ff.

67 Vgl. Thompson: *The Soundscape of Modernity*, S. 167f.

68 Vgl. Radovac: »The ›War on Noise‹«; Für die soziale Dimension klanglicher Auseinandersetzungen bereits um 1900 vgl. Bijsterveld: *Mechanical Sound*, S. 95ff.

Eine direkte historische Konsequenz der damaligen Interventionen war zum Beispiel das Verbot, Lautsprecher im öffentlichen Raum ohne Genehmigung einzusetzen. Dieses ist trotz mehrerer Anpassungen im Kern bis heute in Kraft und wurde auch zur Eindämmung der Occupy Wall Street-Proteste im Jahr 2011 eingesetzt.⁶⁹ Mit einer solchen Knebelung der Bevölkerung durch die Anti-Lärm-Gesetzgebung ergab sich schließlich eine unerwartete Inversion des mit dem Audiometer kulturell etablierten *transmission impairments*: Aus dem Impuls, den Stadtlärm als Einschränkung von Kommunikation einzudämmen, folgte eine Einschränkung gesellschaftlicher Kommunikation in Form politischer Äußerungen selbst, die wie der Lärm aus hegemonialer Perspektive als Störung der öffentlichen Ordnung verstanden wird.

3. KLANGEPISTEMISCHE STRUKTUREN UND EPISTEMISCHE WERKZEUGE IM DISPOSITIV UM LÄRM

Wie sich im Fortgang dieses Beitrags gezeigt hat, führte die gesellschaftliche Anforderung, den zunehmenden Lärm zu beherrschen, vor allem in Großstädten zur Herausbildung eines wirkmächtigen Foucaultschen Dispositivs um Lärm und den aufgezeigten Implikationen für die soziokulturellen Verhältnisse. An den Ausgangspunkten dieser kulturellen Formation ermöglichte die auditive Medienkultur der kooperierenden Telefoningenieure und Otologen die Durchdringung von technologischer Telefonforschung und medizinischer Hörforschung mit der Folge der Entwicklung des Audiometers als medial-epistemischem Ensemble. Dieses vermittelte und transferierte das Paradigma der telefonischen Übertragung und das diskursive Konzept ›noise‹ als Verbindung von Rauschen und Lärm in Form einer pathologischen Kommunikationsstörung in die Stadt. Es spielte insofern eine zentrale transformative Rolle in der Kulturgeschichte des Klangs, als dass es eine diskursiv überformte Quantifizierung von Lärm und letztlich auch von Geräuschen in der Stadt bewirkte. ›Noise‹ selbst wurde im Zuge dessen zu einer kulturellen Chiffre, die sich von ihrer physikalisch-akustischen Definition als irreguläre Schwingung löste und wesentlich flexibler und mobiler in die zeitgenössischen Transmissionssysteme eingeführt wurde. Durch die Einwirkung der Otologie zog Lärm als Platzhalter jeglicher Einschränkung der Kommunikation als ›deafening‹ in die Telefonie und die Stadtwahrnehmung ein.⁷⁰ Vom ehemaligen Merkmal des zivilisatorischen Fortschritts, etwa in Form des ikonischen Lärms einer Lokomotive, wandelte sich Lärm unter dem aufkommenden Paradigma der Effizienz zu einem Zeichen erst mechanischer und dann auch sozialer Friktionen, die es zu eliminieren galt.

69 Vgl. Radovac: »Mic Check«.

70 Weiterhin zeigt Mills auf, welchen wichtigen Einfluss dieses Konzept auf die Kommunikations- und Informationstheorie der Nachkriegszeit hat: Vgl. Mills: »Deafening«, S. 131 und 134ff.

Lässt sich nun anschließend an die Analyse des medialen Ensembles Audiometer im Kern dieser historischen Transformationen eine klang- und medienepistemische Struktur freilegen, die Erklärungskraft in weiteren kulturwissenschaftlich fundierten Analysen hätte, und ließe sich ein so verstandenes epistemisches Werkzeug auch in interdisziplinären Gestaltungsprozessen zur Anwendung bringen? In diesem Fall könnte eine solche Geschichte auditiver Medienkulturen jenseits politischer Implikationen auch produktive Relevanz für die Gegenwart gewinnen.⁷¹ Einen Ansatzpunkt für eine solche Wissenstechnologie oder -operation bietet sicherlich die vorgefundene epistemische Praxis des Vergleichs in einem Wissensraum, in dem kein absoluter Bezugspunkt bestimmbar war. Schon die basale Form eines logarithmisch modellierten Verhältnisses zweier Messwerte im Telefon erwies sich im Untersuchungskontext als flexibel einsetzbares epistemisches Werkzeug. In seiner Operationalisierung als ›transmission unit‹ war es in der Lage, die verschiedenen Wissensbereiche so zu strukturieren, dass sie handhabbar wurden und zusammengedacht werden konnten.

Im Klanglichen im engeren Sinne wurde diese Vergleichsoperation in Form von akustischem Masking ausgestaltet. In der damaligen Hörforschung führte dieses Verfahren zur Vermehrung und Verfeinerung des Hörwissens. Wenn eine solche Struktur durch eine verhältnismäßig simple Kopplung von Elementen und konsekrierten Verfahrensschritten die Produktion von Wissen in verschiedenen Kontexten disponiert, liegt ihre Eignung als Grundlage eines epistemischen Werkzeugs für alternatives Denken und Gestalten auf jeden Fall nahe.⁷² Denkbar wäre etwa ein Übertrag auf ein zu entwickelndes Tool im Rahmen der Digital Humanities und des Data Minings. Eine ähnlich modellierte Einheit oder ein am Masking orientiertes komparatives Verfahren zur Auswertung großer Datenmengen in der Text- oder Bildanalyse könnte eine weitere Alternative zu vorherrschenden Methoden der Datenvisualisierung bieten oder etwa helfen, verschiedene Darbietungsformen von Visualisierung und Sonifikation miteinander in Beziehung zu setzen.⁷³

In der im vorliegenden Beitrag herausgearbeiteten Vergleichsoperation des Maskings bei der Klangmessung wird in der dabei aufgerufenen Relation zwischen

71 Vgl. Schäffner: »The Design Turn«.

72 Damit ist en passant eingelöst, was Jonathan Sterne in seinem Buch MP3. *The Meaning of a Format* anspricht. Der Versuch, eine Geschichte auf der Mesoebene zu schreiben, die intersubjektive aber nicht willkürliche Instanzen ausbildet, eine Geschichte also, die zwischen Hard- und Software vermittelt und nicht länger dichotomisch unterscheidet, ist sowohl in seinem Sinne die Geschichte der kulturellen Bedeutung eines Formats als auch in unserem Sinne die Geschichte der Wirkmächtigkeit eines epistemischen Programms in Form einer basalen operativen Einheit. Vgl. Sterne: MP3.

73 In diesem Sinne entwickeln wir in Fortführung des vorliegenden Ansatzes klangliche epistemische Strukturen zu Werkzeugen der Analyse und Gestaltung in Bereichen jenseits des Klanglichen weiter. Im Bereich der Digital Humanities erfolgen entsprechende Experimente im Rahmen des Forschungsprojekts Machine Love? am Critical Media Lab der Hochschule für Gestaltung und Kunst FHNW Basel.

FELIX GERLOFF / SEBASTIAN SCHWESINGER

Mensch und Welt ein ganz spezifischer Umgang mit dem Verhältnis von Subjekt und Objekt im Rahmen wissenschaftlicher Forschung erkennbar. Nicht nur ist das menschliche Ohr selbst zum sowohl subjektiven als auch objektiven Instrument in dieser Praxis geworden. Dadurch, dass ohne die Referenz auf eine minimale Hörintensität beim Menschen keine sinnvolle Lautstärkemessung durchgeführt werden kann, liegt den verallgemeinerten Messergebnissen auch eine historische, an spezifische Testsubjekte gebundene Basis zugrunde. Der Klang wirkte hier als Gravitationsfeld zwischen Subjektivität und Objektivität und erzielte eine teilweise Vermischung der beiden Pole: Die kulturelle Einhegung des wissenshistorisch prekären Status von menschlicher Wahrnehmung und klanglichen Phänomenen wurde in diesem spezifischen Kontext durch eine empirisch-technologische Konfiguration geleistet. Diese wurde eingesetzt, um empirische, individuell erhobene Messwerte durch statistische Berechnungen zu verwissenschaftlichen. Das Dezibel als Einheit des Schalldrucks trägt damit als basalen Referenzwert einen an der für menschliches Hören minimal notwendigen Schallintensität angelehnten Wert in sich. In diesem Sinne lässt sich ein Zusammenhang der epistemischen Struktur des Vergleichs mit dem Paradigma des technisch-pathologischen *transmission impairments* skizzieren. Diese Kopplung wirkte sich nicht nur in den audiometrischen und Lärmmessungen auf otologisches und telefonisches Wissen aus, sondern transformierte auch mit der Herausbildung des Dezibels kulturelle Normen von Sprechen und Hören und konstituierte die Stadt als sozialen Klangraum. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass neben stadtplanerischen, künstlerischen oder bürgerschaftlichen Initiativen, die soziokulturelle hegemoniale Formation zu überwinden, auch diese mediale epistemische Grundstruktur selbst problematisiert werden muss.

LITERATURVERZEICHNIS

- Attali, Jacques: *Noise. The Political Economy of Music*, Minneapolis, Minn. [u.a.] 2009 [1985].
- Barstow, J. M. u.a.: »Measurement of Telephone Noise and Power Wave Shape«, in: *The Bell System Technical Journal*, Jg. 15, Nr. 1, 1936, S. 151-156.
- Beyer, Robert: *Sounds of Our Times. Two Hundred Years of Acoustics*, New York, NY 1999.
- Bijsterveld, Karin: *Mechanical Sound. Technology, Culture, and Public Problems of Noise in the Twentieth Century*, Cambridge, Mass. 2008.
- Birkefeld, Richard/Jung, Martina: *Die Stadt, der Lärm und das Licht: Die Veränderung des öffentlichen Raumes durch Motorisierung und Elektrifizierung*, Seelze 1994.
- Bührmann, Andrea/Schneider, Werner: *Vom Diskurs zum Dispositiv. Eine Einführung in die Dispositivanalyse*, Bielefeld 2008.

- Crandall, Irving: »The Composition of Speech«, in: *Physical Review*, Jg. 10, Nr. 1, 1917, S. 74-76.
- Ernst, Wolfgang: »Zum Begriff des Sonischen (mit medienarchäologischem Ohr erhört/vernommen)«, in: *Popscriptum 10 – Das Sonische. Sounds zwischen Akustik und Ästhetik*, 2008, ohne Paginierung.
- Fletcher, Harvey: »Audiometric Measurements and Their Uses«, in: *The Volta Review*, Jg. 26, Januar 1924, S. 10-14.
- Fletcher, Harvey: »Fundamental Studies in the Transmission of Speech«, AT&T Internal Memorandum, 8. Februar 1922, Courtesy of AT&T Archives and History Center.
- Fletcher, Harvey: »Physical Measurements of Audition and their Bearing on the Theory of Hearing«, in: *Journal of the Franklin Institute*, Jg. 196, Nr. 3, September 1923, S. 289-326.
- Fletcher, Harvey: »Noise Measurements on Subway Trains«, AT&T Internal Memorandum, 28. September 1923, Courtesy of AT&T Archives and History Center.
- Fletcher, Harvey: »Useful Numerical Constants of Speech and Hearing«, in: *The Bell System Technical Journal*, Jg. 4, Nr. 3, 1925, S. 375-386.
- Foucault, Michel: »Das Spiel des Michel Foucault«, in: *Dits et Ecrits, Schriften in vier Bänden*, hrsg. v. Daniel Defert und Francois Ewald, Bd. 3, Frankfurt a.M. 2003, S. 391-429.
- Free, Edgar Elway: »How Noisy Is New York?«, in: *Forum*, Jg. 75, Februar 1926, S. xxi-xxiv.
- Fowler, Edmund Prince/Wegel, Robert L.: »Presentation of a New Instrument for Determining the Amount and Character of Auditory Sensation«, in: *Transactions of the American Otological Society*, Jg. 16, Part I – Fifty-Fifth Annual Meeting, 1922, S. 105-123.
- Fowler, Edmund Prince/Wegel, Robert L.: »Audiometric Methods and Their Applications«, in: *Transactions of the Twenty-Eighth Annual Meeting of the American Laryngological, Rhinological and Otological Society, Inc.*, New York, NY 1922, S. 98-132.
- Galt, Rogers H.: »Methods and Apparatus for Measuring the Noise Audiogram«, in: *Journal of the Acoustical Society of America*, Jg. 1, Oktober 1929, S. 147-157.
- Großmann, Rolf: »Verschlafener Medienwandel. Das Dispositiv als musikwissenschaftliches Theoriemodell«, in: *Positionen – Beiträge zur neuen Musik*, Jg. 74, Februar 2008, S. 6-9.
- Hartley, Ralph V. L.: »The Transmission Unit«, in: *Electrical Communication*, Jg. 3, Nr. 1, 1924, S. 34-42.
- Hartley, Ralph V. L.: »»TU« Becomes »Decibel««, in: *Bell Laboratories Record*, Jg. 7, Nr. 4, 1928, S. 137-139.

- Hirt, Kilian/Volmar, Axel: »Kanalarbeit. Das Übertragungsproblem in der Geschichte der Kommunikationstechnik und die Entstehung der Signalverarbeitung«, in Volmar, Axel (Hrsg.): *Zeitkritische Medien*, Berlin 2009, S. 213-238.
- Laird, Donald: »The Measurement of the Effects of Noise on Working Efficiency«, in: *Journal of Industrial Hygiene* 9, Oktober 1927, S. 431-434.
- Lane, C. E./Wegel, Raymond L.: *The Auditory Masking of One Pure Tone by Another and Its Probable Relation to the Dynamics of the Inner Ear*, in: *Physical Review*, Jg. 23, Nr. 2, 1924, S. 266-285.
- Martin, W. H.: »Decibel – The Name for the Transmission Unit«, in: *The Bell System Technical Journal*, Jg. 8, Nr. 1, 1929, S. 1-2.
- Martin, W. H.: »The Transmission Unit and Telephone Transmission Reference Systems«, in: *The Bell System Technical Journal*, Jg. 3, Nr. 3, 1924, S. 400-408.
- Mills, Mara: »Deafening: Noise and the Engineering of Communication in the Telephone System«, in: *Grey Room*, Jg. 43, Frühjahr 2011, S. 118-143.
- Osborne, Harold S.: »Review of Work of Sub-Committee on Wave Shape Standard of the Standards Committee«, in: *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*, Jg. 38, Part 1, 1919, S. 261-288.
- Radovac, Lilian: »Mic Check. Occupy Wall Street and the Space of Audition«, in: *Communication and Critical/Cultural Studies*, Jg. 11, Nr. 1, 2014, S. 34-41.
- Radovac, Lilian: »The ›War on Noise‹: Sound and Space in La Guardia's New York«, in: *American Quarterly*, Jg. 63, Nr. 3, 2011, S. 733-760.
- Schäffner, Wolfgang: »The Design Turn. Eine wissenschaftliche Revolution im Geiste der Gestaltung«, in: Mareis, Claudia u.a. (Hrsg.): *Entwerfen – Wissen – Produzieren. Designforschung im Anwendungskontext*, Bielefeld 2010, S. 33-46.
- Schwartz, Hillel: *Making Noise. From Babel to the Big Bang & Beyond*, New York, NY 2011.
- Sterne, Jonathan: *MP3. The Meaning of a Format*, London 2012.
- Thompson, Emily: *The Soundscape of Modernity: Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America 1900 - 1933*, Cambridge, Mass. 2002.
- Volmar, Axel/Schröter, Jens: »Einleitung: Auditive Medienkulturen«, in: dies. (Hrsg.): *Auditive Medienkulturen. Techniken des Hörens und Praktiken der Klanggestaltung*, Bielefeld 2013, S. 9-34.
- Wegel, Raymond L.: »The Physical Characteristics of Audition and Dynamical Analysis of the External Ear«, in: *Bell System Technical Journal*, Jg. 1, November 1922, S. 56-68.
- Wicke, Peter: »Das Sonische in der Musik«, in: *Popscriptum 10 – Das Sonische. Sounds zwischen Akustik und Ästhetik*, 2008.

INTERNETQUELLEN

Europäische Union: »Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm«, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=DE>, 08.11.2014.

Hilliard: »Early History of the Evolution of the Volume Indicator«, http://www.aes.org/aeshc/pdf/hilliard_early-history-of-vi.pdf, 08.11.2014.

o.V.: »Dr. E.E. Free Measures Noise«, in: Emily Thompson: The Roaring Twenties, <http://vectorsdev.usc.edu/NYCsound/777b.html> (Navigation: Sound – Noise Measurement), 08.11.2014.

o.V.: »Experts Measure Noise in Times Square«, in: Emily Thompson: The Roaring Twenties, <http://vectorsdev.usc.edu/NYCsound/777b.html> (Navigation: Sound – Noise Measurement), 08.11.2014.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt: »Strategische Lärmkarten (Ausgabe 2013)«, <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/kia705.htm>, 08.11.2014.