

Informierte Klänge und geschulte Ohren

Zur Kulturgeschichte der Sonifikation

Andi Schoon und Axel Volmar

315 Autorenverzeichnis

323 Abbildungsverzeichnis

Aus den Lautsprecherboxen wehen uns schwere Atemgeräusche entgegen, die zu einem gemeinsamen Seufzer verschmelzen. Für die Installation *Lungs: Slave Labour*¹ errechnete der englische Klangkünstler Graham Harwood aus den während des Zweiten Weltkriegs erhobenen und sorgfältig in Akten verzeichneten Daten über Alter, Geschlecht und Größe die Werte für die Lungenkapazität von insgesamt 4.500 Zwangsarbeitern, die in der Werkshalle A der Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken A. G. in Karlsruhe ihren Dienst verrichten mussten. In dem Gebäude befindet sich heute das Zentrum für Kunst und Medientechnologie, für das Harwood seine Installation im Jahre 2005 eigens konzipierte. Am Originalschauplatz wollte Harwood das Schicksal der Arbeiter in Form eines »software poem memorial« erfahrbar machen:

The ›Lungs‹ project is based on ways of bridging the gap between the perception of data and social experience. The aim is to take computer records of local events or communities that have been reduced or demeaned to the status of information and to allow the people to re-experience and/or recover their own value.²

Um eine solche Erfahrung zu ermöglichen, hat sich der Künstler hinsichtlich der klanglichen Gestaltung stark zurückgenommen: So sollten die Klänge nicht Ausdruck einer bewussten und individuellen künstlerischen Intention sein, sondern einen sinnlichen

1 Die Installation wurde im Rahmen der Ausstellung *Making Things Public* (März bis Oktober 2005) im Zentrum für Kunst und Medientechnologie, Karlsruhe, gezeigt.

2 Mongrel 2006. Vielen Dank an Roberto Simanowski für den Hinweis.

Zugang zu dem Datenmaterial schaffen, das der Installation zugrunde lag. Die in Klang übertragenen Datensätze verkörpern die von Harwood errechnete statistische Gesamtmenge der geleisteten Arbeit und bilden damit zugleich ein abstraktes bzw. metaphorisches Maß für das Leid, das den Zwangsarbeitern zugefügt wurde. Das Ziel der akustischen Darstellung bestand darin, eine Übersetzung der quantitativen Werte in eine sinnliche Erfahrung zu erreichen, um den Besuchern einen persönlichen Nachvollzug bzw. eine Vergegenwärtigung der vergangenen Ereignisse zu erleichtern. Womit aber haben wir es hier zu tun? Kann eine rein akustische Repräsentation das am Ort der Installation erlittene Unrecht erfahrbar werden lassen? Welche Informationen verkörpern sich in den verklanglichten Daten und wie werden diese für den Hörer verständlich? Erfahrungen lassen sich bekanntlich nur schwer kommunizieren. Allerdings besteht jedoch gerade das ureigenste Vermögen medialer Erzählungen darin, die Empathie der Zuschauenden und Zuhörenden anzusprechen und dadurch ein Mitfühlen und Mitleiden über zeitliche, räumliche und kulturelle Grenzen hinweg zu ermöglichen.

Verfahren, Informationen auf akustischem Wege auszudrücken, zu vermitteln oder zu gewinnen, fassen wir hier unter den Begriff ›Sonifikation‹. Verstanden als *akustische Repräsentation von Daten* hat die Sonifikation heute einen festen Platz in unterschiedlichsten Gesellschaftsbereichen gefunden: in den Wissenschaften, der Musik und den Künsten ebenso wie in der Alltagskultur, in der Arbeitswelt und im Krieg. Bisher hat sich jedoch noch keine wissenschaftliche Publikation ausschließlich mit dem Verfahren der Sonifikation als einer *kulturellen Praxis* beschäftigt und diese aus einer kultur- und medienwissenschaftlichen sowie historischen Perspektive behandelt. Diese Lücke möchte der vorliegende, vierte Band der Reihe *Sound Studies* schließen. Mit den hier versammelten Beiträgen möchten wir insbesondere aufzeigen, wie stark Sonifikation als Kulturtechnik und als mediale Praxis der Übertragung von Daten in Klänge in der vergangenen wie gegenwärtigen Medienkultur tatsächlich verankert ist. Durch das breite Spektrum der ausgewählten Fallstudien möchten wir nicht nur ein Bewusstsein für die vielfältigen Erscheinungsformen und Anwendungsmöglichkeiten der Sonifikation schaffen, sondern mit diesen zugleich Anregungen zu weiterführenden Untersuchungen geben.

1. Sonifikation und Auditory Display als Forschungsgebiet

Stellen wir die Sonifikation als künstlerisches Verfahren einen Moment lang zurück und beginnen mit der wissenschaftlichen Methode: Als solche stellt Sonifikation das akustische Pendant zur visuellen Repräsentation wissenschaftlicher Daten dar. Eine seit Jahren anerkannte Definition aus dem Jahre 1997 lautet:

Sonification [is the] use of nonspeech audio to convey information; more specifically sonification is the transformation of data relations into perceived relations in an acoustic signal for the purposes of facilitating communication or interpretation.³

Durch die akustische Darstellung werden abstrakte Messwerte der sinnlichen bzw. ästhetischen Erfahrung von WissenschaftlerInnen über den auditiven Erkenntniskanal zugänglich gemacht, um auf diese Weise deren Auswertung und Interpretation zu ermöglichen – ähnlich beispielsweise wie ein Arzt in der Lage ist, durch das Abhören des Körpers bestimmte Krankheiten zu diagnostizieren. So besteht auch das Ziel vieler Sonifikationsverfahren darin, spezielle Muster und andere Zusammenhänge, die in den Eingangsdaten enthalten sind, anhand charakteristischer auditiver Gestalten zu erkennen.

Sonifikationen können als Verfahren und Praktiken zur Organisation intermedialer Übersetzungsprozesse verstanden werden, bei denen beliebige Eingangsdaten (das können Messsignale oder Datensätze sein) in akustische Ereignisse oder Audiosignale übersetzt und mittels eines akustischen Displays der Interpretation durch einen Hörer zugänglich gemacht werden. Vermittelt über akustische Displays liefern Sonifikationen nach Ansicht der SonifikationsforscherInnen sinnliche oder ästhetische Phänomene, in denen sich Erkenntnisse oder Fakten manifestieren können, weil die auditive Beschaffenheit der Klänge auf die Ursprungsdaten zurückverweist. Absicht und Hoffnung der ErfinderInnen bestehen darin, dass Sonifikationsverfahren auf diese Weise die Produktion von Erkenntnissen und das Aufspüren von Bedeutung – und damit ein *auditives Wissen* – ermöglichen.

Zur wissenschaftlichen Erforschung von Sonifikationsverfahren wurde 1992 die International Community for Auditory Display (ICAD)⁴ gegründet; zwei Jahre später erschien eine erste umfangreiche Sammelpublikation.⁵ Seitdem werden unter dem Dach der ICAD die Möglichkeiten der Genese von Wissen durch Klang aus einer primär computer- und ingenieurwissenschaftlichen Perspektive (und vorwiegend auf der Basis digitaler Technologien) diskutiert. Vielfältige Forschungsaktivitäten haben zur Herausbildung diverser Ansätze geführt, nach denen sich Daten in Klänge umwandeln lassen. Die fünf bekann-

³ ICAD.

⁴ Vgl. www.icad.org.

⁵ Kramer 1994.

testen Verfahren heißen Audifikation, Parameter-Mapping-Sonifikation, modellbasierte Sonifikation, Earcons und Auditory Icons:⁶

- Unter *Audifikation* versteht man die direkte Umsetzung von Messwerten in Schallschwingungen. Die Datenreihen oder Signalfolgen werden entweder direkt oder über den Umweg einer technischen (Zwischen-)Speicherung (ggf. mit veränderter Abspielgeschwindigkeit) über Lautsprecher ausgegeben. Ein noch heute weit verbreitetes Beispiel der Audifikation bildet etwa der Geigerzähler zur akustischen Anzeige von radioaktiver Strahlung.
- In der *Parameter-Mapping-Sonifikation* werden die Messwerte mit akustischen Parametern (wie z.B. Tonhöhe, Lautstärke, Klangfarbe, Filtereigenschaften etc.) eines Klangsynthesystems verknüpft. Einfache Anwendungen stellen der Peilsender oder akustische Einparkhilfen dar.
- Die *modellbasierte Sonifikation* erlaubt die Auswertung komplexer Datensätze in ihrer Gesamtheit. Mithilfe etwa der Physical Modeling-Synthese werden die Datenstrukturen in virtuelle Instrumente bzw. Klangkörper verwandelt, die über verschiedene Interfaces angeregt (z.B. beklopft oder geschüttelt) und dadurch zum Klingen gebracht werden können.
- Als *Earcons* werden Klänge oder kurze Melodiefolgen zur Darstellung eines informationstragenden Ereignisses bezeichnet. Das Telefonklingeln und alle möglichen Formen von Alarntönen gehören zu den bekanntesten Beispielen.
- *Auditory Icons* arbeiten in Abgrenzung zu den *Earcons* mit konkreten, d.h. zumeist gesampelten Klängen, bei denen eine Ähnlichkeitsbeziehung zwischen diesen und dem jeweiligen Ereignis besteht. Verbreitet sind etwa das künstliche Auslösegeräusch digitaler Kompaktkameras oder das Geräusch zerknüllten Papiers, welches das Verschieben einer Computerdatei in den virtuellen Papierkorb begleitet.

Sonifikationen basieren auf der Annahme, dass Informationen, charakteristische Merkmale oder Muster, die sich aus den ›unsinnlichen‹ Eingangsdaten mit herkömmlichen Verfahren (etwa durch Visualisierung) nicht oder nur schwer extrahieren lassen, durch den Prozess der medientechnischen Übersetzung in akustische Repräsentationen einem entsprechend ausgebildeten Hörer zugänglich werden könnten. Das Verfahren der Sonifikation geht also von der Prämisse aus, dass Kausalbeziehungen, die in den Daten vorhanden, aber möglicherweise den Sinnen ›verborgen‹ sind, auch in den produzierten Klängen erhalten bleiben. Diesen Punkt unterstreicht eine jüngere Definition aus dem

6 In den ersten beiden Bänden dieser Reihe sind sie bereits ausführlich dargestellt worden. Vgl. Hermann 2008a; 2009.

Jahr 2008: »Sonification is the data-dependent generation of sound, if the transformation is systematic, objective and reproducible, so that it can be used as scientific method.«⁷

Dem Menschen kommt innerhalb des epistemischen Dispositivs der Sonifikation eine Rolle als ›Mustererkennungsmaschine‹ zu, wobei die differenzierten physiologischen und psychologischen Fähigkeiten des menschlichen Gehörs gezielt ausgenutzt werden. Neben dieser reinen Informationsverarbeitung im Gehirn, also etwa dem Erkennen und Unterscheiden bestimmter akustischer Muster und Gestalten, setzen Sonifikationsverfahren auch die Ausprägung kultureller Software, d.h. die Schulung und Optimierung des Gehörs voraus, damit spezifische Höraufgaben gemeistert werden können. Ebenso wie im Fall vieler Visualisierungsverfahren setzt auch die korrekte Interpretation der meisten akustischen Darstellungen zunächst eine längere Zeit des Lernens und der Eingewöhnung voraus. Eine solche Verfeinerung des Gehörs führt in einem hohen Maße zur Ausbildung eines verkörperten bzw. impliziten Wissens (*tacit knowledge*) im Sinne Michael Polanyis.⁸ Die Wissenschaftshistoriker Lorraine Daston und Peter Galison haben eine solche, von Naturwissenschaftlern ausgeprägte Expertenschaft in ihrem Buch *Objektivität*⁹ mit dem Begriff des ›geschulten Urteils‹ umschrieben und im Hinblick auf die Nutzung und Interpretation wissenschaftlicher Visualisierungen auch speziell als ›geschultes Auge‹ bezeichnet. In diesem Band sprechen wir daher – in Bezug auf Sonifikationen und auditive Verfahren der Erkenntnisproduktion – von Praktiken des *geschulten Ohrs*.

Auch wenn das primäre Ziel der Sonifikationsforschung darin liegt, das Potential von Klang als Medium *wissenschaftlicher* Erkenntnis zu ergründen und Sonifikationsverfahren zunehmend in verschiedenen Bereichen der Naturwissenschaften zu etablieren, bestehen enge Verbindungen zu Praktiken der Klanggestaltung, die jenseits von streng wissenschaftlichen Anwendungen angesiedelt sind. So erforscht die ICAD bereits seit ihren Anfängen z.B. auch Ansätze zur Gestaltung akustischer Benutzeroberflächen (hierzu gehören u.a. die erwähnten Earcons und Auditory Icons). Zudem wird die jährlich stattfindende ICAD-Konferenz seit dem Jahr 2004 regelmäßig von einem Kompositionswettbewerb sowie von Konzerten und Klangkunst-Ausstellungen begleitet. Sonifikation stellt also eine Praxis dar, die sich sowohl im Hinblick auf ihre Einsatzgebiete als auch auf die mit ihnen verknüpften Ziele als heterogen, vielschichtig und interdisziplinär darstellt.

7 Hermann 2008b.

8 Vgl. Polanyi 1985.

9 Vgl. Daston, Galison 2007.

2. Sonifikation als Gegenstand der Sound Studies

Seit einigen Jahren erfährt der Begriff der ›Sonifikation‹ auch in den kulturwissenschaftlichen Disziplinen – und speziell im Feld der Sound Studies – eine erhöhte Aufmerksamkeit. Antrieb dieser Entwicklung ist nicht zuletzt das implizite Versprechen der Sonifikation, über das Ohr einen *anderen* und damit alternativen Erkenntniszugang zur Welt und ihren Phänomenen zu eröffnen. Als auditive Praxis der Erzeugung und Vermittlung von Fakten, Informationen und Wissen scheint die Sonifikation in der Tat unsere gewohnten Vorstellungen über den *Sinn der Sinne* herauszufordern, denn noch immer werden Attribute wie Objektivität oder Rationalität primär mit dem Sehsinn und den Medien Bild und Schrift assoziiert, während mit dem Hören eher Begriffe wie Emotion, Intuition, Empfindung und Irrationalität verknüpft sind.¹⁰ So scheint allein die Existenz der Sonifikation als klangbasierte Praxis der Wissensgenese neue Denkräume zu generieren, die eine kritische Auseinandersetzung mit den traditionellen Auffassungen von einer ›Hierarchie der Sinne‹ (mit dem Auge als Souverän) nahelegen. Diesbezüglich ist die Sonifikation insbesondere für kultur-, medien-, und sinnesgeschichtliche Untersuchungen interessant geworden.¹¹

Der Nachweis, dass wissenschaftliche Sonifikationen zukünftig den Stellenwert von Visualisierungen einnehmen könnten, steht allerdings noch aus – so ist die Sonifikationsforschung gegenwärtig noch auf der Suche nach einer »Killerapplikation«, die die wesentliche Bedeutung der Sonifikation für die Wissenschaften schlagend beweisen könnte.¹² Nicht zuletzt deshalb sowie aufgrund der Tatsache, dass sich die historisch gewachsenen Zuschreibungen über vermeintliche Funktionalitäten der Sinne bis heute hartnäckig halten, hat der aktuelle Forschungsdiskurs zu Sonifikation und Auditory Display mit erheblichen Legitimationsschwierigkeiten und einer Reihe von ernsthaften wissenschaftstheoretischen Problemen zu kämpfen. Seit Jahren wird innerhalb der ICAD eine Debatte hinsichtlich der Frage geführt, ob und wie Sonifikationsverfahren, die *per definitionem* an die vermeintlich subjektive Hörwahrnehmung gerichtet sind, den Anforderungen wissenschaftlicher Objektivität genügen können.¹³ Die Forschungspraxis der Sonifikation gibt daher auch Anlass zu wissenschaftstheoretischen Überlegungen und wissenshistorischen Analysen. Tatsächlich hat das Misstrauen gegenüber dem Ohr und seinen *subjektiven* Empfindungen eine lange Geschichte. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich allerdings, dass der epistemische Status visueller Darstellungen keineswegs weniger umstritten ist:

Prekär erscheint [...] insbesondere die Vernunftfähigkeit visueller Darstellungen. Die darin aufgerufene Opposition zwischen der Rationalität des Diskurses und der Irrationalität des Ikonischen kann dabei auf eine fast ebenso lange Tradition zurückblicken wie die Geschichte der Metaphysik auch, soweit sie die kanonische Differenz zwischen *Aisthesis* und *Logos* oder Sinnlichkeit und Verstand impliziert. Gleichwohl behaupten Visualisierungen im Geflecht wissenschaftlicher Versuchsanordnungen, Texten [sic!], Rechnungen usw. einen eigenständigen Rang. Weder lassen sie sich durch andere Verfahren ersetzen, noch sind Daten einfach in Bilder überführbar, vielmehr erweist sich Michael Lynchs Erkenntnis als wegweisend, ›that visual displays [are] more than a simple matter of supplying pictorial illustrations for scientific texts. They are essential to how scientific objects and orderly relationships are revealed and made analyzable‹. Gerade deswegen erweist es sich jedoch als fraglich, *was* jeweils in ikonischen Medien *darstellbar ist* und *was nicht*, welche Reichweite und Grenzen sie aufweisen, worin ihre spezifischen Geltungsmöglichkeiten bestehen und was sie von anderen Darstellungsmedien trennt. Dazu ist allerdings erforderlich, ihre *medialen Bedingungen und Strukturen*, kurz das, was als ihr ›Dispositiv‹ bezeichnet werden kann, in Augenschein zu nehmen. Bislang blieben solche *bild- und medientheoretischen* Erwägungen in der Wissenschaftsforschung eher marginal. Das gilt sowohl für Übergänge zwischen textuellen und numerischen Formaten und solchen, die bevorzugt auf der Wahrnehmungsebene operieren – kurz, für die Differenz zwischen *diskursiven* und *asthetischen* Medien –, als auch hinsichtlich von Daten-Bild- und Bild-Bild-Transformationen, vor allem ihre Übersetzung in Hybridformen wie mathematische Graphen, Diagramme, Skizzen, Karten und dergleichen.¹⁴

Diese Forderungen – insbesondere die nach der Analyse medialer Bedingungen und Strukturen sowie der Transformationen zwischen Daten und ästhetischen Repräsentationen – können und sollten auch den Imperativ für eine epistemologische Auseinandersetzung mit dem Verfahren der Sonifikation bilden. Mit dieser Perspektive lässt sich auch die Frage aufgreifen, ob und inwiefern auch akustische Darstellungen ein *ihnen eigenes Wissen* hervorbringen können, das sich nicht ohne Weiteres auf eine andere Weise erzeugen oder in andere Wissensformen überführen lässt. Inwieweit aber können

10 Einen Überblick über diese Diskussion geben bspw. Schmidt 2003; Sterne 2003, 1-29.
11 Dombos 2008; Frauenberger 2006; Ingwersen 2005; Volmar 2007.
12 Vgl. Supper 2011.
13 Vgl. den Beitrag von Alexandra Supper in diesem Band.

14 Heßler, Mersch 2009, 14.

Sonifikationen einen ebenso eigenständigen Rang in den Wissenschaften, Künsten und anderen Bereichen behaupten, wie es die Bildwissenschaften seit nunmehr zwei Jahrzehnten für Bilder und Visualisierungen geltend machen? In welchen Situationen und auf welche Weisen entsteht ein *Wissen durch Klang*? Welche medialen Bedingungen, Strukturen und Praktiken zeichnen die Produktion von Erkenntnissen über den auditiven Sinneskanal aus? Lässt sich am Ende gar eine spezifische *auditive Rationalität* benennen?

Die historische Perspektive – Lauschen in die Vergangenheit

Obwohl die hier versammelten Beiträge diese Fragen nur ansatz- und versuchsweise beantworten können, dienen sie ihnen dennoch oftmals als Ausgangspunkt für vielseitige Expeditionen in die Kulturgeschichte der Sonifikation – einerseits in den Wissenschaften und andererseits in den Künsten, in der Musik und im Design, denn auch dort haben Sonifikationsverfahren ihren festen Platz. Gerade im Bereich der experimentellen Musik sowie der Klang- und Medienkunst sind in den letzten Jahren auffallend viele Arbeiten entstanden, die Komponenten der Sonifikation aufweisen (wie etwa das eingangs genannte Beispiel).¹⁵ Und tatsächlich sorgen Sonifikationen mittlerweile auch in den musik- und kunstwissenschaftlichen Diskursen für Irritationen und fruchtbare Denkanstöße: Inwieweit und unter welchen Umständen lassen sich datenbasierte Kompositionen und Kunstwerke als *auditive Repräsentationen* verstehen? Welche künstlerischen Ziele und Zwecke bedingen und motivieren den Einsatz von Sonifikationsverfahren? Dienen die verwendeten Übersetzungsprozesse allein als Kompositionsverfahren und der Erschließung neuen Klangmaterials oder schreibt sich auf diese Weise auch Außer-musikalisches in die Klänge ein?

Die Webseite www.sonifyer.org dokumentiert die bisherigen Projekte des Forschungsfelds *Sonifikation* an der Hochschule der Künste Bern (HKB) aus den Jahren 2006-2010: Im Projekt *Seismophon* wurden Erdbebendaten hörbar gemacht, in *Denkgeräusche* ging es um die Verklänglichung von EEGs, das Projekt *Kartoffel klopfen* beschäftigte sich mit der zerstörungsfreien akustischen Untersuchung von Lebensmitteln. Während der Arbeit an diesen Projekten ergab sich innerhalb des Berner Forschungsteams das Bedürfnis, das eigene Tun in historischer und ästhetischer Hinsicht zu reflektieren. Als Ergebnis eines ersten Versuchs in das Feld möglicher Vergangenheiten der Sonifikation einzutauchen, entstand eine Datenbank mit historischen und zeitgenössischen Kompositionen,

¹⁵ Stellvertretend für die rezente Inflation der Sonifikationsmethode in den Künsten sei hier auf die Ausstellungen verwiesen, die das 16. International Symposium on Electronic Art (ISEA2010 RUHR) in Dortmund begleiteten, <http://www.isea2010ruhr.org/programme/exhibition>. Weitere Beispiele finden sich z. B. auf www.sonifyer.org.

in denen sonifikationsähnliche Verfahren zum Einsatz kommen. Ein folgerichtiges Ziel des vorliegenden Bands hätte es somit sein können, die in der Datenbank gesammelten (Klang-)Episoden versuchsweise um ihre Entstehungs- und Rezeptionsgeschichten zu erweitern. Die Folge eines solchen Vorgehens hätte allerdings eine starke thematische Beschränkung bedeutet. Auf die Frage nach einer Kulturgeschichte der Sonifikation kann es unserer Auffassung nach jedoch keine in sich geschlossene Antwort geben – und ganz sicher wäre sie nicht ausschließlich auf dem Feld musikalischer Kompositionen zu suchen. Ein Feld, das sich aus so vielen Disziplinen speist wie die Sonifikation, legt die Kombination und den Vergleich verschiedener Sichtweisen nahe. Daher steht auch innerhalb dieses Bandes die Vielschichtigkeit des Gegenstandes und der interdisziplinäre Austausch im Vordergrund. Die in diesem Band behandelten Fallstudien machen deutlich, dass das Verfahren der Sonifikation nicht vom Himmel gefallen ist und trotz der Dominanz visueller Praktiken eine längere Tradition hat. Ein wesentliches Ziel der hier versammelten Beiträge besteht daher in dem Versuch, verschiedene historische Entwicklungsstränge aufzuzeigen und dadurch einen Teil des epistemischen, ästhetischen und medientechnischen Fundaments freizulegen, auf dem die aktuelle Sonifikation beruht.

Die historischen Rückblicke der einzelnen Beiträge wurden darüber hinaus im Hinblick auf eine drängende aktuelle Frage unternommen: Ist damit zu rechnen, dass Sonifikationen zukünftig einen selbstverständlichen Bestandteil von wissenschaftlichen und künstlerischen Praktiken bilden werden oder gibt es prinzipielle Grenzen für eine auditive Erkenntnisproduktion? Handelt es sich bei der Sonifikation um eine langfristige Perspektive oder eher um eine kurzfristige Modeerscheinung? Nun mag es möglicherweise als widersinnig erscheinen, Voraussagen über zukünftige Entwicklungen auf der Basis historischer Untersuchungen anstellen zu wollen, zumal es sich bei der institutionalisierten Sonifikationsforschung um ein sehr junges Forschungsfeld handelt, dessen Verfahren noch kaum standardmäßig in der alltäglichen Wissenschaftspraxis verwendet werden. Historische Analysen bieten jedoch gerade den Vorteil, dass auditive Verfahren, die in der Vergangenheit bereits in der Praxis eingesetzt wurden und über die deshalb ein jeweils mehr oder weniger umfangreicher Quellschatz existiert, hinsichtlich der Kontexte ihrer Genese und Verbreitung untersucht werden können. Anstatt also historische Vorläufer der Sonifikation lediglich anzuführen und mögliche Ähnlichkeiten oder Gemeinsamkeiten zu gegenwärtigen Verfahren zu betonen, versuchen die Fallstudien dieses Bandes möglichst genau zu rekonstruieren, unter welchen Umständen auditive Methoden überhaupt entstanden sind und warum einige von diesen eine weite Verbreitung gefunden haben und andere nicht. Gerade aus (vermeintlich) gescheiterten wissenschaftlichen oder auch künstlerischen Unternehmungen, die im Rahmen einer an bloßen *Erfolgen* ausgerichteten Fortschrittsgeschichte möglicherweise gar keine Be-

rücksichtigung fänden, lassen sich mitunter überraschende Erkenntnisse gewinnen, die unter Umständen auch dazu beitragen können, ein neues Licht auf die aktuellen Probleme der Sonifikation in der Forschungs- und Kunstpraxis zu werfen.

Die Hörbarmachung des Unhörbaren und das geschulte Ohr

Trotz ihrer sehr unterschiedlichen Ausprägungen und Einsatzgebiete scheinen sich Sonifikationsverfahren durch zwei wesentliche Aspekte auszuzeichnen: Erstens durch *Transformationen von Unhörbarem in hörbare Phänomene* – zumeist mithilfe akustischer Medientechnologien. Denn Speicherung, (Re-)Produktion und Übertragung von Schallereignissen zählen zu den Voraussetzungen der Sonifikation, in der anstelle von aufgezeichneten Schallwellen z.B. Messkurven oder Datenreihen abgespielt werden. Zweitens durch konkrete *Praktiken des Hin- und Abhörens*, bei denen das geschulte Ohr eine zentrale Rolle einnimmt. Während sich der Aspekt der Hörbarmachung primär auf die technische Herstellung und Domestizierung von Klangobjekten bezieht, zielt der zweite Aspekt eher auf die Disziplinierung von Rezipienten, und zwar speziell auf die Ausbildung des Hörsinns im Sinne von »Körpertechniken« (Marcel Mauss). Auf diese Weise lassen sich in Bezug auf die Ausprägung kultureller Praktiken der Sonifikation zwei einander entgegengesetzte Bewegungsrichtungen unterscheiden, die erstens die *Verkörperung* bzw. *Re-/Präsentation* von Daten in Form von Klängen und zweitens die *Extraktion* von Information aus sonifizierten Klängen zum Ziel haben. Während wir es im ersten Fall mit Fragen der akustischen Gestaltung zu tun haben, steht im zweiten Fall die Analyse von Klängen im Zentrum.

Sowohl bei der Produktion als auch bei der Rezeption sonifizierter Daten bildet das zugrunde liegende medientechnische Ensemble (oder Dispositiv) einen zentralen Bezugspunkt, denn welche Eingangsdaten überhaupt in welche Arten von Klangphänomenen überführt werden können, hängt jeweils davon ab, welche technischen Schnittstellen, Trägermedien und Verarbeitungsverfahren zur Verfügung stehen: Ohne elektroakustische Schallwandler und Technologien zur Beherrschung elektrischer Ströme würden sich keine »Verschriftungen des Realen«¹⁶, d.h. keine analogen Signale zu Gehör bringen, ohne zeitdiskrete Signalverarbeitung keine Börsenkurse und andere digitale Datenstrukturen in künstlich erzeugte Klanggestalten und Hörräume übersetzen lassen. Der analytische Blick auf die vielfältigen akustischen Materialisierungen, Mediatisierungen und Kanalisierungen von Daten und Signalen – sozusagen auf die audiotekhnische Logistik der Sonifikation – ist nicht zuletzt auch deshalb so bedeutsam, weil diese in die Kultur und damit auf das Denken selbst zurückstrahlen. Ein weiterer Untersuchungs-

¹⁶ Kittler 1986; 1993.

aspekt liegt daher auf den Diskursen, die sich um medientechnische Anordnungen der Sonifikation herum ausbilden, denn auch diese entscheiden oftmals wesentlich darüber, wie Sonifikationen genutzt und bewertet werden und in welcher Form sie sich verbreiten. Eine wesentliche Stellung nimmt schließlich auch eine Auffassung bezüglich des Hörens ein, die das Hören nicht als rein biologische Wahrnehmungsfähigkeit, sondern als gestaltbare und damit historisch wandelbare kulturelle und materielle Praxis begreift, die wiederum an sozialen Prozessen der Inklusion, Exklusion und Distinktion mitwirken kann.

3. Vorstellung der Beiträge

Thematisch gliedert sich der vorliegende Band in zwei Teile: der erste ist primär einer Wissensgeschichte der Sonifikation, speziell auditiven Erkenntnisweisen und dem Klang als Repräsentationsmedium wissenschaftlicher Erkenntnis, gewidmet. Im zweiten Teil sind Beiträge zur Ästhetik der Sonifikation versammelt, die die Inszenierung datenbasierten Klangmaterials in der Geschichte der Musik, der Künste, der Gestaltung sowie im Feld von Ökonomie und Politik untersuchen.

I. Teil: Das geschulte Ohr in der Geschichte der Wissenschaften

Der Beitrag von Alexandra Supper, der den Auftakt des ersten Teils bildet, geht der Frage nach, wie das Feld der Sonifikationsforschung mit dem Vorwurf umgeht, dass wissenschaftliche Repräsentationsverfahren prinzipiell mit dem Makel der Subjektivität behaftet und somit unwissenschaftlich seien. Dabei widmet sie sich insbesondere den Aushandlungsprozessen, die sich gegenwärtig innerhalb der International Community for Auditory Display (ICAD) vollziehen. Anhand von Interviews und teilnehmender Beobachtung stellt Supper zwei miteinander konkurrierende Strategien heraus: die erste sucht dem Vorwurf mangelnder Objektivität durch den Einsatz quantitativer Evaluationsverfahren und User-Tests entgegenzutreten, wie sie für das Feld der Psychologie kennzeichnend sind. Supper spricht in diesem Zusammenhang von einer »Kultur des quantitativen Testens«, die jedoch umstritten sei – nicht zuletzt deshalb, weil es sich bei der Sonifikationsforschung um ein heterogenes, interdisziplinäres Feld handele. Die zweite Strategie, die Supper identifiziert hat, räumt der Kompetenz der sonifizierenden und hörenden Experten dagegen einen explizit positiven Stellenwert ein und wirbt für mehr Selbstvertrauen im Umgang mit dem Problem der Subjektivität. Supper vergleicht diese Legitimationsstrategie mit der »wissenschaftlichen Tugend« des »geschulten Urteils« (Daston, Galison) und verdeutlicht durch diese Bezugnahme, dass Subjektivität

einerseits kein spezifisches Problem der auditiven Wissensproduktion darstellt und dass mit dieser Konzeption andererseits eine Lösung zur Verfügung steht, die auch auf die Kontroversen innerhalb der Sonifikationsforschung anwendbar sein könnte.

Anstatt scheinbar ontologisch gegebenen Defiziten der Sonifikation durch einen vorseilenden Gehorsam (in Form von User-Tests etc.) entgegenzuwirken, scheint es für die junge Disziplin ebenso legitim zu sein, die Möglichkeiten der akustischen Darstellung auf eine kreative Weise auszuloten. In ihrem historischen Überblick stellen Florian Grond und Thomas Hermann zahlreiche Beispiele aus der Vorgeschichte der Sonifikation vor und arbeiten dabei eine Reihe von Aspekten heraus, »die beeinflussen, wie wir Klang als Sonifikation hören können«. Aus ihrer historischen Untersuchung ästhetischer Strategien gewinnen Grond und Hermann acht Kategorien, die sie als hilfreich für den Entwurf von Sonifikationssystemen ausweisen. Der Beitrag unterstreicht dadurch noch einmal, dass auch historische Ansätze fruchtbare Beiträge zur zeitgenössischen Sonifikationsforschung leisten können.

Den Schwerpunkt des ersten Teils bilden Fallstudien zur Medien- und Wissenschaftsgeschichte der Sonifikation. Anhand von drei historischen Beispielen aus dem Bereich der Medizin und der Physiologie geht Axel Volmar der Frage nach, welche Faktoren die Verbreitung »akustemischer Technologien« (d.h. auditiver Praktiken der Erkenntnisproduktion) befördern bzw. erschweren können. Volmar schildert dabei zunächst die Erfindung der diagnostischen Methode der Perkussion durch den Wiener Arzt Leopold Auenbrugger und gibt verschiedene Gründe dafür an, warum diese akustische Methode, die noch heute zu den größten Errungenschaften der Medizingeschichte zählt, erst mit einer »Verspätung« von etwa fünfzig Jahren anerkannt und im Rahmen der ärztlichen Praxis ausgeübt wurde. Kontrastierend dazu zeigt Volmar, dass sich die um 1816 in Paris entstandene Praktik des diagnostischen Abhorchens mittels des Stethoskops (die sog. mediate Auskultation) wesentlich schneller in der wissenschaftlichen Gemeinde verbreiten konnte, weil sie u.a. dem Professionalisierungswillen der aufstrebenden Ärzteschaft entgegenkam. Das dritte Fallbeispiel rekonstruiert die Karriere des Telefons in der Elektrophysiologie des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Dort wurde das Telefon als akustisches Display von vielen führenden Physiologen zur Anzeige bioelektrischer Ströme verwendet. Dennoch konnte sich das Telefon nie als kanonisches Instrument der Lebenswissenschaften etablieren. Volmars Untersuchung zeigt, dass der Erfolg eines erkenntnisproduzierenden Hörverfahrens nicht allein von rein wissenschaftlichen Kriterien abhängt, sondern oft von externen Faktoren wie etwa alternativen Repräsentationsverfahren (v.a. visuellen Darstellungen) und herrschenden wissenschaftlichen Paradigmen bestimmt wird.

Stefan Krebs verfolgt die historische Spur des Stethoskops bis in das Automobilwesen der Zwischenkriegszeit. In seinem Beitrag stellt Krebs dar, wie Kraftfahrer in der Aus-

übung zweier Hörtechniken geschult wurden, mit denen Fahrzeugdefekte und deren mögliche Ursachen mittels des Gehörs erkannt und unterschieden werden sollten. Nach der Unterscheidung dieser beiden Hörpraktiken in ein beobachtendes, überwachendes Hinhören und ein diagnostisches Abhören schildert Krebs einen »Hörkonflikt«, der zwischen den Kraftfahrern und dem sich entwickelnden Mechanikergewerbe im Hinblick auf die Ausübung dieser Praktiken entstand, weil die Mechaniker – ähnlich wie zuvor die Ärzte im 19. Jahrhundert – einen alleinigen Anspruch auf eine diagnostische Expertise erhoben. Indem Krebs verfolgt, welche Akteursgruppen welche Hörtechniken zu welcher Zeit ausüben durfte, verdeutlicht er, wie zentral die Berücksichtigung diskursiver Praktiken im Hinblick auf die Ausübung von auditiven Verfahren sein kann. Krebs zeigt, dass der Hörkonflikt erst gelöst werden konnte, nachdem sich »die gesellschaftliche Zuschreibung, welche Akteursgruppe welche Hörpraktiken anerkanntermaßen ausüben durfte«, gewandelt hatte. Dem Argument, dass nur das geschulte Gehör des professionellen Kfz-Mechanikers (als Teil seines beruflichen Habitus) verlässliche Expertisen hervorbringen könne, kam dabei eine wesentliche Bedeutung zu.

Sabine von Fischer widmet sich in ihrem Beitrag keiner Hörpraxis, sondern stellt die akustische Methode zur Messung von Trittschall und bauakustischen Dämmverfahren in den Mittelpunkt. Von Fischer verfolgt hier die Anstrengungen der wissenschaftlichen Bauakustik, die Vielschichtigkeit der häuslichen Alltagsgeräusche in objektive Messverfahren zu überführen und weist darauf hin, dass sich akustische Praktiken nicht zuletzt in standardisierten Verfahren und Normen niederschlagen. So wird dargestellt, wie im Zuge dieser Forschungen um 1930 sog. »Hammerwerke« entwickelt wurden, mit denen Böden und Wände in Form von standardisierten Schlägen angeregt werden konnten und so zur Entstehung eines wissenschaftlich-technischen Diskurses der objektiven Beurteilung von Baumaterialien beitrugen. Das Beispiel der Hammerwerke zeigt jedoch auch, dass die Reduktion der akustischen Wirklichkeit mit ihren vielfältigen Bedeutungen auf wenige normierte und von jeglicher Semantik befreite Schallereignisse zunehmend zu einem Auseinanderfallen »technischer und erfahrener Realitäten« geführt hat, die bis heute wirksam sind.

Die Geschichte der Sonartechnik bildet den Gegenstand des Beitrags von Shintaro Miyazaki. Die Orientierung und Navigation mittels des Gehörs unter Wasser (zu zivilen Zwecken, vor allem aber als Kriegstechnik), die nach der Titanic-Katastrophe entwickelt und im Laufe des Zweiten Weltkriegs verfeinert wird, kann als stellvertretend für eine Reihe von auditiven Verfahren angesehen werden, die ab dem Anfang des 20. Jahrhunderts in die Tiefe des Raums vordringen. Dabei werden die materiell-physikalischen und epistemisch-kulturellen Verschaltungen thematisiert, die die Sonartechnik als kulturelle Hörpraxis prägten und die Detektion von Schiffen, U-Booten und Fischeschwärmen ermöglichte. Im Rahmen seiner historischen Darstellung arbeitet Miyazaki heraus, wie

die Hörpraxis des *Sounding, Navigation and Ranging* (SONAR) in den 1980er Jahren zunehmend durch automatische Verfahren der digitalen Signalverarbeitung ersetzt wurde. Damit weist Miyazaki darauf hin, dass auch gegenwärtigen Sonifikationsverfahren immer eine Art Vorläufigkeit eignet und somit »die Repräsentation von nichthörbaren Prozessen durch hörbare Prozesse nur solange praktiziert wird, bis technisch aufwändigere, aber für den Benutzer leichter zugängliche Verfahren, die meist nur das Auge ansprechen, praktisch implementierbar werden«.

Der Abschluss des ersten Teils widmet sich einer gegenwärtigen Sonifikationspraxis: der akustischen Darstellung von Prozessabläufen in Fabriken. Anhand des interdisziplinären Forschungsprojekts *Grooving Factory* berichten Michael Iber, Julian Klein und Katja Windt von ihren aktuellen Forschungen, die sich ebenfalls durch explorative wie konfirmative Ansätze der Datensozifikation auszeichnen, die auf den Bereich der Produktionslogistik übertragen wurden. Zum Einsatz kam hier etwa eine Sozifikation zur sog. Engpassanalyse, bei der problematische Arbeitssysteme, stark fluktuierende Bestände und Überlast hörbar gemacht werden konnten. Der Beitrag macht jedoch auch deutlich, dass die Sozifikationsforschung gegenwärtig noch mit vielen wissenschaftstheoretischen, technischen und praktischen Problemen zu kämpfen hat, deren Lösung möglicherweise einen langwierigen Prozess der Disziplinierung von sowohl technischen und ästhetischen Darstellungspraktiken als auch menschlichen Hörweisen erfordern könnte.

II. Teil: Sozifikation als künstlerische Metapher und ästhetische Strategie

Den zweiten Teil des Bandes eröffnet Florian Dombos mit einem kritischen Bekenntnis zur Sozifikation. Ausgehend von seiner künstlerischen Arbeit *Angeschlagene Moderne* (2010), für die er mit dem Deutschen Klangkunstpreis ausgezeichnet wurde, erläutert er sein der Arbeit zugrunde liegendes künstlerische, forschungs- und gesellschaftspolitische Interesse. Dombos plädiert für ein Verständnis von Sozifikation, das den Monopolanspruch des Optisch-Visuellen hinterfragt und als »Sand im Getriebe einer unbremsten Fortschrittsideologie« fungiert. Auf künstlerischer Seite fasziniert ihn die Verbindung von ästhetischem Hinhören mit dem Versprechen auf eine in den Klängen liegende Erzählung.

Ausgangspunkt des Beitrages von Jan Thoben bildet Rainer Maria Rilkes »phonozentristische Wende«, wie sie sich in dem im Jahre 1919 verfassten Text *Ur-Geräusch* darstellt. Thoben beschreibt Rilkes Gedankenexperiment, in dem dieser sich vorstellt, die mändernde Kronennaht eines menschlichen Schädels mithilfe einer Phonographennadel zum Klingen bringen zu können, und setzt dieses ins Verhältnis zu Ferruccio Busonis Entwurf einer *Ur-Musik*. Beiden, dem Dichter und dem Komponisten, dienen akustische Technologien als Nullpunkt ihrer künstlerischen Koordinatensysteme. Was für Busoni die Klangsynthese, sei für Rilke die Phonographie gewesen: Eine Technik, die eine äs-

thetische Hörerfahrung zu ermöglichen. Wo es allerdings Busoni um eine Kontrolle über das Klangmaterial gehe, da begnüge sich Rilke damit, mithilfe der Audifikationsmetapher den akustischen Zugang zu einem interessanten Phänomen zu vermitteln. Thoben konstatiert jedoch abschließend, dass Audifikation keineswegs voraussetzungslos verborgene Strukturen offenbare, sondern diese erst durch Nutzbarmachung akustischer Kanäle hervorgebracht würden.

Volker Straebel widmet sich einem Strang der Musikgeschichte, den er von der »Metapher der Sozifikation« geprägt sieht. Im Mittelpunkt stehen dabei Kompositionen, die dem Modell der Repräsentation außermusikalischer Inhalte folgen. Während Straebel Werke aus der Programmmusik, der Experimentellen Musik und der Elektroakustischen Musik kommentiert, legt er überraschende Korrespondenzen zwischen der aktuellen Sozifikationsforschung und der Frühromantik frei: In beiden Bereichen gehe es darum, Zugänge zur Welt zu schaffen, indem Phänomene der Natur den Fähigkeiten unserer Sinne gemäß übersetzt werden.

Michael Harenberg und Daniel Weissberg nehmen eine wesentlich kritischere Haltung zu der Annahme einer Verbindung zwischen Musikgeschichte und Sozifikation ein. Ganz grundsätzlich weisen sie darauf hin, dass der Erkenntnisgewinn über den akustischen Kanal schlicht ein anderes Wort für das Hören sei. Sie stoßen sich weiter an der Vorstellung, sozifizierte Klänge könnten nicht-intendierte strukturelle Eigenschaften aufweisen. Weil jede kompositorische Äußerung prinzipiell intendiert sei, hätten musikhistorische Bezugnahmen hier zwingend ins Leere zu laufen. Harenberg und Weissberg stellen materialreich dar, warum Sozifikation als musikalische Analyse scheitern muss und plädieren stattdessen dafür, klar zwischen Musik und auditivem Erkenntnisinteresse zu trennen.

Auch Martin Rumori fühlt der Sozifikation mit seinem Beitrag auf den Zahn: Er beschreibt die technischen, ästhetischen und gesellschaftlich-sozialen Bedingungen dessen, was er als einen regelrechten Hype um die Methoden der Verklänglichung bezeichnet. Dieser Aufschwung der Sozifikation sei allerdings nicht primär einem wissenschaftlichen Erkenntnisinteresse oder gar einer Unzufriedenheit mit den Ergebnissen von Visualisierungen geschuldet, sondern der zunehmenden Verbreitung einfacher Tools zur (insbesondere digitalen) Gestaltung von Klängen. Über die Eigendynamik des *acoustic turns* erklärt sich für Rumori auch das bisherige Fehlen bahnbrechender wissenschaftlicher Erfolge der Sozifikation.

David Oswald stellt aus Sicht der Designtheorie die Frage, wie sich semiotische Beschreibungsansätze für eine Theorie zur Gestaltung von Benutzeroberflächen nutzen lassen. Welche Zeichenfunktionen können Klänge einnehmen und inwiefern unterliegen diese historischen Veränderungen? Oswald nimmt zu diesem Zweck eine kritische Relektüre des Konzepts der *Auditory Icons* von William Gaver vor. Die Wahrnehmung

grafischer Benutzeroberflächen habe sich seit der Veröffentlichung des Textes stark weiterentwickelt und dazu geführt, dass sich auch die Funktionen der auditiven Zeichen in diesen Interfaces verändert hätten. Der Beitrag versteht sich damit einerseits als semiotisches Update zur Theorie der Auditory Icons, zeigt aber auch, dass eine Semiotik des Klangs und mithin die Kategorien in Bezug auf die Funktionen und Bedeutungen von Klängen immer historischen Änderungen unterworfen sind. Während Gaver die Auditory Icons noch als ikonische Klangzeichen, d. h. als akustische Abbilder, auffasste, würden diese heute vorwiegend als sozusagen virtuelle physikalische Begleiterscheinung eines Computerprozesses wahrgenommen und so eine indexikalische Funktion erhalten. Da die Klangzeichen aufgrund dieser historischen Verschiebung nicht mehr durch eine Ähnlichkeitsbeziehung, sondern eine Kausalbeziehung zu dem Objekt ausgezeichnet sei, bedeute dies auch eine Reformulierung akustischer Designstrategien.

Nada Endrissat und Claus Noppeney untersuchen die Wirtschaftsgeschichte im Hinblick auf akustische Identität. Arbeitslieder, Corporate Songs und Sound Branding fassen sie unter einem weiten Begriff von Sonifikation. Dabei zeigen sie, wie Arbeitslieder den Rhythmus der Arbeitsbewegung und die Beziehung des Arbeiters zu seiner Tätigkeit ausdrücken, wie Corporate Songs die Kultur und die Vision einer Organisation hörbar machen und wie Sound Branding das Image oder den Markenkern einer Organisation für die Konsumenten übersetzt. Die historische Entwicklung offenbart, dass sich auch auf akustischer Ebene Momente von Enteignung vollziehen, wenn etwa die Arbeitslieder nach und nach durch vom Management verordnete Lieder ersetzt oder Corporate Sounds als reines Marketingkonzept vollstreckt werden.

Mit ähnlich kritischem Impetus widmet sich der Beitrag von Andi Schoon Praktiken der akustischen Kontrolle in Geschichte und Gegenwart. Schoon stellt dar, dass die Geschichte der Informationsbeschaffung über den akustischen Kanal zumeist durch Misstrauen und Paranoia motiviert gewesen ist. Überdies weist er darauf hin, dass sich der aktuelle Diskurs um die wissenschaftliche Sonifikation einer schleichenden Beeinflussung des Individuums durch Klang sowie der Selbstkontrolle im Zeichen von Fortschritt und Produktivität zu stellen hat.

Zum Abschluss unternimmt Holger Schulze am Beispiel des innovativen Radioformats *Sonarisationen – Klangforschung live* (Deutschlandradio Kultur, Sendestart: 1. Oktober 2011) einen Ausblick auf eine zukünftige Annäherung von Kunst und Wissenschaft im Rahmen einer »künstlerischen Forschung«. Der Artikel demonstriert, dass sich fruchtbare Kooperationen gerade aus unterschiedlichen Vorstellungen zu Arbeitsabläufen und deren Ergebnissen herstellen können – und stellt damit den Wert produktiver Experimente zwischen Kunst und Wissenschaft, etwa in der Tradition der *Nine Evenings* aus dem Jahr 1966, heraus.

Durch die thematisch breit angelegte Auswahl der Beiträge versucht der vorliegende Band, Fragen bezüglich der Wissenschaftstheorie, der Ästhetik, dem Vokabular und den Methoden der Sonifikation zu bündeln und einige ihrer historischen Entwicklungslinien aufzuzeigen. Die mitunter recht unterschiedlichen Schwerpunkte und Zugänge reichen von der naturwissenschaftlich geführten Diskussion um wissenschaftliche Objektivität bis hin zur kompositorischen Metapher der Übertragung und Repräsentation außermusikalischen Materials in Klang. Trotzdem aber zeigt sich: Aus welcher Perspektive wir uns einer Kulturgeschichte der Sonifikation auch immer nähern – die medientechnischen Ensembles der Hörbarmachung des Unhörbaren und die Praktiken des geschulten Ohrs bilden stets eine gemeinsame Schnittmenge.

Danksagung

Unser Dank gilt allen AutorInnen für ihre Beiträge, Florian Dombois für wichtige Anregungen und Kommentare, Holger Schulze für seine Bereitschaft, den vorliegenden Band in die Buchreihe *Sound Studies* aufzunehmen, Leonie Häsler für Lektorat, Satz und Geduld, Priska Gisler und dem HKB-Forschungsschwerpunkt Intermedialität sowie der Hochschule der Künste Bern, die das Projekt finanziell unterstützt haben.

4. Quellen

- Daston, Lorraine / Galison, Peter (2007): *Objektivität*, Frankfurt a. M.
- Dombois, Florian (2008): *Sonifikation*. Ein Plädoyer, dem naturwissenschaftlichen Verfahren eine kulturhistorische Einschätzung zukommen zu lassen, in: Meyer, Petra Maria (Hg.), *Acoustic turn*, München, 91-100.
- Frauenberger, Christopher (2006): *Sonifikation und Auditory Display*. Ansätze der auditiven Informationsdarstellung, in: Motte-Haber, Helga de la / Osterwold, Matthias / Weckwerth, Georg (Hg.), *Sonambiente Berlin 2006: Klang Kunst Sound Art*, Heidelberg, 366-373.
- Hermann, Thomas (2008a): *Daten hören*. Sonifikation zur explorativen Datenanalyse, in: Schulze, Holger (Hg.), *Sound Studies. Traditionen – Methoden – Desiderate*. Eine Einführung, Bielefeld (Sound Studies, Bd. 1), 209-228.
- Hermann, Thomas (2008b): *Taxonomy and Definitions for Sonification and Auditory Display*, in: Proc. Int. Conf. Auditory Display (ICAD 2008), France.

- Hermann, Thomas (2009): Sonifikation hochdimensionaler Daten. Funktionaler Klang zum Erkenntnisgewinn, in: Spehr, Georg (Hg.), Funktionale Klänge. Hörbare Daten, klingende Geräte und gestaltete Hörerfahrungen, Bielefeld (Sound Studies, Bd. 2), 65-85.
- Heßler, Martina / Mersch, Dieter (Hg.) (2009): Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft, Bielefeld.
- ICAD: <http://dev.icad.org/node/392>, 20.10.2011.
- Ingwersen, Sören (2005): Sonifikation. Zwischen Information und Rauschen, in: Segeberg, Harro, Schätzlein, Frank (Hg.), Sound. Zur Technologie und Ästhetik des Akustischen in den Medien, Marburg, 332-346.
- Kittler, Friedrich A. (1993): Draculas Vermächtnis. Technische Schriften, Leipzig.
- Kittler, Friedrich A. (1986): Grammophon, Film, Typewriter, Berlin.
- Kramer, Gregory (Hg.) (1994): Auditory Display. Sonification, Audification, and Auditory Interfaces, Reading/Mass.
- Mongrel (2006): Lung: Slave Labour, <http://www.mongrel.org.uk/lungszkm>, 20.10.2011.
- Polanyi, Michael (1985): Implizites Wissen, Frankfurt a. M.
- Schmidt, Leigh Eric (2003): Hearing Loss, in: Bull, Michael / Back, Les (Hg.) The Auditory Culture Reader, Oxford, New York (Sensory Formations Series), 41-60.
- Sterne, Jonathan (2003): The Audible Past. Cultural Origins of Sound Reproduction, Durham.
- Supper, Alexandra (2011): The Search for the »Killer Application«: Drawing the Boundaries Around the Sonification of Scientific Data, in: Pinch, Trevor / Bijsterveld, Karin (Hg.), The Oxford Handbook of Sound Studies, 249-270.
- Volmar, Axel (2007): Die Anrufung des Wissens. Eine Medienepistemologie auditorischer Displays und auditiver Wissensproduktion, in: Schröter, Jens / Thielmann, Tristan (Hg.), Display II: Digital, Navigationen. Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften, 7 (2), 105-116.

Das geschulte Ohr in der Geschichte der Wissenschaften