

Diplomarbeit zur Erlangung
des akademischen Grades
Magistra artium („Mag.^a art.“)

SOUNDSCAPES UND TON-RÄUME

künstlerische Auseinandersetzungen mit auditiver Wahrnehmung

in den Studienrichtungen

Design, Architektur und Environment & Kunst und kommunikative Praxis

eingereicht an der Universität für angewandte Kunst Wien

am Institut für Kunstwissenschaften, Kunstpädagogik und Kunstvermittlung

bei Univ.-Prof. Mag.art. Christoph Kaltenbrunner BSc.

vorgelegt von

Sarah Radatz

Wien, im Mai 2017

Inhaltsverzeichnis

Abstract	4
Einleitung	6
Teil 1	9
Grundbegriffe der Akustik.....	10
Physiologischer Aufbau des menschlichen Ohres	12
Räumliches Hören	18
Psychoakustik	22
Eigene akustische Raumuntersuchungen Binaurales Hören.....	27
Versuchsanordnung	27
Spektrogramm-Vergleich 1 reflexionsarmer Raum, 1 Sek.	33
Spektrogramm-Vergleich 2 reflexionsarmer Raum, 1/50 Sek.	36
Spektrogramm-Vergleich 3 Hallraum, 1 Sek.	38
Spektrogramm-Vergleich 4 Hallraum, 1/50 Sek.	40
Teil 2	43
Das World Soundscape Project – R. Murray Schafer.....	44
Künstlerische Arbeiten und Zugänge	56
Bernhard Leitner – Ton-Raum-Architektur	59
Christina Kubisch – akustische Parallelwelten.....	78
Ryoji Ikeda – binäre Ästhetik	88
Eigenes künstlerisches Projekt	100
Resümee	103

Danksagung.....	107
Anhang	108
Glossar.....	109
Graphikkonzept.....	110
Verwendete Literatur.....	111
Online-Quellen.....	114
Film- , Audio- und Video-Quellen	120
Weiterführende Literatur	120
Abbildungsverzeichnis	121
Eidesstattliche Erklärung	125

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Abstract

deutsch

Der Einfluss der auralen Umgebung auf unsere räumliche Wahrnehmung ebenso wie auf unser Empfinden und Handeln manifestiert sich in unterschiedlichen Aspekten. Über das Gehör können wir wichtige Rückschlüsse auf unsere Orientierung und die Bewegungen im Raum ziehen. Darüber hinaus können akustische Phänomene maßgeblich auf Stimmung, Sozialverhalten und Wohlbefinden einwirken.

Im ersten Teil der vorliegenden Diplomarbeit wird ein Versuch unternommen, zunächst einige grundlegende physikalische Vorgänge, die etwa für die Ausbreitung von Schallwellen im Raum entscheidend sind, zu erklären. Anhand graphischer Darstellungen von Audio-Aufnahmen aus eigens unternommenen Raumuntersuchungen sollen diese Phänomene analysiert und zusätzlich veranschaulicht werden. Dies soll als Basis dienen, um etwa technische Mittel in der Umsetzung künstlerischer Arbeiten aus dem Bereich der Klangkunst nachvollziehbar und leichter verständlich zu machen.

Raymond Murray Schafer liefert mit seinem *World Soundscape Project* eine Überleitung zum zweiten Teil.

In diesem werden, ausgehend von Bernhard Leitners Ton-Raum-Installationen, einige künstlerische Arbeiten von Christina Kubisch und Ryoji Ikeda beschrieben. Die Auswahl dieser Beispiele erfolgt nach bestimmten Kriterien der Relevanz und des persönlichen Interesses, u.a. für eines meiner eigenen künstlerischen Projekte, das ebenso vorgestellt wird.

Hörbeispiele wurden auf die Online-Plattform *Soundcloud* hochgeladen und sind über QR-Codes zugänglich. Diese Codes können mit einem Smartphone gescannt werden und führen direkt zu den entsprechenden Playlists. Dadurch wird dem Leser die Möglichkeit geboten, parallel zum schriftlichen Erfassen der Inhalte unmittelbar auditive Ereignisse wahrzunehmen.

Abstract

englisch

The aural environment manifests itself in different aspects and affects our spatial awareness as well as our perception and activity. With the aid of the aural sense we are able to orient ourselves towards and navigate through space. Auditory phenomena can even influence our mood, wellbeing and social behaviour.

The first part of this diploma thesis focuses on explaining some basic physical processes, which are relevant for sound propagation in space. These phenomena are being analysed and visualized by using graphical representations of audio recordings which stem from investigations of space specifically undertaken for this purpose. This is supposed to serve as the foundation of understanding sound artists' works and their technical ways of realization in a better and easier way.

Raymond Murray Schafer's *World Soundscape Project* provides a transition to the second part:

Here Bernhard Leitner's sound-space-installations and some other artistic works by Christina Kubisch and Ryoji Ikeda are being described. The selection of these examples was based on specific criteria of personal interest and relevance, as for instance on one of my own art projects which is being introduced as well.

Audio examples have been uploaded to the online platform *Soundcloud* and are accessible via QR-codes. These codes can be scanned with a smartphone and lead directly to the relevant playlists. As a result the reader is offered the opportunity to perceive aural experiences simultaneously to the process of reading.

Einleitung

„Sound provides the most forceful stimulus that human beings experience, and the most evanescent.“¹

Bruce R. Smith

(dt. Sound bildet sowohl den eindringlichsten als auch den vergänglichsten Sinnesreiz, den Menschen erfahren.)

Diese Diplomarbeit widmet sich zum einen der Untersuchung von akustischen und auditiven Phänomenen, die Einfluss auf unsere räumliche Wahrnehmung haben. Die maßgebliche Intention besteht darin, auch Lesern ohne jegliche Vorkenntnisse auf anschauliche Weise eine Basis zu grundlegenden Funktionen unseres Hörapparates und der Schallausbreitung zu bieten. Davon ausgehend werden unterschiedliche künstlerische Arbeiten aus den Themenfeldern Sound und Raum näher erläutert.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist diese Arbeit in folgende zwei Teile gegliedert:

Der **erste Teil** ist der Definition einiger Grundbegriffe der Akustik, sowie einem Überblick über die physiologischen Gegebenheiten des menschlichen Hörorgans inklusive der Funktionsweise des räumlichen Hörens gewidmet. Darüber hinaus werden Raumuntersuchungen beschrieben, die eigens für diese Diplomarbeit getätigt wurden, u.a. um bestimmte akustische Phänomene am eigenen Körper zu erfahren. In weiterer Folge sollen bildliche Darstellungen dieser Untersuchungsergebnisse und deren Auswertung für ein besseres

¹ Smith 2004, S. 389

Verständnis physikalischer Vorgänge, in Bezug auf Akustik, und deren Wirkung im Raum sorgen. Diesbezüglich ist allerdings festzuhalten, dass die dazu verwendeten Methoden eine experimentelle Herangehensweise verfolgen. Sie sind in erster Linie von künstlerischem Interesse motiviert, wodurch kein Anspruch darauf erhoben wird, mit naturwissenschaftlich präzisen Methoden akustischer Raumvermessungen zu arbeiten.

Im **zweiten Teil** werden unterschiedliche Positionen aus dem Bereich der Klangkunst vorgestellt. Ausgehend von Ton-Raum-Installationen Bernhard Leitners werden u.a. einige Arbeiten von Christina Kubisch und Ryoji Ikeda genauer beschrieben. Die Auswahl dieser Beispiele erfolgt nach bestimmten Kriterien der Relevanz und des persönlichen Interesses, beispielsweise für eines meiner eigenen künstlerischen Projekte, das im zweiten Teil ebenso näher erläutert wird.

Die Faszination für und die Auseinandersetzung mit auditivem (Raum-)Empfinden oder genauer gesagt Phänomenen, die sich unserer Wahrnehmung entziehen, entwickelte sich zu Beginn meines Studiums im Zuge von Recherchetätigkeiten zu jenem besagten eigenen künstlerischen Projekt.

Während des Entstehungsprozesses dieser Diplomarbeit habe ich einen Workshop an der Angewandten unter der Leitung David Haigners besucht. Das Ziel des Workshops war der Entwurf und die Entwicklung eines horngeladenen Breitband-Lautsprechers. Die Besonderheit besteht darin, dass ein solcher Lautsprecher mit nur einem sogenannten „Mitteltöner“² in der Lage ist, ein sehr breites Frequenzspektrum in der Soundwiedergabe abzudecken. Über das dazu nötige Wissen, etwa bezüglich der Ausbreitung von Schallwellen, das uns vom Workshop-Leiter vermittelt wurde, entwickelte sich eine besondere Neugier für den Zusammenhang physikalischer Vorgänge mit der menschlichen Wahrnehmung. Dipl.-Ing. David Haigner studierte Musik (Klavier und Klarinette)

² Lautsprecher, der in erster Linie für das Abspielen von Tönen aus dem mittleren Frequenzbereich (etwa 150-2.000 Hz) ausgelegt ist (Vgl. hifisound „Mitteltöner“).

am Mozarteum in Salzburg, sowie Maschinenbau (Fachrichtung Automatisierung und Messtechnik) an der TU Wien. Er arbeitet unter anderem als Konsulent in den Bereichen Akustik und Elektroakustik für viele namhafte Unternehmen bzw. Architekturbüros (u.a. Eichinger oder Knechtl, propeller z, Bene, ÖBB) und entwickelte seit den frühen 1980er Jahren etwa 300 unterschiedliche Lautsprechersysteme.³ Die Auswertung der Ergebnisse aus den Raumuntersuchungen fand mit maßgeblicher Unterstützung David Haigners statt.

Zweifellos werden wir in unserer heutigen Lebenswelt mit Sinneseindrücken auf sämtlichen Ebenen überhäuft. Besonders Augen und Ohren müssen tagtäglich mit einer Flut an Wahrnehmungen und Empfindungen umgehen. *„Das Auge kann fixieren, es kann umherschweifen [...], es kann schließlich auch geschlossen werden. Das Ohr dagegen ist ständig offen, bereit, Informationen von allen Seiten zu empfangen, und gegebenenfalls den Organismus vor Gefahren zu warnen, selbst dann, wenn er schläft.“*⁴

Eine schriftliche Arbeit über Auditives hat im Vergleich zu einer Arbeit über Visuelles einen großen Nachteil die Rezeption betreffend: während man optische Details mithilfe von Bildern und Fotos veranschaulichen kann, ist es auf solch direktem Wege (noch) nicht möglich, Hörproben oder Audiodateien in gedruckte Arbeiten einzufügen. Um diese Barriere zu überwinden, wurden Weblinks eingefügt, die direkt zu Audiodateien bzw. Playlists auf *Soundcloud* führen und somit Hörbeispiele zugänglich machen. Zum anderen gibt es für jeden Weblink einen entsprechenden QR-Code, der mittels Smartphone gescannt werden kann und die Leser direkt auf besagte Website bringt. Auf diesem Weg wird das Abspielen der Sounds simultan zum Lesen des schriftlichen Teils ermöglicht.

³ Vgl. David Haigner, „Impressum und CV“

⁴ Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 19

Teil 1

Ausgehend von der Definition einiger Grundbegriffe der Akustik werden in Teil 1 der Diplomarbeit der physiologische Aufbau des menschlichen Ohres, die Funktionsweise und Bedeutung des räumlichen Hörens, sowie Aspekte der Psychoakustik behandelt. Daran anschließend soll anhand der Visualisierung eigener akustischer Raumuntersuchungen das Phänomen des binauralen Hörens veranschaulicht werden.

Grundbegriffe der Akustik

Für die Nachvollziehbarkeit der nachfolgenden Kapitel sollen hier umrisshaft einige Grundbegriffe der Akustik erläutert werden.

Unter Akustik versteht man die *„Wissenschaft von den Schwingungen in elastischen Medien. Soweit diese Schwingungen für den Menschen hörbar sind, bezeichnet man sie als Schall.“*⁵

Schall, von einer Quelle ausgesendet, bewegt sich in Wellen fort und benötigt für seine Ausbreitung ein Trägermedium, dessen Teilchen er in Schwingung versetzen und somit seine Information weitergeben kann. Damit die Teilchen sich bewegen und danach wieder an ihre Ausgangsposition zurückkehren können, ist es erforderlich, dass das Medium elastisch ist und eine gewisse Trägheit aufweist. Schallwellen bringen also Materie zum Schwingen. Somit kann sich Schall im Gegensatz zu Licht, das aus elektromagnetischen Strahlen besteht, nicht im luftleeren Raum (z.B. im Weltall) bzw. Vakuum fortbewegen. Die Schallgeschwindigkeit ist maßgeblich von der Beschaffenheit des Trägermediums abhängig. Am Beispiel von Luft spielen etwa Luftfeuchtigkeit und Temperatur eine entscheidende Rolle.⁶ *„In Luft mit 21°C ist die Schallgeschwindigkeit ungefähr 334 Meter/Sekunde. Dies ist extrem langsam im Vergleich zu Licht- und Radiowellen (299.724.000 m/s).“*⁷ Je nach Medium gibt es Unterscheidungen in der genauen Bezeichnung der Schallart. Dementsprechend wird unterschieden zwischen Körperschall (Schwingungen in festen Körpern), Flüssigkeitsschall (Schwingungen in Flüssigkeiten) und Luftschall (Schwingungen in der Luft; oftmals auch nur als Schall bezeichnet). Der Körperschall bedingt unter anderem auch, dass wir unsere eigene Stimme anders hören als es unsere Mitmenschen tun. Diese hören

⁵ Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 17

⁶ Vgl. Grueneisen 2003, S. 46 ff

⁷ Grueneisen 2003, S. 47

nämlich im Normalfall nur den Luftschall des von uns Gesprochenen oder Gesungenen.

Auch die unterschiedlichen Qualitäten des Schalls finden Ausdruck in bestimmten Termini. Beispielsweise wird in der musikalischen Akustik ein **Ton** als die (sinusförmige) Grundschwingung (auch Grundton) beschrieben, die gemeinsam mit den Obertönen⁸ den für das jeweilige Instrument signifikanten **Klang** ergibt. Ein **Geräusch** setzt sich aus einer Menge von Schwingungen unterschiedlicher Frequenzen zusammen. **Rauschen** entsteht durch zufällige Geräusche. Eine besondere Form stellt sogenanntes „Weißes Rauschen“ dar. Es enthält Töne aus dem gesamten Frequenzspektrum, die gleichmäßig dicht verteilt nach dem Zufallsprinzip gemischt werden.⁹

Die **Frequenz** eines Tones misst die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde und wird in Hertz (Hz) gemessen. Wahrnehmbar wird sie über die jeweilige Tonhöhe. Beispielsweise nehmen wir hochfrequente Töne als höheren Ton wahr und umgekehrt. Als wichtige Voraussetzung dafür, dass wir Unterschiede in der Tonhöhe erkennen können, verfügt unser auditives System über eine hohe zeitliche Auflösung. Schwingt ein Ton mit hoher Frequenz, also sehr oft innerhalb einer Sekunde, müssen diese einzelnen Schwingungen registriert werden, um die jeweilige Tonhöhe bzw. deren Änderung wahrnehmen zu können. Grundsätzlich ist Schall mit Frequenzen zwischen 20Hz und 20kHz für uns Menschen hörbar. Schallwellen mit einer Frequenz über 20kHz, auch Ultraschall genannt, sind für Menschen im Normalfall nicht mehr hörbar. Der Frequenzbereich unter 20Hz wird als Infraschall bezeichnet und kann in Form von Vibrationen bzw. Erschütterungen, beispielsweise bei Erdbeben, wahrgenommen werden.¹⁰ Raymond Murray Schafer beschreibt eine besonders intime Eigenschaft des Hörens, wenn er den Tastsinn als den persönlichsten aller Sinne bezeichnet: „*Hören und Tasten treffen sich*

⁸ Obertöne sind Teiltöne, die wir normalerweise nicht gesondert wahrnehmen, die aber insofern von entscheidender Bedeutung sind, da sie z.B. Stimmen oder Musikinstrumenten ihren jeweils charakteristischen Klang geben (Vgl. Spektrum, „Obertöne“).

⁹ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 102 f; Grueneisen 2003, S. 47; Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 122 f

¹⁰ Vgl. Kalivoda/Steiner 1998, S. 49; Grueneisen 2003, S. 48; Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 121

*dort, wo die niedrigen hörbaren Frequenzen in taktile Schwingungen übergehen [...]. Hören ist eine Art Berührung aus der Ferne [...].*¹¹

Schalldruck bzw. **Schallpegel** beschreiben den Wert der Lautstärke und können trotz unterschiedlicher Messeinheiten (Schalldruck wird in Pascal (Pa), der Schallpegel in Dezibel (dB) gemessen) jeweils umgerechnet werden. Die Schmerzgrenze liegt bei Menschen bei ungefähr 130 Dezibel. Stärkere Schwingungen erzeugen lautere Töne, haben somit eine höhere Schwingungsamplitude im Vergleich zu leiseren Tönen. Die Stärke einer Schwingung bzw. den „Wert einer Welle zu einem bestimmten Zeitpunkt“¹² bezeichnet man als **Amplitude**.¹³

Physiologischer Aufbau des menschlichen Ohres

Wir nehmen Schalleindrücke über unsere Ohren auf. Da die Ohrmuscheln jedes Menschen in gewissem Maße individuell geformt sind, können bereits dadurch feine Unterschiede in der subjektiven Hörwahrnehmung bzw. –Empfindung bedingt sein. Die Form dieser knorpeligen Trichter kann sich nämlich auf die Dämpfung oder Filterung einzelner Frequenzen auswirken. Ebenso spielen die Form und stoffliche Zusammensetzung von Kopf und Torso eine entscheidende Rolle.¹⁴ Der Einfluss dieser äußeren körperlichen Merkmale auf die Wahrnehmung von Schallereignissen wird im Rahmen der sogenannten Außenohr-Übertragungsfunktion behandelt. Im Englischen als „Head Related Transfer Function“ bezeichnet bzw. mit HRTF abgekürzt, wird damit definiert, „wie eine aus einer bestimmten Richtung auf den Hörer einfallende Schallwelle bezüglich ihrer Ankunftszeit, Amplitude und Phase durch die

¹¹ Schafer 2010, S. 48

¹² Grueneisen 2003, S. 46

¹³ Vgl. Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 121; Grueneisen 2003, S. 46 ff

¹⁴ Vgl. Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 123; Blesser/Salter 2007, S. 188

*Gegenwart des Kopfes verändert wird. Ursache der Veränderungen sind Beugung, Reflexion, Abschattung oder andere Phänomene, welchen die Schallwellen beim Vorbeigang am Kopf unterworfen werden.*¹⁵ Die Auswirkung solcher Schallbeugungserscheinungen machen sich beispielsweise beim räumlichen Hören bemerkbar (Siehe nächstes Kapitel).

Im pränatalen Stadium ist das Ohr bereits in der Lage wahrzunehmen und auf diesem Wege Eindrücke aus der Welt einzufangen. Nach nur fünf Monaten im Mutterleib ist das Innenohr eines Ungeborenen in voller Größe ausgebildet und außerdem das einzige Organ, das nach der Geburt nicht mehr wächst.¹⁶

Im Wesentlichen gliedert sich das menschliche Hörorgan in drei Teile: das äußere Ohr, das Mittelohr und das innere Ohr. Durch das Zusammenwirken dieser einzelnen Bereiche, von denen jeder eine spezielle Funktion übernimmt, kann ein Hörerlebnis stattfinden.¹⁷

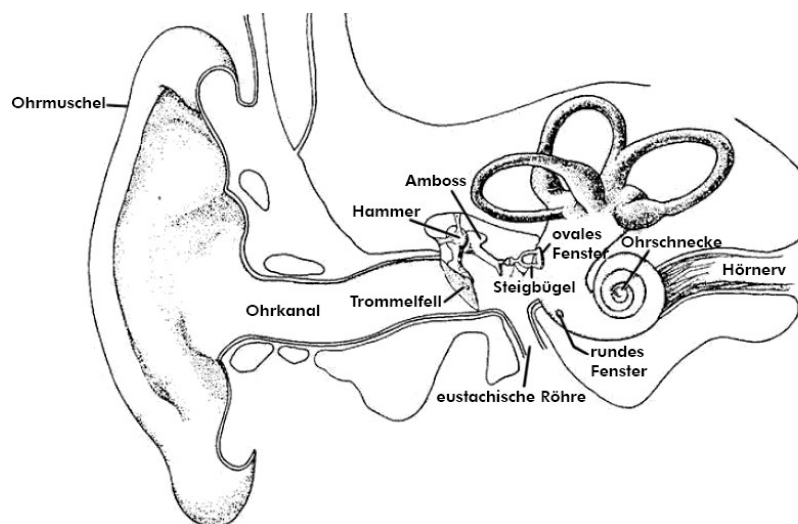


Abb. 1: Aufbau des menschlichen Ohres

¹⁵ Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 425

¹⁶ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 19

¹⁷ Vgl. Grueneisen 2003, S. 52 f

Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel, die ähnlich einem Schalltrichter wirkt, und dem äußeren Gehörgang bzw. Ohrkanal (Abb. 1). Das Trommelfell kennzeichnet die Grenze zum Mittelohr, welches über die eustachische Röhre mit dem Rachenraum verbunden ist, um den Druckausgleich zu ermöglichen. Druckänderungen, die sich unangenehm auf die Schallwahrnehmung auswirken, können u.a. beim Zurücklegen großer Höhenunterschiede innerhalb kurzer Zeit (z.B. beim Fliegen) auftreten. Der Gehörgang bzw. Ohrkanal entspricht in etwa einem sogenannten schallharten Rohr und besitzt, bei einer Länge von ca. 2,5cm, ein Volumen von 1cm^3 . Gelangen Schallwellen von außen in das Ohr, wird das Trommelfell in Vibration versetzt. Diese kleinen Auslenkungen werden in mechanische Schwingungen umgewandelt, die wiederum an die im Mittelohr befindlichen Gehörknöchelchen Hammer (lat. malleus), Amboss (lat. incus) und Steigbügel (lat. stapes) weitergegeben werden.

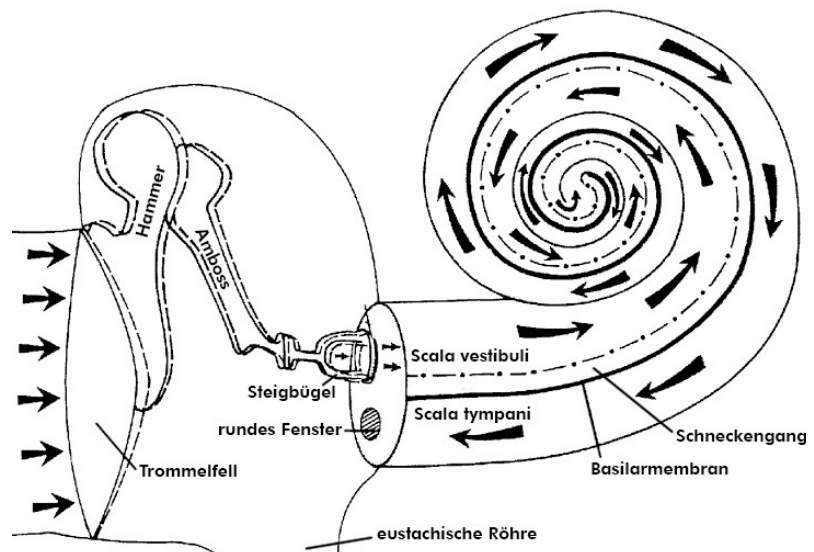


Abb. 2: Aufbau Mittelohr und Ohrschnecke

Die Gehörknöchelchen sind jeweils etwa so groß wie ein Reiskorn. Der Steigbügel regt mit seinen kolbenartigen Bewegungen die Bindegewebehaut des ovalen Fensters und in weiterer Folge die sich dahinter in der Ohrschnecke (lat. cochlea) befindlichen Flüssigkeiten an (Abb. 2).

Die Schnecke, neben der sich auch das Gleichgewichtsorgan befindet, ist rohrartig aufgebaut und in drei Kammern bzw. Schläuche unterteilt. Dieses schlauchförmige System ist etwa 35mm lang und schneckenhausförmig gerollt, worauf der Name bereits schließen lässt. Der mittig liegende Schnecken- gang (lat. ductus cochlearis) ist mit Endolymphe (enthält überwiegend Kaliumionen) gefüllt, während sich in den außen liegenden Gängen (lat. scala vestibuli und scala tympani) Perilymphe (enthält überwiegend Natriumionen) befindet. *„Aufgrund der unterschiedlichen Ionenkonzentration besteht zwischen beiden Flüssigkeiten eine elektrische Spannung, die man als Gleichspannungspotenzial bezeichnet. [...] Dieses Potenzial dient als Batterie für die in den Rezeptoren stattfindenden elektrischen Vorgänge.“*¹⁸

Der Schnecken- gang wird von zwei Membranen begrenzt, eine davon ist die Basilarmembran, auf der sich das cortische Organ befindet. Darin sind die eigentlichen Rezeptoren zu finden, nämlich die inneren und äußeren Haarzellen (insgesamt ca. 15.000), die die Sinnesreize aufnehmen und als elektrische Impulse über den Hörnerv an die jeweiligen Gehirnareale weiterleiten. Gibt es Störungen im Nervensystem, kann dies dazu führen, dass die äußeren Haarzellen permanent angeregt werden. Dieses Phänomen ist landläufig auch als Tinnitus bekannt. *„Hören als das Wiedererkennen von distalen“*¹⁹ *akustischen Reizen beruht somit auf den durch Schallunterschiede erzeugten Reaktionsmustern einer Gruppe von mechanisch gereizten Haarzellen und des im Gehirn erfolgenden Vergleiches des Nervenimpulsmusters mit den gespeicherten Mustern. Diese Verarbeitungsunterschiede erlauben so feine Unterscheidungen, wie die von Personen anhand ihrer Stimmen oder unterschiedlicher Interpretation von Symphonien.“*²⁰

¹⁸ Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 93

¹⁹ distal: (in Bezug auf Körperregionen, Gliedmaßen bzw. Blutgefäße) weiter von der Körpermitte bzw. vom Herzen entfernt liegend (Vgl. Duden, „distal“).

²⁰ Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 124

Je nach Frequenz der aufgenommenen Schallwellen kann unser Ohr mit einer natürlichen Schallschutzfunktion Gehörschäden bis zu einem gewissen Grad entgegenwirken. So werden niedrigere Frequenzen (unter 1kHz) leicht gedämpft und höhere Frequenzen (1-5kHz – entspricht etwa dem Bereich der Sprachfrequenzen) etwas verstärkt. Verantwortlich dafür sind unter anderem die beiden winzigen Muskeln an den Gehörknöchelchen, der Trommelfellspanner und der Steigbügelmuskel, die den Schalldruck regulieren können. Dies geschieht beispielsweise indem der Trommelfellspanner kontrahiert, dadurch das Trommelfell anspannt und es auf diesem Weg widerständiger gegen Schwingungen macht. Mit zunehmendem Alter lässt vor allem die Hörfähigkeit in hohen Frequenzen nach, was u.a. auf Elastizitätsveränderungen des Gewebes zurückzuführen ist. Ist man übermäßig hohem Schalldruck, gegebenenfalls zusätzlich über längere Zeiträume (ungeschützt) ausgesetzt, können die Haarzellen auch in jungen Jahren irreversiblen Schaden nehmen.²¹

Bei einem Hörtest bzw. einer **Audiometrie** wird untersucht, wie gut das Gehör funktioniert. In der hier beschriebenen Untersuchung wird die frequenzabhängige Hörempfindlichkeit überprüft. Für die Durchführung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Zum einen gibt es den sogenannten **Luftleitungstest**. Dazu wird der Patient mit Kopfhörern ausgestattet. In einer Hand hält er einen Knopf, der gedrückt soll, sobald ein Ton wahrgenommen wird. Die beiden Ohren werden separat voneinander getestet. Es werden acht verschiedene Sinustöne in Oktav- bzw. Halboktavschritten aus einem Frequenzbereich zwischen 125 und 8.000Hz abgespielt. Ein Tonsignal wird zunächst von 0 dB ausgehend immer lauter. Etwa alle 3 Sekunden wird die Lautstärke um 5dB erhöht (maximal wird bis 120dB getestet). Je besser das Gehör funktioniert, desto weniger Intensitätssteigerungen werden benötigt, um die Töne wahrnehmen zu können. Die Ergebnisse (Rückmeldungen des Patienten via Knopfdruck) werden in

²¹ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 91 ff; Kalivoda/Steiner 1998, S. 42; Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 190 ff

einem Ton-Audiogramm eingetragen, was eine sogenannte Hörkurve entstehen lässt (Abb. 3). Diese gibt schließlich Auskunft über das subjektive Hörvermögen des Patienten. Liegt die Kurve zwischen 0-15dB spricht man von einem sehr guten Gehör.

Beim sogenannten **Knochenleitungstest** wird ähnlich vorgegangen. Der wesentliche Unterschied zum Luftleitungstest besteht darin, dass der Patient mit Knochenleitungshörern ausgestattet wird, die hinter dem zu testenden Ohr (direkt am Schädelknochen) platziert werden. Diese übertragen die Schallwellen in Form von Vibrationen direkt über die Schädeldecke. Auf diese Weise wird das Mittelohr mit den Gehörknöchelchen umgangen und die Schallinformation gelangt unmittelbar in das Innenohr. Mithilfe dieser Methode können beispielsweise Erkrankungen des Mittelohrs diagnostiziert werden, wenn die Ergebnisse mit jenen aus dem Luftleitungstest verglichen werden. Zusätzlich zu den Knochenleitungshörern wird am nicht zu testenden Ohr über normale Kopfhörer Störschall in Form von Rauschen abgespielt. Dies soll verhindern, dass durch die Übertragung der Vibrationen über die gesamte Schädeldecke an beiden Ohren ein Höreindruck entsteht.²²

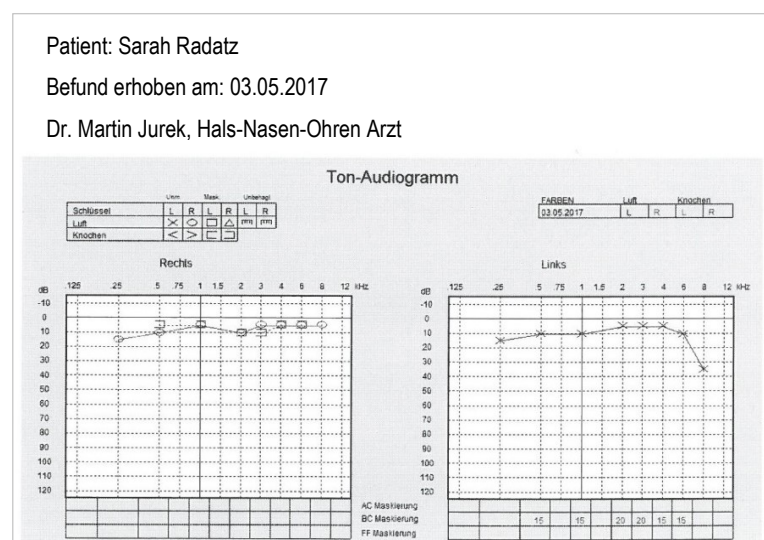


Abb. 3: Audiometriebefund

²² Vgl. Voss Medizintechnik, „Audiometrie kurz erklärt“

Hören, Sehen und Riechen werden auch als externe oder Fern-Sinne bezeichnet. Die sogenannten Nahsinne hingegen umfassen beispielsweise den Tastsinn, das (passive) Berührungsfühlen oder das Schmecken.²³ Die Aufgabe der Fernsinne ist es, die Umgebung nicht nur wahrzunehmen, sondern sie gewissermaßen auch zu überwachen, um gegebenenfalls Aktionen zu veranlassen, die das Überleben sichern. Dazu ist es notwendig, dass bestimmte sensorische Zeugnisse ausgeblendet werden. So nehmen wir beispielsweise viele unserer körpereigenen Geräusche die meiste Zeit über nicht bewusst wahr. *„Das Ohr des Menschen [...] ist darauf ausgerichtet, kleinste Veränderungen in dem es umgebenden Medium, der Luft, zu registrieren.“*²⁴ Dies scheint vor allem auch evolutionsbedingt zu sein, da das Ohr, im Gegensatz zu den Augen, nicht geschlossen werden kann und dadurch ununterbrochen, auch im Schlaf (je nach Schlafphase) bereit ist, Warnsignale zu empfangen.²⁵

Räumliches Hören

Eine Grundvoraussetzung zum räumlichen Hören stellt die Tatsache dar, dass wir über zwei Hörorgane in lokal getrennter Lage verfügen. Das sogenannte binaurale Hören beschreibt das Phänomen, demnach eine Schalllokalisation nur mittels beider Ohren ermöglicht wird. Dies *„gilt erst durch einen Versuch des [...] Physiologen [Ernst Heinrich] Weber [Mitte des 19. Jahrhunderts] als erwiesen. Weber hielt zwei Uhren, die man an ihrem Ticken unterscheiden konnte, an die Ohren. Die Versuchspersonen konnten genau angeben, an welchem Ohr die Uhr tickte.“*²⁶

„Um ein akustisches Ereignis im Raum zu lokalisieren, werden distale auditive Reize relativ zur Horizontalebene (oben-

²³ Vgl. Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 40

²⁴ Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 19

²⁵ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 20

²⁶ Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 44

unten), zur Medianebene (rechts-links) sowie zur Frontalebene (vorne-hinten) analysiert.²⁷ Lord Rayleigh führte in Cambridge im Jahr 1876 ein Experiment durch, bei dem er seine Assistenten, die je eine Stimmgabel erhielten, im Kreis aufstellung nehmen ließ. Er selbst positionierte sich in der Mitte und schloss die Augen. Die Assistenten wurden aufgefordert, einzeln ihre Stimmgabeln anzuschlagen. Rayleigh konnte den Ort bzw. die Richtung, aus der der Ton kam, relativ genau erkennen. Schwierig wurde es bei Tönen, die exakt vor oder hinter ihm erklangen. In diesen Fällen kam es zu Verwechslungen. Entlang der Medianebene ist eine exakte Lokalisation eines Schallereignisses also nicht ohne weiteres möglich. Darüber hinaus stellte er fest, dass sich hohe Töne leichter lokalisieren lassen als tiefe. Aus seinen Erkenntnissen stellte er zwei Theorien auf, die eine Erklärung für die Schalllokalisierung liefern. Erstens ist der Schallpegel, und somit die empfundene Lautstärke, an dem der Schallquelle zugewandten Ohr höher (Interaurale Pegeldifferenz). Zweitens erreicht die Schallwelle das Ohr, welches der Schallquelle zugewandt ist, früher (Interaurale Laufzeitdifferenz).²⁸

Solche Unterschiede, die Laufzeit oder die Amplitude betreffend, können nicht nur zum Lokalisieren des Ausgangspunkts eines Schallereignisses herangezogen werden. Auch beim Wahrnehmen von Richtungsänderungen von Schallquellen finden sie Verwendung.²⁹ Sind Schallquelle und/oder Empfänger (Mensch oder Mikrofon) nicht starr (z.B. ein Einsatzwagen mit eingeschalteter Sirene an einem Menschen vorbei), verändert sich die empfundene Frequenz während der Bewegung. Kommt die Schallquelle näher, erhöht sich die wahrgenommene Frequenz. Bei zunehmender Entfernung wird sie tiefer. Dieses Phänomen wird auch als „Doppler-Effekt“ bezeichnet.³⁰

²⁷ Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 125

²⁸ Vgl. Hellbrück/Ellemerer 2004, S. 44 ff).

²⁹ Vgl. Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 126

³⁰ Vgl. Grueneisen 2003, S. 48



Abb. 4: Kunstkopf Modell Neumann
KU 100

Neben den Laufzeit- und Intensitätsunterschieden trägt ein weiterer Parameter zu unserer räumlichen Orientierung bzw. der Richtungswahrnehmung bei. So machen sich auch Unterschiede im Klangbild (aufgrund spektraler Differenzen) bemerkbar, wenn wir aus einem komplexen Gemisch einzelne Geräusche heraushören. Diese besondere Fähigkeit ist eine Form der selektiven Aufmerksamkeit und wird auch als „Cocktail Party Effekt“ bezeichnet, weil wir uns in einem Stimmengewirr auf Einzelgespräche konzentrieren können. Eine derartige Selektion ist mit üblichen Messgeräten bzw. Mikrofonen nicht ohne weiteres möglich. Dazu werden gezielt standardisierte Kunstkopfmikrofone (Abb. 4) eingesetzt, die nicht nur der menschlichen Kopfform nachempfunden sind, sondern auch tatsächlich nachgebildete, „durchschnittliche“ Ohrmuscheln besitzen. Diese Technologie soll dazu beitragen, immer wieder auftretende Diskrepanzen zwischen gemessenen Daten und von Menschen Gehörtem bei Experimenten oder speziellen Untersuchungen zu verringern.³¹ Dennoch ist dies nicht immer zur Gänze objektivierbar. Denn wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, hängt der Höreindruck jedes einzelnen Menschen auch von den individuellen körperlichen Gegebenheiten (z.B. Form der Ohrmuschel, Kopfgröße, Beschaffenheit und Form des Torsos) ab. Darüber hinaus spielen auch stets psychoakustische Aspekte eine entscheidende Rolle (Siehe nächstes Kapitel).

Echos werden erst dann wahrgenommen, wenn die Zeitunterschiede zwischen Schallereignis und reflektiertem Schall 30 bis 50ms betragen. Ist der Unterschied kleiner, werden der ursprüngliche und der reflektierte Schall als ein einziger Höreindruck empfunden. Allerdings nehmen, etwa in Innenräumen, einige Parameter großen Einfluss auf diesen Eindruck. Räume können je nach ihrer Größe, der Anzahl und Beschaffenheit der darin befindlichen Objekte sehr unterschiedlich klingen. Speziell für Konzertsäle und deren akustische Qualität haben Aspekte der Raumakustik bzw. die

³¹ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 53; Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 131

hörbare Raumcharakteristik hohe Anwendungsrelevanz.³² In der Klassik (1750-1825) wurden erstmals Musikstücke in Hinblick auf eine konkrete Aufführungssituation in einem (bestimmten) Konzertsaal komponiert. Davor wurden Räumlichkeiten auch noch nicht speziell und eigens für solche Zwecke gebaut. Einen zusätzlichen Anstoß für die Entwicklung eigener Konzerthallen gab die Verbreitung des Pianofortes, landläufig auch als Klavier bekannt. Die Lautstärke der Musikinstrumente nahm generell zu, was die Beschallung größerer Publikumsgruppen ermöglichte. Dies wiederum führte zur Einsetzung ganzer Orchester. Es wurde mehr Platz für Aufführungen benötigt. Die ersten Konzertsäle wurden in England Mitte des 18. Jahrhunderts errichtet, etwa die *Hanover Square Rooms* in London. Bereits diese frühen Beispiele weisen eine rechteckige Grundform auf. In Kontinentaleuropa setzte eine ähnliche Entwicklung mit einiger Verspätung ein. Wien war im Laufe des 19. Jahrhunderts zum internationalen kulturellen Zentrum geworden. Künstler und Komponisten aus aller Welt (u.a. Mozart, Beethoven) kamen hier her, um zu studieren und zu arbeiten. Der Redoutensaal der Wiener Hofburg war damals der zentrale Konzertsaal der Stadt und behielt diese Position bis zur Eröffnung des Musikvereinssaals im Jahr 1870 bei. Viele der Konzertsäle, die im späten 18. bzw. im frühen 19. Jahrhundert errichtet wurden, verfügen über eine ausgesprochen gute Raumakustik. Einige davon, wie beispielsweise auch der Wiener Musikvereinssaal, sind vom sogenannten „*shoe box type*“.³³ Dies entspricht einer rechteckigen Grundform mit hohen Wänden.

Am Beispiel des Wiener Musikvereinssaals sähe dies in konkreten Zahlen ausgedrückt folgendermaßen aus: Die 1680 Sitzplätze sind angeordnet auf einer rechteckigen Grundfläche mit den Abmessungen 50,3 x 19,8 Meter und einem schmalen, rundum laufenden Balkon, der von goldenen Karyatiden getragen wird. Die Decke des Saals ist 15 Meter hoch und verfügt über schweres Gebälk mit unzähligen kleinteiligen

³² Vgl. Grueneisen 2003; Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 134; Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 206 f

³³ Long 2014, S. 29

Ornamenten und Stuckverzierungen, die den Schall diffus im Raum verteilen. Hinzu kommen die Reflexionen, die an der Unterseite des Balkons entstehen. Die Fenster liegen relativ hoch, über dem Balkon. Sie lassen zum einen Tageslicht ins Innere des Saals einfallen und zum anderen wirken sie einer Verdichtung tiefer Bassfrequenzen entgegen. Die Nachhallzeit beträgt beim voll besetzten Saal in etwa 2 Sekunden (1,8 Sekunden bei Tönen mit einer Frequenz von 2.000Hz). Die schmale, längliche Grundrissform begünstigt Reflexionen über die Breite des Raums, die den Hörer mit Schall umhüllen.³⁴ *„It is this combination of clarity, strong bass, and long reverberation time that is highly prized in concert halls, but rarely achieved.“*³⁵ (dt. Es ist diese Kombination aus Klarheit, kräftigem Bass und langer Nachhallzeit, die die Akustik in Konzertsälen so ausgezeichnet macht, aber nur selten erreicht wird.) Der Gläserne Saal des Musikvereins in Wien musste speziell gelagert, akustisch „entkoppelt“ werden, um Vibrationen und niederfrequente Dröhn-Geräusche (z.B. verursacht durch den U-Bahn-Verkehr) zu kompensieren.

Psychoakustik

Empfindungen sind von sehr subjektivem Charakter und eigentlich Gegenstand der Psychologie. Um eine Basis für die quantitative Beschreibung von Wahrnehmungen zu entwickeln, wurde Mitte des 19. Jahrhunderts von Gustav Theodor Fechner (1801-1887) die Psychophysik begründet. Man versteht darunter *„die Wissenschaft von den gesetzmäßigen funktionalen Beziehungen zwischen physikalischen Reizen und zugehörigen Empfindungen. [...] Fechner versuchte, ein physisches Maß für das Psychische zu finden [...] Damit legte Fechner den Grundstein für eine naturwissenschaftliche*

³⁴ Vgl. Long 2014, S. 23-33; Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 232

³⁵ Long 2014, S. 32

*Psychologie, die Beobachtung, Messung und Experiment als Methoden einsetzt [...].*³⁶

Ein Teilgebiet der Psychophysik stellt die Psychoakustik dar. Sie untersucht, wie Gehörtes in unserem Gehirn verarbeitet und in weiterer Folge im Gedächtnis gespeichert wird. Dadurch können zukünftige Hörereignisse besser zugeordnet bzw. identifiziert und voneinander unterschieden werden.³⁷ So wie das Hören an sich stets ein Forschungsgegenstand war, an dem ein breit gefächertes Feld an unterschiedlichen Fachbereichen teil hatte, kann auch die Psychoakustik nicht als isolierte Forschungsdisziplin betrachtet werden. Sie ist eng verknüpft mit weiteren Wissenschaftsbereichen, wie etwa der Psychologie, Physiologie, Biologie, Medizin, Physik oder Musik. Sie befasst sich im Wesentlichen mit dem Wahrnehmen und Empfinden von Schall.

Das menschliche Hören funktioniert als ein Zusammenspiel mehrerer Aspekte und Vorgänge, die zeitgleich ablaufen. Zum einen geht es ganz grundlegend um den physiologischen Aufbau des Ohres, zum anderen werden die aufgenommenen Schallinformationen im Gehirn verarbeitet. Aus dieser Interaktion gehen zum Teil auch sehr subjektiv empfundene Hörempfindungen hervor, die von den messbaren Daten durchaus signifikant abweichen können. Dieser komplexe Prozess wird von unterschiedlichen Aspekten beeinflusst, wie beispielsweise Tonhöhe, Tonfarbe (Timbre), Lautstärke oder der Gerichtetheit des Schallereignisses. Nicht nur in Bezug auf die Mittel der Messbarkeit gibt es Divergenzen zwischen den rein physikalischen und den subjektiven Attributen des Schalls. Auch terminologisch wird auf unterschiedliche Bezeichnungen zurückgegriffen. So werden die physikalischen Begriffe Frequenz, Schallpegel und Spektrum synonym mit Tonhöhe, Lautstärke und Timbre/Tonfarbe/Tonqualität verwendet, um Hörempfindungen zu beschreiben. Somit kann man in diesem Zusammenhang die Tonhöhe als das subjektive

³⁶ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 39

³⁷ Vgl. Ansorge/Leder/Kriz 2011, S. 120

Empfinden der Frequenz oder die Lautstärke als subjektives Empfinden des Schallpegels charakterisieren. Das menschliche Hörempfinden wird von zwei Kurven begrenzt. Zum einen gibt es die Hörschwelle, die die kleinsten hörbaren Töne kennzeichnet, zum anderen die Schmerzgrenze, ab der man Töne als schmerzhaft empfindet. Der Schalldruckpegelbereich eines normal hörenden, gesunden Menschen reicht von ungefähr 0 bis 140dB.³⁸

Bei der Betrachtung von Schallspektren in Bezug auf das Verhältnis von Frequenz (gemessen in Hertz, Hz) zu Schalldruck (gemessen in Pascal, Pa) wird erkennbar, dass im Hochtonbereich die Verträglichkeit von Lautstärke einen niedrigeren Schwellenwert erreicht als im Tieftonbereich (Abb. 5).

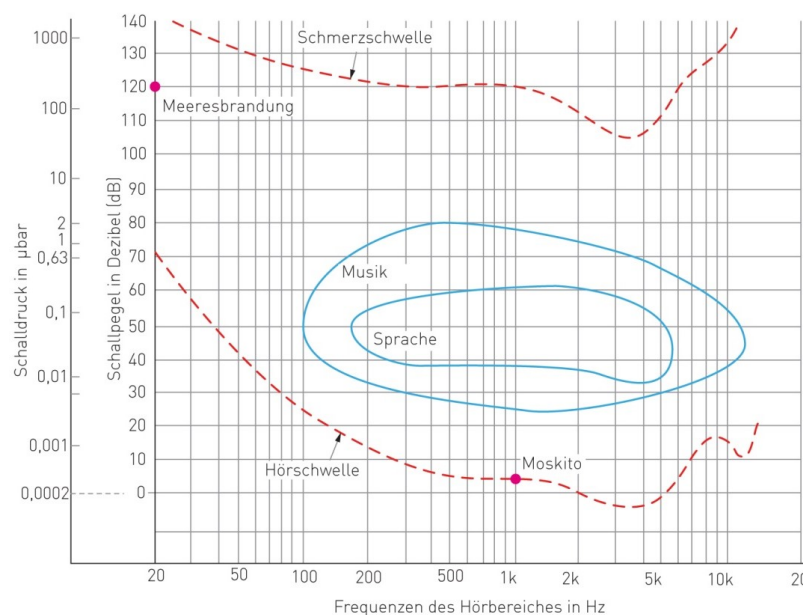


Abb. 5: Schallereignisse im Frequenz/Schalldruck Diagramm

Zum Beispiel das Surren eines Moskitos (Frequenz 1kHz; Schalldruck 20µPa bei einem Abstand von 3 Metern) kann als extreme psychische Belastung empfunden werden. Obwohl es zwar ein vergleichsweise leises Geräusch ist, wird es durch seine hohe Frequenz als sehr schrill und abstoßend wahrgenommen. Zwar werden laute Schallereignisse meist als unan-

³⁸ Vgl. Grueneisen 2003, S. 52 ff; Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 46 ff

genehm und bedrohlich empfunden, dennoch wirkt zum Beispiel das Geräusch der Meeresbrandung (1-16Hz bei 20Pa) beruhigend auf uns. Dieses Phänomen hat allerdings auch damit zu tun, dass entspanntes Atmen in seinem Rhythmus sehr nahe dem der Wellen am Strand kommt.³⁹

Neben dem Atemrhythmus spielt auch der Puls eine wichtige Rolle für unsere auditive Wahrnehmung. Besonders mit Beispielen aus der Musik lässt sich dies gut veranschaulichen. So bestimmte der menschliche Herzschlag lange Zeit und vor allem vor der Erfindung des Metronoms die Tempi in Musikstücken, die sich dadurch für die Hörer mehr oder weniger automatisch angenehm anfühlten. Beethovens *Ode an die Freude* wurde vom Komponisten mit 80 Schlägen pro Minute konzipiert, was ziemlich genau dem durchschnittlichen Ruhepuls eines gesunden Erwachsenen entspricht. Dieser Tempobereich wird in der modernen Musikproduktion häufig für Unterhaltungs- und Hintergrundmusik verwendet und ist, leicht beschleunigt, auch in der Militärmusik ein relevantes Richtmaß.⁴⁰ Dass Beethoven trotz seiner zunehmenden Gehörlosigkeit bis zum Schluss weiterkomponiert hat, ist besonders beeindruckend. Allerdings hat sein Hörverlust seine Arbeit deutlich beeinflusst. So teilten niederländische Forscher seine Streichkonzerte in vier zeitliche Phasen und stellten fest, dass die frühen Werke wesentlich mehr hohe Töne (höher als G6) enthalten als die späteren. Dies dürfte dem Umstand geschuldet sein, dass er tiefe Frequenzen besser bzw. länger hören konnte. Allerdings finden sich auch in den letzten Stücken wieder vermehrt höhere Töne. Auch wenn er sie selbst auditiv nicht mehr wahrnehmen konnte, da er zu diesem Zeitpunkt bereits völlig taub gewesen sein soll, entwickelte er die Musik mit seinem „inneren Ohr“ und mithilfe des Erfahrungsschatzes aus früheren Jahren.⁴¹

³⁹ Vgl. Kaltenbrunner 2012, S. 2

⁴⁰ Vgl. Schafer 2010, S. 368 f

⁴¹ Vgl. BMJ British Medical Journal 2011

„Lärm ist kein physikalisches Phänomen, sondern erst psychische Prozesse können ein Geräusch zu Lärm werden lassen.“⁴² Neben den bereits zum Teil erwähnten akustischen/physikalischen Faktoren, wie Schalldruckpegel oder Frequenz können auch situative (z.B. Ort, Zeitpunkt) oder persönliche (z.B. emotionale, kognitive) Aspekte Einfluss darauf nehmen, ob man ein Geräusch als Lärm empfindet oder nicht.⁴³ In diesem Zusammenhang sei als Beispiel wieder auf das Geräusch eines Moskito verwiesen. Psychoakustiker haben darüber hinaus Schärfe, Rauigkeit, Dauer und Rhythmus als Charakteristika subjektiver Schallwahrnehmung beschrieben. Je nach deren Ausgewogenheit kann die Lästigkeit bzw. der Wohlklang eines Hörereignisses ermittelt werden.⁴⁴ Befindet man sich beispielsweise in einem Ruheabteil im Zug (ein Ort, an dem der Gebrauch von Mobiltelefonen verboten ist und es keine Beschallung per Radio oder TV gibt; ein Ort, der einzig und allein dafür gedacht ist, Stille zu bieten) wird man schnell bemerken, wie empfindlich die Menschen dort auf jegliche Form von Lauten reagieren. Das Rascheln von Papier oder das Öffnen einer Packung Chips, Geräusche die normalerweise nicht einmal gesondert wahrgenommen werden, kann dabei geschwind als Belästigung empfunden werden. *„From this perspective, noise by definition is that sound which occurs where it should not. It finds its way in, to disrupt the particular setting.“⁴⁵* (dt. Aus dieser Sicht ist Lärm ein Geräusch, das genau dort zu hören ist, wo es nicht hörbar sein soll. Es findet seinen Weg, um eine bestimmte Situation zu stören.)

„Da es problematisch ist, auditive Daten auf stummen Buchseiten darzustellen, sind wir genötigt, ganz bestimmte Arten von Visualisierungen und musikalischen Notationen zu verwenden.“⁴⁶ Wie bereits in der Einleitung erwähnt, folgt nun eine dokumentarische Darstellung von eigens durchgeführten

⁴² Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 103

⁴³ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 103

⁴⁴ Vgl. Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 140 ff

⁴⁵ LaBelle 2010, S. 47

⁴⁶ Schafer 2010, S. 43

Audioaufnahmen im Sinne von akustischen Raumuntersuchungen. Diese Ausführungen sollen bestimmte physikalische Phänomene, die für die räumliche Wahrnehmung von Sounds entscheidend sind, unter anderem bildlich dargestellt, anschaulicher bzw. verständlicher machen.

Eigene akustische Raumuntersuchungen Binaurales Hören

„[...] an acoustic [...] system can be characterized by its response to a pulse, such as a click or spark. When a click is produced on stage, with a microphone placed at a choice seat, we can measure the way that the acoustic space changes the click, [...] which completely defines the properties of sound transmission from stage to listener.“⁴⁷ (dt. Akustische Systeme können anhand ihrer Antwort auf einen Impuls, wie beispielsweise einen Click-Ton charakterisiert werden. Wird ein solcher Ton auf einer Bühne erzeugt und ein Mikrofon auf einem bestimmten Sitzplatz platziert, lässt sich messen, inwiefern der akustische Raum den Click beeinflusst. Dies definiert die Eigenschaften der Schallübertragung von der Bühne zum Hörer vollständig.)

Versuchsanordnung

In Anlehnung an akustische Raumvermessungsmethoden wurden am 21.4.2017 in unterschiedlichen Umgebungen (reflexionsarmer Raum und Hallraum des Fachbereichs Akustik und Bauphysik des TGM⁴⁸) Impulstöne aufgenommen. Dabei wurde der grundlegende Versuchsaufbau in beiden Räumen gleich gestaltet.

⁴⁷ Blesser/Salter 2007, S. 239

⁴⁸ Die Staatliche Versuchsanstalt am TGM, zu der auch die Abteilung für Akustik und Bauphysik gehört, wurde als „Probieranstalt für mechanisch-technische Materialprüfung“ im Jahr 1887 gegründet und ist heute u.a. als akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle für die Erstellung von Gutachten und Befunden zuständig (Vgl. TGM, „Die Staatliche Versuchsanstalt“).



Abb. 6: Proband im reflexionsarmen Raum



Abb. 7: QR-Code Rausch-Töne

Der Proband wurde mit einem Original-Kopf-Mikrofon „Soundman OKM II professionell“⁴⁹ ausgestattet, das mit einem Aufnahmegerät „ZOOM H2“⁵⁰ verbunden ist. Der Kopf wurde geradeaus nach vorne ausgerichtet. In der linken, nach unten entlang des Torsos ausgestreckten Hand des Probanden wurde der Lautsprecher „Technaxx Mini MusicMan Wireless Soundstation“⁵¹ positioniert und mit der Membran ebenso nach vorne ausgerichtet (Abb. 6). In dieser Anordnung wurden über den Lautsprecher (Audio-Files auf Mini SD-Karte direkt im Lautsprechergerät) die Rauschtöne abgespielt. Dazu wurde im Programm *Ableton Live* mithilfe des Audio-Plug-Ins *Test-Tone* von *mda*⁵² ein 1/50 Sekunde bzw. 1 Sekunde langer Ton, der aus sogenanntem „Weißen Rauschen“ besteht, digital generiert. Folgender Weblink und der QR-Code in Abb. 7 führen direkt zu einer Playlist auf *Soundcloud*, die die beiden Rauschtöne enthält: <https://soundcloud.com/user-542313906/sets/rausch-tone>

Für die Veranschaulichung der Funktionsweise des binauralen Hörens wurden die beiden Kanäle aus den Aufnahmen mit dem Originalkopf-Mikrofon separat in der Form eines Spektrogramms (im Freeware Programm *Sonic Visualiser*) dargestellt und mit der Unterstützung David Haigners im Rahmen eines Fachgesprächs am 27. April 2017 ausgewertet. Die bereits im Kapitel „Räumliches Hören“ beschriebenen Laufzeit- und Intensitätsunterschiede zwischen linkem und rechtem Ohr bilden eine wesentliche Grundlage für unsere Fähigkeit, Schallquellen zu lokalisieren und uns im Raum zu orientieren.

Weißes Rauschen enthält alle hörbaren Frequenzen in gleichmäßiger Verteilung mit jeweils gleicher Amplitude. Die einzelnen Frequenzen ändern permanent ihre Intensität. Somit ist beim Rauschen zu keinem Zeitpunkt derselbe „Klang“ zu hören. Diese Intensitätsänderungen passieren nämlich so schnell und so chaotisch bzw. zufallsgesteuert, dass sie mit

⁴⁹ Vgl. Soundman, „Produkte“

⁵⁰ Vgl. ZOOM, „H2 Handy Recorder“

⁵¹ Vgl. Technaxx, „Mini MusicMan Wireless Soundstation“

⁵² Vgl. mda smartelectronix, „Test-Tone Generator“

unseren menschlichen Sinnen nicht wahrgenommen werden können. Das Ohr verfügt über keine ausreichend hohe zeitliche Auflösung, um diese vielen Änderungen wahrzunehmen.⁵³ „Das Frequenzspektrum des Weißen Rauschens umfasst das gesamte hörbare Spektrum (20Hz bis 20kHz); es kann aber auch gefiltert werden und umfasst dann nur einen schmalen Frequenzbereich – wobei es dann ‚gestimmt‘ klingen kann, sodass man es fast schon summen oder pfeifen kann.“⁵⁴

In geschlossenen Räumen nehmen die Dimensionen sowie die Absorptionseigenschaften der Materialien von Wänden bzw. der Begrenzungsflächen großen Einfluss auf die Ausbreitung der Schallwellen. Für akustische Messungen werden zwei Arten speziell ausgestatteter Labor- bzw. Messräume verwendet, der reflexionsarme (auch reflexionsfreie oder schalltote) Raum und der Hallraum.⁵⁵

Ein sogenannter **reflexionsarmer Raum** bietet Schallwellen, wie die Bezeichnung bereits vermuten lässt, keine Möglichkeit reflektiert zu werden. Dadurch können sie sich zunächst ungehindert ausbreiten und werden schließlich zur Gänze von Absorbern an den Wänden, der Decke und im Boden aufgenommen. Dazu sind an allen sechs Begrenzungsflächen des kubischen Raums eine Vielzahl von Pyramiden oder abgeschrägten Keilen aus Mineralwolle bzw. hoch absorbierendem Schaumstoff angebracht. Diese sind im Durchschnitt mit etwa 1 Meter Länge bemessen und bewirken, auch durch eine exakte Anordnung und Ausrichtung zur Raummitte, eine möglichst effiziente Schallabsorption (bis zu 99% Absorption bei Frequenzen oberhalb von 150 Hz). Ein Gitterboden ermöglicht das Betreten des Raumes bzw. das Positionieren von Messgeräten, Lautsprechern, Mikrofonen etc. Um tieffrequenten Gebäudeschwingungen entgegenzuwirken, werden reflexionsfreie Messräume zusätzlich auf hydraulischen Dämpfern gelagert. Den idealen schalltoten Raum könnte man sich

⁵³ Vgl. Blesser/Salter 2007, S. 255; Fachgespräch mit David Haigner

⁵⁴ Schafer 2010, S. 229

⁵⁵ Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 460

dementsprechend folgendermaßen vorstellen: ein reflexionsfreier Raum stoßfrei gelagert innerhalb eines größeren reflexionsfreien Raumes. In der Wissenschaft werden schalltote Räume u.a. für akustische Experimente verwendet, bei denen jedes Störgeräusch das Messergebnis empfindlich beeinflussen könnte.

Im Inneren herrscht also absolute Stille. Es fühlt sich beinahe raumlos an. Kaum wo anders kann ein vergleichbares akustisches Umfeld erlebt werden. Stimmen klingen unnatürlich entfernt und dumpf. Jegliches akustische Feedback von Handlungen scheint sofort „verschluckt“ zu werden. Auf einmal kann man Geräusche, wie z.B. das Blut rauschen oder das Herz klopfen hören, die normalerweise nicht wahrnehmbar sind, weil sie von anderen Schalleignissen in unserer Umgebung übertönt werden. Ein eigentümlicher Druck scheint sich auf die Ohren zu legen.⁵⁶

Viele Menschen empfinden den Aufenthalt in einer solchen Atmosphäre als unangenehm bis sogar desorientierend, schwindel- oder übelkeitserregend.⁵⁷ *„Wenn man sich für eine gewisse Zeit in einem ‚schalltoten Raum‘ aufhält, erlebt man in etwa diesen Schrecken: Beim Sprechen scheint der Schall von den Lippen auf den Boden zu tropfen. Man spitzt die Ohren auf der Suche nach Beweisen, dass die Welt noch da ist.“⁵⁸* Reflexionsarme Räume werden vorwiegend zum Kalibrieren von Mikrofonen und Lautsprechern sowie zur Aufnahme von Richtcharakteristiken verwendet.⁵⁹

Ein **Hallraum** stellt (ebenso wie ein reflexionsarmer Raum) eine Laborsituation für akustische Messungen dar. Im Besonderen verfügen Hallräume über eine sehr lange Nachhallzeit, die etwa für Lärmmessungen bzw. die Untersuchungen des Schallabsorptionsgrades bestimmter (akustischer) Materialien (z.B. Baumaterial, Wände, Fenster, Möbelstücke, Absorptionskörper oder Personen) relevant ist. Der Hallraum des *TGM*, in dem die Audioaufnahmen für diese Diplomarbeit

⁵⁶ Dieser Absatz beschreibt mein subjektives Empfinden während des Aufenthalts im reflexionsarmen Raum.

⁵⁷ Vgl. Blesser/Salter 2007, S. 18 f

⁵⁸ Schafer 2010, S. 411

⁵⁹ Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 234, S. 460 f; Fachgespräch mit David Haigner

getätigt wurden, erfüllt die Anforderungen gemäß ISO 354.⁶⁰ Die Innenflächen von Hallräumen sind hart und porenfrei, wodurch ein hohes Maß an Reflexionen bei möglichst geringer Abschwächung der Schallwellen gegeben ist. Nicht-parallele Wände und spezielle im Raum abgehängte Diffusoren (z.B. gewölbte Bleche) verteilen den Schall gleichmäßig. Bei einem Volumen von 200m³ (Raumdimensionen z.B. etwa 6 x 6,7m Grundfläche bei 5m Höhe) entspricht die Nachhallzeit bei einem Ton mit der Frequenz von 1kHz 10 Sekunden.⁶¹

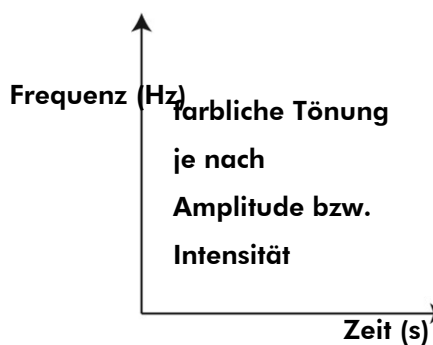


Abb. 8: schematische Darstellung eines Spektrogramms

Spektrogramme sind eine spezielle Form der Darstellung von akustischen Ereignissen und bilden entlang der X-Achse die Zeit, entlang der Y-Achse die Frequenz ab. Farbliche Abstufungen kennzeichnen den jeweiligen Wert der Intensität (= Amplitude; wird als Lautstärke wahrgenommen) zu einem bestimmten Frequenzbereich bzw. Zeitpunkt (Abb. 8). Somit können Spektrogramme mehr oder weniger als drei Dimensionen umfassende Darstellungen gelesen werden. „Um Lauten eine exakte physikalische Beschreibung im Raum zu geben, musste eine Technologie erarbeitet werden, die es ermöglicht, grundsätzliche Parameter anhand genauer, quantitativer Skalen zu erkennen und zu messen. Diese Parameter sind Zeit, Frequenz und Amplitude bzw. Lautstärke.“⁶² „Der Klangspektrograf [...] erfasst alle drei Dimensionen des Schalls, wobei die Lautstärke durch Schattierung dargestellt wird. Klangspektrogramme vermitteln also eine vollständige bildliche Umsetzung des Akustischen.“⁶³ Wird ein Impulston (z.B. 1/50 Sekunde) aus weißem Rauschen in einem Spektrogramm dargestellt, bildet er sich im Idealfall als senkrechte, einfarbige Linie ab. Je mehr Nachhall der Impulston während seiner Aufnahme erzeugt, desto breiter und ausgefranst (entlang der X-Achse) stellt sich seine Abbildung im Spektrogramm dar. Sinustöne werden, je nach ihrer Dauer, als einfarbige, linienartige, waagrechte Gebilde (entlang der

⁶⁰ Vgl. ISO International Organization for Standardization, „ISO 354:2003. Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room“

⁶¹ Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 463 f

⁶² Schafer 2010, S. 214

⁶³ Schafer 2010, S. 217

X-Achse) abgebildet. Geräusche, die viele Frequenzen zu unterschiedlicher Amplitude enthalten und von mehr oder weniger langer Dauer sind, bilden größere und mehrfarbigere Flächen im Spektrogramm aus. Phonetiker können aus solchen Darstellungen sehr differenzierte Informationen (z.B. über die Schallquelle) herauslesen, wobei heterogene Geräusche wie etwa Straßenlärm verhältnismäßig schwierig aufzuschlüsseln sind.

Ein **Originalkopf-Mikrofon** (OKM) ähnelt in seiner formalen Erscheinung einem herkömmlichen Paar Kopfhörer, das etwa bei Smartphones standardmäßig mitgeliefert wird. Man platziert die zwei kleinen Mikros, wie Kopfhörer-Ohrstöpsel, in den Ohren. Damit wird genau das aufgenommen, was der Träger des OKM tatsächlich und räumlich hört. Das Prinzip der OKM lehnt sich an die Methode der sogenannten Kunstkopf-Mikrofone an, bei denen ein nachgebildeter menschlicher Kopf in jedem der beiden Ohren (nachgeformt aus Silikon) mit einem Mikrofon versehen ist (Abb. 4). Dies ermöglicht binaurale Audioaufnahmen, welche wiederum in der Wiedergabe mit Kopfhörern dem räumlichen und natürlichen Hören sehr nahe kommen. Im Unterschied zu Kunstkopf-Mikrofonen wird bei OKM der echte menschliche Kopf verwendet.⁶⁴ Ein Vorteil der OKM gegenüber (starrten) Kunstkopf-Mikrofonen ist, dass jede beliebige Kopfdrehung während des Aufnahmeprozesses gemacht werden kann. Bernhard Leitner verwendete für seine *Kopfräume* beide Technologien. Auf diese Weise konnte er also binaural unterschiedliche Ton-Räume oder Ton-Raum-Fragmente seiner Installationen aufnehmen, die in weiterer Folge bearbeitet und miteinander kombiniert, die unglaublich dynamischen *Kopfräume* ergeben.⁶⁵ Eine genauere Beschreibung der besagten künstlerischen Arbeit Bernhard Leitners findet sich im zweiten Teil der Diplomarbeit.

⁶⁴ Vgl. Soundman „Wissenschaftliche Arbeiten über Soundman Mikrofone

⁶⁵ Vgl. Kiefer 2010, S. 233

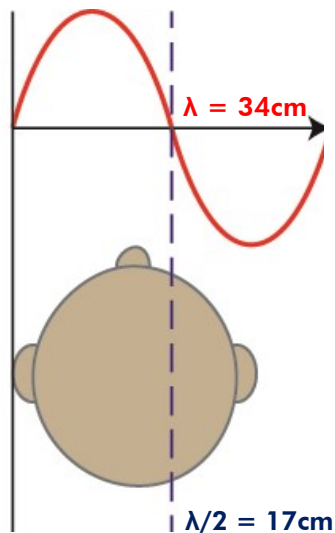


Abb. 9: schematische Darstellung der Dimensionen der Wellenlänge bei 1 kHz im Vergleich zum menschlichen Kopf (Ø 25cm)

Schallbeugung tritt beim räumlichen Hören u.a. dann auf, wenn der Kopf der Ausbreitung der Schallwellen, bei bestimmten Frequenzen, als Hindernis (z.B. zwischen rechtem und linkem Ohr) im Weg steht. Trifft beispielsweise eine Schallwelle mit einer Frequenz von 1 kHz, das entspricht einer Wellenlänge von ca. 34cm ($\lambda = 34\text{cm}$), von rechts auf unseren Kopf, gelangt sie ungehindert in das rechte Ohr. Auf ihrem Weg zum linken Ohr muss sie sich am Hindernis Kopf vorbeibewegen. Sie wird also um den Kopf gebeugt und gelangt dann mit leichter Verzögerung und verändertem Frequenzinhalt (einige Frequenzen werden durch den Prozess der Beugung herausgefiltert) in das linke Ohr. Generell lässt sich sagen, dass diese Auswirkungen von Beugungserscheinungen dann für uns akustisch wahrnehmbar werden, wenn das Schallhindernis größer ist als die halbe Wellenlänge ($\lambda/2$). Am Beispiel des Kopfes und einer Schallwelle von 1 kHz wäre die Beugung also bemerkbar, weil der Kopfdurchmesser eines erwachsenen Menschen im Durchschnitt bei etwa 20-25cm liegt (Abb. 9).⁶⁶

Spektrogramm-Vergleich 1 reflexionsarmer Raum, 1 Sek.

Kurzbeschreibung der Versuchsanordnung

Ein Ton aus digital generiertem Weißen Rauschen mit der Dauer von **1 Sekunde** wurde im **reflexionsarmen Raum** mit OKM aufgenommen. Der Proband nahm dazu etwa in der Raummitte Aufstellung. Die Spektrogramme (Abb. 10 und Abb. 11) zeigen die beiden Kanäle (linkes und rechtes Ohr) in separater Darstellung.

⁶⁶ Vgl. Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 70 f; Fachgespräch mit David Haigner

Erläuterung

Das Spektrogramm in Abb. 10 zeigt in sämtlichen Frequenzbereichen einen intensiveren Farbton als jenes in Abb. 11. Daran lässt sich erkennen, dass die Schallinformation am Empfänger im linken Ohr mit mehr Intensität angekommen ist. An das Mikrofon im rechten Ohr (Abb. 11) gelangen die Töne des Rauschens, aufgrund der Beugung der Schallwellen um den Kopf, mit weniger Intensität. Dieser Unterschied ist rein auditiv nicht wahrnehmbar, lässt sich aber mithilfe der Mikrofone messen. Wäre er hörbar, würde der Impulston rechts leiser und, da einige höhere Frequenzen durch die Beugung herausgefiltert werden, dumpfer klingen. Im Vergleich der beiden Spektrogramme kann man diese feinen Differenzen nachweisen.

Die Grundform der beiden Spektrogramme ergibt sich aus der Aufnahme des 1-sekündigen Rauschens im reflexionsarmen Raum. Es gibt keinen Nachhall, der Ton bildet sich blockartig mit relativ exakten Abgrenzungen entlang der Zeitachse (X-Achse) ab. Die etwas dunkleren Querstreifen deuten auf das generelle Fehlen bestimmter Frequenzbereiche innerhalb des Rauschens hin. Diese befinden sich, dem Spektrogramm zufolge, etwa um 5.000 und 10.000Hz. Der Grund für das Fehlen dieser Bereiche lässt sich darauf zurückführen, dass der in den hier beschriebenen Untersuchungen verwendete Lautsprecher („Technaxx Mini MusicMan Wireless Soundstation“) energetisch zu keiner einheitlichen Frequenzverteilung in der Lage ist. Hohe Frequenzen werden gebündelt und nur in einen Teilbereich des Raumes bzw. nach vorne abgestrahlt.

Der unscharf gezeichnete, ungleichmäßig gefärbte Bereich im unteren Teil der Spektrogramme (45 bis 430Hz) zeigt, dass tieffrequente Schwingungen, vor allem in Großstädten (z.B. Vibrationen bedingt durch U-Bahn- oder Straßenverkehr),

permanent vorhanden sind. Selbst in einem schalltoten Raum lassen sich solche Störfrequenzen nicht gänzlich kompensieren.⁶⁷

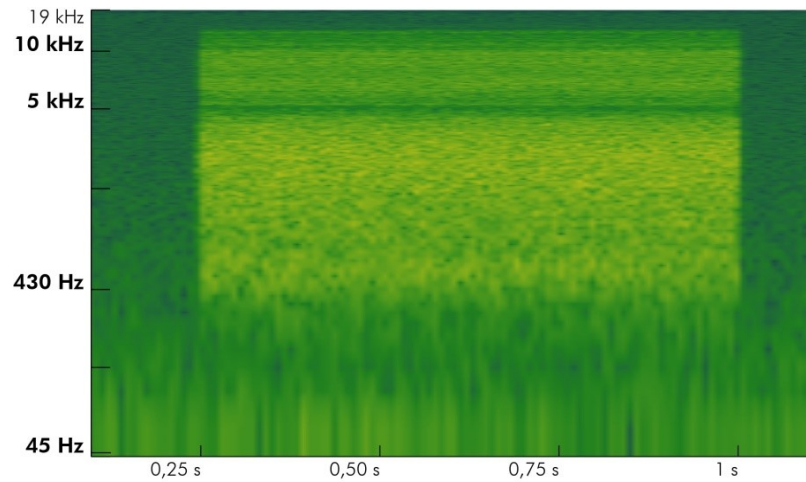


Abb. 10: Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1 Sek. Rauschen, linkes Ohr

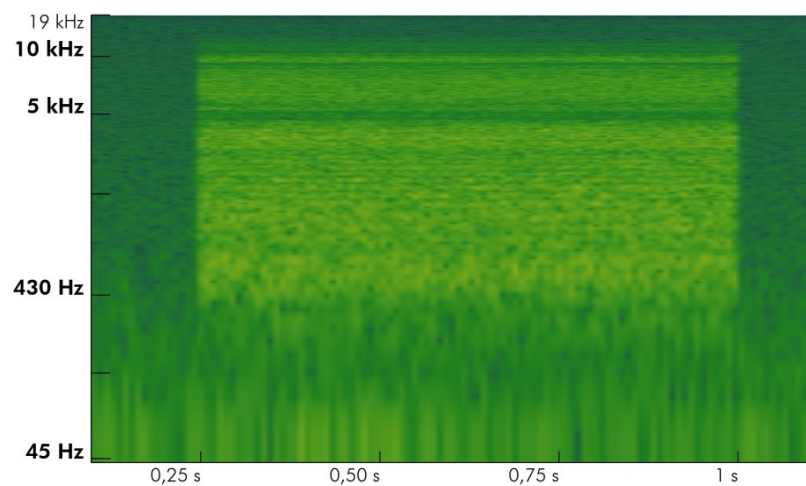


Abb. 11: Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1 Sek. Rauschen, rechtes Ohr

⁶⁷ Vgl. Fachgespräch mit David Haigner

Spektrogramm-Vergleich 2

reflexionsarmer Raum, 1/50 Sek.

Kurzbeschreibung der Versuchsanordnung

Ein Ton aus digital generiertem Weißen Rauschen mit der Dauer von **1/50 Sekunde** (entspricht 20 Millisekunden (ms)) wurde im **reflexionsarmen Raum** mit OKM aufgenommen. Der Proband nahm dazu etwa in der Raummitte Aufstellung. Die Spektrogramme (Abb. 12 und Abb. 13) zeigen die beiden Kanäle (linkes und rechtes Ohr) in separater Darstellung.

Erläuterung

Abb. 12 zeigt die Darstellung der vom Mikrofon im linken Ohr detektierten Schallinformation und lässt kaum einen Unterschied zu jener im rechten Ohr empfangenen (Abb. 13) erkennen.

Anhand der minimal stärkeren Färbung des Spektrogramms in Abb. 12 lässt sich erkennen, dass der Schalleindruck am Empfänger im linken Ohr mehr Intensität aufweist. Der Ton gelangt sozusagen leiser an das Mikrofon im rechten Ohr. Dieser feine Unterschied ist rein auditiv nicht wahrnehmbar.

Das Phänomen der Schallbeugung und dem damit einhergehenden Empfinden, dass der Ton am rechten Ohr dumpfer klingt als am linken, ist in den Abb. 12 und 13 kaum abzulesen. Die Verwendung eines Impulstones (in diesem Fall 20ms), der aus Rauschen besteht, lässt keine exakten Messungen zu, da zu keinem Zeitpunkt wirklich alle Frequenzen mit derselben Intensität vorhanden sind. Zusätzlich enthalten solche kurzen Töne weniger Energie und können deshalb leichter im Raum untergehen.

Für die Veranschaulichung des binauralen Hörens in Form von Spektrogrammen eignet sich im reflexionsarmen Raum

somit die Darstellung des Rauschens mit längerer Dauer (z.B. 1 Sekunde) besser.⁶⁸

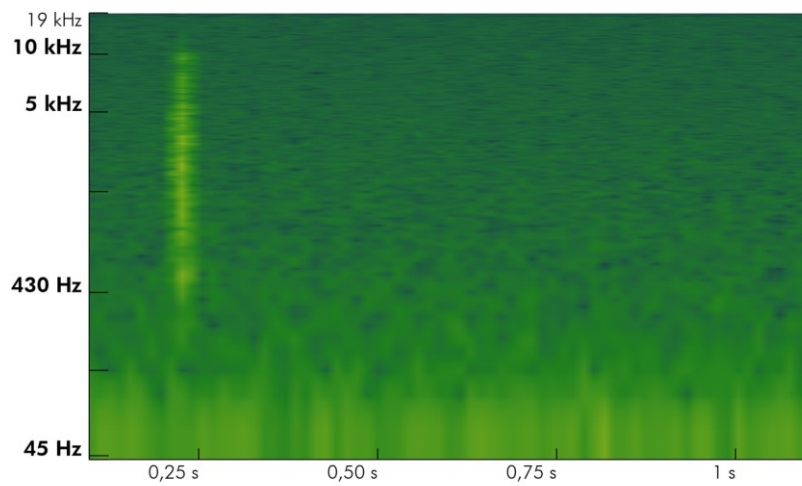


Abb. 12: Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1/50 Sek. Rauschen, linkes Ohr

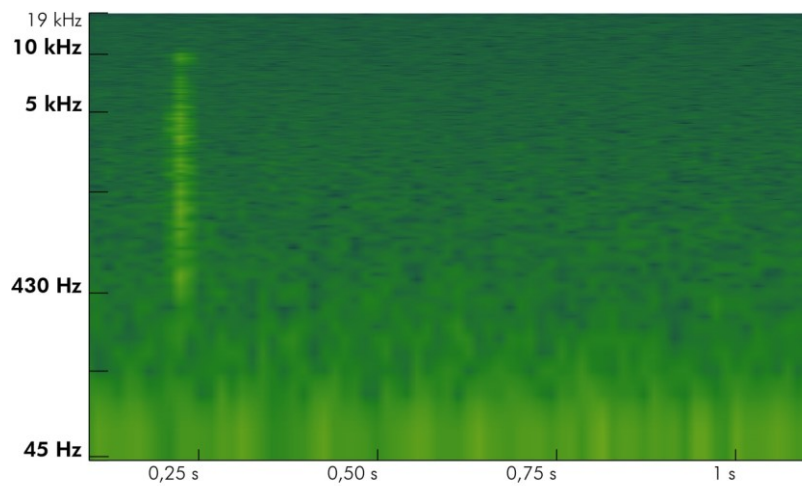


Abb. 13: Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1/50 Sek. Rauschen, rechtes Ohr

⁶⁸ Vgl. Fachgespräch mit David Haigner

Spektrogramm-Vergleich 3

Hallraum, 1 Sek.

Kurzbeschreibung der Versuchsanordnung

Ein Ton aus digital generiertem Weißen Rauschen mit der Dauer von **1 Sekunde** wurde im **Hallraum** mit OKM aufgenommen. Der Proband nahm dazu in der Raummitte Aufstellung. Die Spektrogramme (Abb. 14 und Abb. 15) zeigen die beiden Kanäle (linkes und rechtes Ohr) in separater Darstellung.

Erläuterung

Abb. 14 zeigt die Darstellung der am linken Ohr detektierten Schallinformation und lässt kaum einen Unterschied zu jener im rechten Ohr empfangenen (Abb. 15) erkennen.

Eine leicht akzentuierte senkrechte Linie am Beginn des Spektrogramms in Abb. 14 weist darauf hin, dass der Empfänger im linken Ohr einen klareren und minimal früheren Schalleindruck als jener im rechten erhalten hat.

Die Farbintensitäten sind, ebenso wie die Formen der Nachhallfahnen, in beiden Spektrogrammen so gut wie gleich. Dies liegt in erster Linie daran, dass die vielen Reflexionen im Hallraum bereits unmittelbar nach dem Einsetzen des 1-sekündigen Tones stattfinden (Schall läuft in 3ms ca. 1 Meter; Schallgeschwindigkeit = 343m/s). An beiden Ohren kommen daher sehr ähnliche Schallinformationen (aus allen Richtungen, mit verschwindend geringer Zeitverzögerung) an. Der minimale Unterschied wird durch die vielen Reflexionen sofort „verwaschen“ bzw. diffuser und verschwindet sozusagen innerhalb der ersten 20ms. Deshalb unterscheiden sich die beiden Spektrogramme nur sehr geringfügig voneinander.

Für die Veranschaulichung des binauralen Hörens in Form von Spektrogrammen eignet sich im Hallraum somit die Verwendung von Impulstönen (z.B. 1/50 Sekunde) besser.⁶⁹

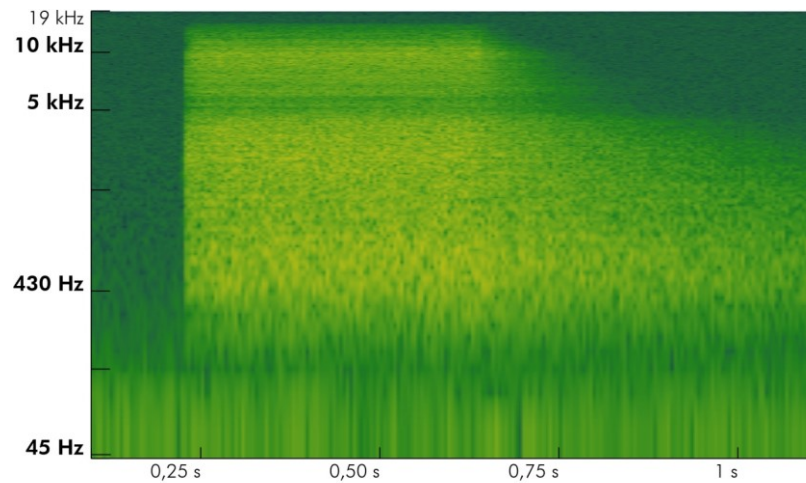


Abb. 14: Spektrogramm Hallraum, 1 Sek. Rauschen, linkes Ohr

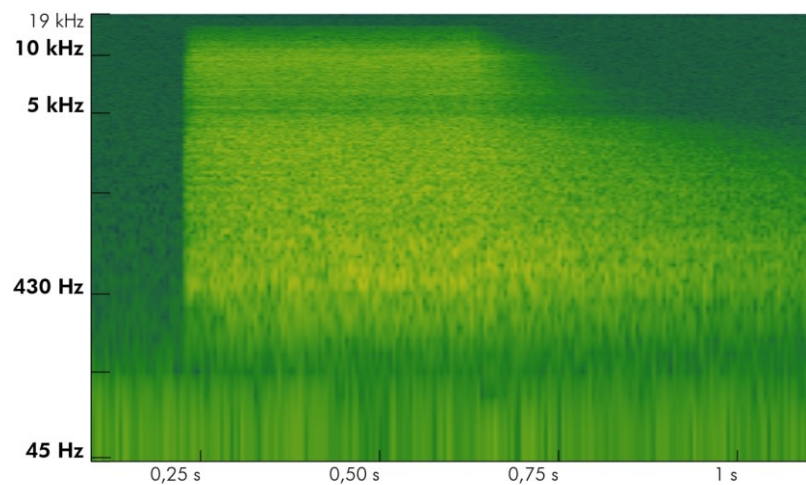


Abb. 15: Spektrogramm Hallraum, 1 Sek. Rauschen, rechtes Ohr

⁶⁹ Vgl. Fachgespräch mit David Haigner

Spektrogramm-Vergleich 4

Hallraum, 1/50 Sek.

Kurzbeschreibung der Versuchsanordnung

Ein Ton aus digital generiertem Weißen Rauschen mit der Dauer von **1/50 Sekunde** (entspricht 20ms) wurde im **Hallraum** mit OKM aufgenommen. Der Proband nahm dazu etwa in der Raummitte Aufstellung. Die Spektrogramme (Abb. 16 und Abb. 17) zeigen die beiden Kanäle (linkes und rechtes Ohr) in separater Darstellung.

Erläuterung

Das Spektrogramm in Abb.16 zeigt eine intensiv gefärbte, senkrechte Linie unmittelbar am Beginn des Tonereignisses. Daran lässt sich erkennen, dass die Schallinformation am Mikrofon im linken Ohr mit mehr Intensität und gleichmäßiger Frequenzverteilung angekommen ist als am rechten. Die Schallwellen des Impulstones (Rauschen mit der Dauer von 20ms) gelangen mit minimaler Verzögerung an das rechte Ohr (Abb. 17). Aufgrund der Schallbeugung um den Kopf, haben sie auch weniger Intensität. Dieser Unterschied lässt sich nur mithilfe der Mikrofone messen und ist anhand des Vergleichs der Spektrogramme erkennbar. Wäre er hörbar, würde der Impulston rechts leiser und, da einige höhere Frequenzen durch die Beugung herausgefiltert werden, dumpfer klingen.

Dazu schreiben Blesser und Salter: *„Demonstrating the existence of physical variability in the reverberation tail does not in itself prove that this variability is audible. [...] Can a listener detect whether two noise samples are identical? That is the key question.“*⁷⁰ (dt. Das Aufzeigen physischer Varianz in der Nachhallfahne bedeutet nicht, dass diese Unterschiede auch hörbar sind. [...] Kann ein Hörender erkennen, ob zwei Rauschtöne identisch sind? Das ist die Schlüsselfrage.)

⁷⁰ Blesser/Salter 2007, S. 270

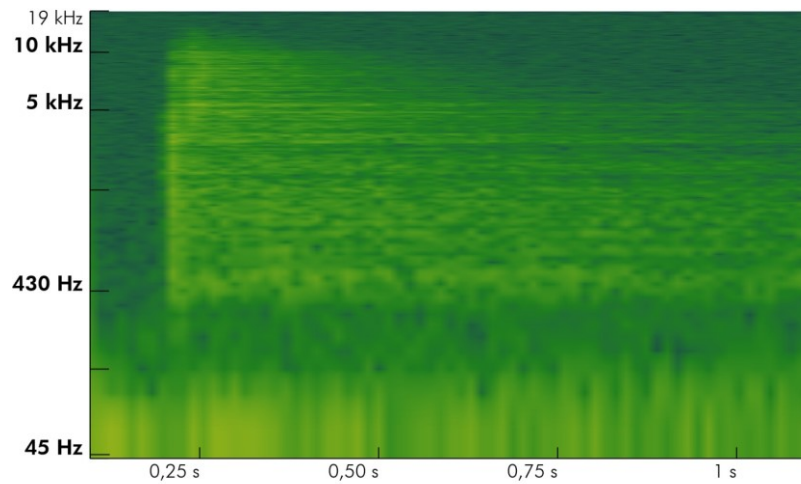


Abb.16: Spektrogramm Hallraum, 1/50 Sek. Rauschen, linkes Ohr

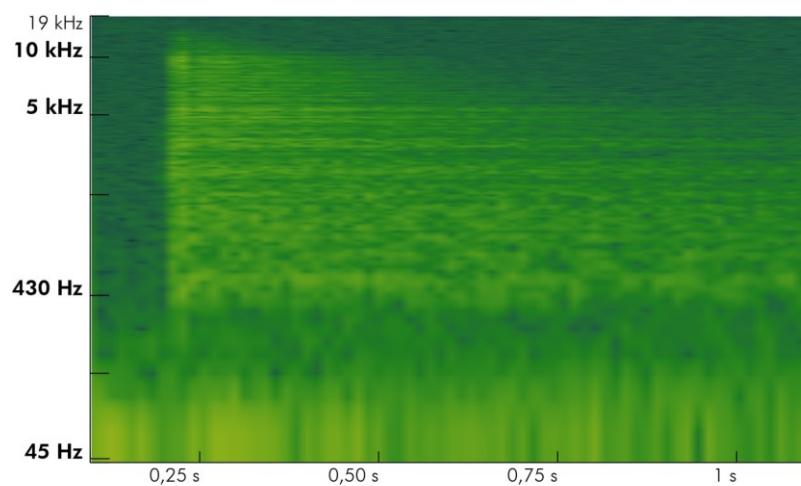


Abb. 17: Spektrogramm Hallraum, 1/50 Sek. Rauschen, rechtes Ohr

Die Grundform der beiden Spektrogramme ergibt sich aus der Aufnahme des Impulstones im Hallraum. Auf die senkrechte, relativ präzise Linie des Impulstones folgen die Reflexionen. Diese bilden sich in der sogenannten Hallfahne, dem „ausgefranst“ Bereich, ab. Arbeitet man mit einem Lautsprecher, der alle Frequenzen in sämtliche Richtungen gleich stark abstrahlt, reflektiert der ideale Hallraum alle Frequenzen gleichmäßig. Für exakte Messungen werden deshalb spezielle, sogenannte omnidirektionale Lautsprecher verwendet. Der in den hier beschriebenen Untersuchungen verwendete

Lautsprecher ist, energetisch zu keiner einheitlichen Verteilung in der Lage. Hohe Frequenzen werden gebündelt und nur in einen Teilbereich des Raumes bzw. nach vorne abgestrahlt. Daher ergeben sich in gewissen Frequenzbereichen (z.B. 5kHz) kürzere Hallfahnen.⁷¹

⁷¹ Vgl. Fachgespräch mit David Haigner

Teil 2

Der zweite Teil der Diplomarbeit widmet sich unterschiedlichen Zugängen zu den Themen Sound und Raum. Zunächst werden einige zentrale Aspekte des *World Soundscape Project* vorgestellt, das in erster Linie eine kulturgeschichtliche Auseinandersetzung mit der akustischen Lebensumgebung des Menschen darstellt. Daran anschließend werden, ausgehend von Bernhard Leitner, ausgewählte künstlerische Zugänge, näher erläutert, die thematisch an Teil 1 anknüpfen und als Grundlage für die Beschreibung einer meiner eigenen künstlerischen Arbeiten dienen.

Das World Soundscape Project – R. Murray Schafer

Weltweit wird in vielen einzelnen (Fach-)Disziplinen der Schallforschung, wie beispielsweise der Psychoakustik, Otologie (Ohrenheilkunde) oder in Bereichen des Lärm- und Schallschutzes, gearbeitet. In gewisser Hinsicht beschäftigen sich all diese Wissenschaftsbereiche mit der Frage, wie die Beziehung zwischen den Menschen und den Sounds ihrer Umgebung beschaffen ist und was passiert, wenn sich diese Geräusche verändern. Die **Soundscape**-Forschung bewegt sich zwischen den Bereichen Wissenschaft, Gesellschaft und Kunst. Sie versucht, die verschiedensten Zugänge zu dieser Thematik zu vereinen.⁷²

In den frühen 1970er Jahren gründete Raymond Murray Schafer in Kanada das von der UNESCO unterstützte und auf Environment (dt. Umwelt, Umgebung) bezogene *World Soundscape Project*. Gemeinsam mit einem Team an Forschern und Studenten hat es sich Schafer zur Aufgabe gemacht, im Rahmen dieser Studie die akustischen Charakteristika von Umgebungen auf der ganzen Welt zu erfassen. Dazu sollten die Sounds von Landschaften, Räumen, Städten etc. aufgenommen und in Hinblick auf ihre Veränderungen über einen gewissen Zeitraum hinweg beobachtet und analysiert werden. Das in diesem Zusammenhang entstandene Archiv umfasst mehrere hundert Aufnahmen. Schafer betrachtet diese Aufzeichnungen als wichtige historische Artefakte, die aufgenommen werden müssen, bevor sie womöglich für immer verschwinden. Als Beispiel für solche bedrohten Laute seien etwa das Klappern von Milchkannen auf einem Pferdewagen oder die Geräusche des Wäschewaschens mit einem Waschbrett genannt.

Der Begriff „Soundscape“ wurde bereits 1969 von Michael Southworth, einem US-amerikanischen Architekten, verwendet. Er beschrieb damit akustische Ereignisse im städtischen

⁷² Vgl. Schafer, S. 110

Raum. Die Wortkreation setzt sich aus den englischen Begriffen „sound“ (dt. Klang) und „landscape“ (dt. Landschaft) zusammen. Dies dürfte Schafer als besonders ansprechende und treffende Kombination empfunden haben. Er definiert den Terminus „Soundscape“ folgendermaßen: *„Die Landschaft mit den Ohren sehen“*.⁷³ Die Soundscape als *„die akustische Hülle, die den Menschen umgibt, im räumlichen wie im klangästhetischen Sinn“*⁷⁴ setzt eine bestimmte Wahrnehmungshaltung voraus. Ein Hören in jede Richtung bzw. ein Rundum-Hören wird gefordert, um die auditiven Reize einer Umgebung möglichst in ihrer Gänze aufnehmen zu können. Der (Zu-)Hörer wird in der Soundscape zum aktiven Teilnehmer bzw. Wahrnehmer.

Schafers Hörmethoden umfassen unter anderem „Soundwalks“ (Klangspaziergänge) oder sogenannte „Fieldrecordings“, bei denen beispielsweise „Hörenswürdigkeiten“ von Orten mit Tongeräten aufgenommen werden. Die Arbeitsweise bewegt sich dabei in einem Feld zwischen künstlerischen und wissenschaftlichen Methoden.⁷⁵

R. Murray Schafer, 1933 geboren, hatte sich ursprünglich vor allem als Komponist und mit seinen musik- und hörpädagogischen Publikationen einen Namen (in Nordamerika) gemacht. Als Hörpädagoge und Hörforscher entwickelte er ein eigenes Konzept, das den Titel **„Ear Cleaning“** (dt. Ohrenreinigung) trägt. Mithilfe von unterschiedlichen Übungen soll das Gehör in gewissem Sinne gelockert und geöffnet werden. Das Ohr wird auf eine feinere und (wieder) kritischere auditive Wahrnehmung trainiert. Die Grundlage bilden bestimmte Konzentrations- und Entspannungsübungen. Eine der Ear Cleaning-Übungen besteht zum Beispiel darin, die Stimme einer anderen Person nachzuahmen. Dazu muss man einerseits sehr genau hinhören und andererseits lernen, die gehörte Information auch wieder in Laute umzusetzen. In einer ande-

⁷³ Schafer 2010, S. 15

⁷⁴ Schafer 2010, S. 10

⁷⁵ Vgl. Schafer 2010, S. 15 ff

ren Übung sollen bestimmte Geräusche (z.B. das Schaufeln von Schnee oder Sand) stimmlich imitiert werden. Auch einen ganzen Tag lang keinen einzigen Laut von sich zu geben bzw. nicht zu sprechen, muss gelernt sein und ist ebenso Teil des Übungskonzepts. Der Grundgedanke des Ear Cleaning besteht in der „*Wertschätzung alles Auditiven diesseits und jenseits der Hör routinen*“ und sollte die Ohren speziell für zeitgenössische und experimentelle Musikformen vorbereiten.⁷⁶ Als Musiklehrer hatte er nämlich immer wieder die Erfahrung gemacht, wie schwer es einer Vielzahl seiner Schüler fiel, über einen längeren Zeitraum aktiv und konzentriert zuzuhören. Dabei schien es außerdem keinen Unterschied zu machen, ob es sich dabei um ein Gespräch oder Musik handelte. Das Gehör sei, bedingt durch eine aus dem Gleichgewicht geratene akustische Umwelt, abgestumpft. Als Beispiel nennt er unter anderem die Situation in einem Klassenzimmer mit langer Nachhallzeit. Der Lehrer sowie die Schüler müssen notwendigerweise die Lautstärke und Kraft ihrer Stimmen erhöhen, um sich überhaupt verständlich machen zu können. Dies treibe in weiterer Folge die Gesamtlautstärke immer mehr nach oben, woraufhin die nicht optimal geregelte Raumakustik zu einem sozialen Problem würde.⁷⁷

So wie in der „**Musique concrète**“⁷⁸ jede Form von Geräusch als Teil einer Komposition gesehen werden kann, finden sich auch im erweiterten Musikverständnis von John Cage einige Parallelen zu den Ideen Schafers. Cage zufolge sei der Begriff Musik auf alles Hörbare auszudehnen. Darüber hinaus ernennt er den Hörer zum Teilnehmer. In dieser Tradition sind neben Raymond Murray Schafer ebenso etwa Christina Kubisch, Bernhard Leitner und Ryoji Ikeda anzusiedeln, deren Arbeiten zum Teil im nächsten Kapitel genauer beschrieben werden. In Schafers Verständnis entsteht Raum durch Wahrnehmung und ist durch den Teilnehmer, konkret den Hörer bzw. Hörenden, auch aktiv gestaltbar. Der Raum samt seiner

⁷⁶ Vgl. Schafer 2010, S. 18, S. 254, S. 340

⁷⁷ Vgl. Schafer 2010, S. 7 ff

⁷⁸ Musique concrète: musikalische Stilrichtung der Avantgarde (Vgl. Wissen Digital „Musique concrète“).

Grenzen ist fließend und ebenso immateriell wie vergänglich bzw. temporär.⁷⁹ „Jede Art von Wald produziert ihren eigenen Grundlaut. Ein alter Nadelwald bildet dunkle Gewölbe, in denen Klang und Geräusche mit ungewöhnlicher Deutlichkeit widerhallen.“⁸⁰ Als ursprünglichste von Lebewesen gestaltete Form der Soundscapes nennt Schafer Territorialrufe. Raum wurde bzw. wird auf akustischem Weg markiert und dies noch lange bevor es Zäune und Grenzlinien gab.

John Cages Werk *4'33' Silence* (dt. 4 Minuten 33 Sekunden Stille) macht die **Stille** bzw. die Laute außerhalb der Komposition zum eigentlich Musikstück. „*Silence for Cage was ‚non-intentional‘ sound drawn out so as to let in what usually lies outside musical experience or expression.*“⁸¹ (dt. Stille bedeutet für Cage nicht bewusst erzeugte Töne/Geräusche, die durch ihre Art der Entstehung all dem Bedeutung geben, was für gewöhnlich außerhalb musikalischer Erfahrung oder Ausdruck liegt.) Er schließt daraus, dass es die ultimative Stille niemals geben könne, weil immer irgendwer oder irgendetwas Laute verursache.⁸² Dazu meint Cage, dass „*alles was ich tue, abgesehen von dem was ich sage, Klang erzeugt.*“⁸³ Die Stille als Teil der akustischen Welt spielt in Schafers Überlegungen insofern eine entscheidende Rolle, da er ihren Wert erkennt und sie in die lange Liste der verschiedenen Gruppen von Lauten(!) aufnimmt. Unter anderem umfasst diese Auflistung natürliche, mechanische oder menschliche Laute und eben auch Stille als eigene Kategorie. Ihr misst Schafer generell einen besonderen Stellenwert zu, da sie in der heutigen Welt kaum mehr existiert. Stille sei in der westlichen Welt, so kritisiert Schafer, zu einem Großteil negativ konnotiert. Eigenschaften, die häufig in Verbindung mit dem Wort „Stille“ gebraucht werden seien beispielsweise bedrückend, dumpf, merkwürdig, düster, ewig, einsam, verzweifelt oder quälend. Das genaue Gegenteil der Geräuschlosigkeit, nämlich

⁷⁹ Vgl. Schafer 2010, S. 24 ff

⁸⁰ Schafer 2010, S. 63

⁸¹ La Belle 2010, S. 54

⁸² Vgl. Cage 1961, S. 191

⁸³ Cage 1961, S. 36

apokalyptischer Lärm, der in der biblischen Erzählung das Ende der Welt signalisiert, sei für uns genauso wenig erfahrbar. *„Für den Menschen ist es ebenso schwierig, sich apokalyptischen Lärm vorzustellen, wie absolute Stille. Beide Erfahrungen existieren für die Lebenden nur theoretisch, denn sie setzen dem Leben selbst Grenzen.“*⁸⁴ *„Der negative Charakter der Stille hat diese zum machtvollsten Stilmittel westlicher Kunst erhoben, in der das Nichts eine ewige Bedrohung des Seins darstellt.“*⁸⁵

Mit den Überlegungen zu seinem *World Soundscape Project* entwickelt Schafer auch die Idee, die Welt gewissermaßen zu „stimmen“. Damit werde nicht das Ersetzen oder das Entfernen bestimmter Laute beabsichtigt. Vielmehr gehe es darum, die existierenden Laute und Töne in ein Gleichgewicht bzw. in optimale Proportionen zu bringen. *„Das [...] ungestaltete akustische Erscheinungsbild der Welt soll so gestimmt werden, dass es nicht nur Wirrarr und Getöse produziert, sondern für Wohlbefinden, Sinnhaftigkeit und anspruchsvolle Ästhetik steht.“*⁸⁶ Seine Gedanken dazu hielt er in seinem Buch *The Tuning of the World* fest. Zunächst charakterisiert Schafer qualitativ unterschiedliche Soundscapes und die darin vorkommenden Arten von Tönen. So beschreibt er erstens den **Grundlaut** als einen Ton, den man nicht immer bewusst wahrnimmt. In der Musik versteht man darunter eine Note, die die Tonart bestimmt und um die herum sich das gesamte Stück aufbaut. Als zweites definiert er **Signale** als Vordergrundgeräusche, die man bewusst hört. Stellt man sich Grundlaut und Signal auf einer visuellen Ebene vor, wären sie mit **Hintergrund** und **Figur** zu vergleichen. Der Grundlaut bildet, wie der Name bereits erahnen lässt, den Grund und gibt der Figur, dem Signal, seine Gestalt. Auf der Grundlage seines Figur-Grund-Vergleichs definiert Schafer unterschiedliche Qualitäten von Soundscapes. So sei eine sogenannte „Hi-Fi“ (high fidelity) Umgebung dadurch gekennzeichnet,

⁸⁴ Schafer 2010, S. 70

⁸⁵ Schafer 2010, S. 412

⁸⁶ Schafer 2010, S. 9

dass ihre akustische Umgebung akustisch transparent sei. Man könne in ihr gewissermaßen perspektivisch hören. Grundlaute und Signale (z.B. Kirchenglocke) überlappen sich nur sehr bedingt und existieren in einem dementsprechend ausgeglichenen Verhältnis, sodass man räumliche Distanzen förmlich hören kann. Dies sei in einer „Lo-Fi“ (low fidelity) Soundscape nicht möglich, weil breitbandiges und ständiges Rauschen (meist maschinell erzeugt, z.B. durch Klimaanlage) sich durchgehend mit einer Vielzahl anderer Laute überlagern und ein „*Hineinhören in die Tiefe des Raumes*“ verunmöglichen.⁸⁷ Hi-Fi-Umgebungen finde man eher in ländlichen Gebieten vor, während Städte und vor allem Großstädte definitiv Charakteristika einer Lo-Fi-Soundscape aufweisen. Die Geburtsstunde der Lo-Fi-Soundscape datiert Schafer mit dem Beginn der Industriellen Revolution. Im Laufe der Geschichte kamen immer wieder neue Laute hinzu, die zu einer übermäßigen Anhäufung von Lauten generell geführt haben.⁸⁸

Der Mensch ist zwar in der Lage, seine Stimme mit einer Lautstärke von bis zu 80 Dezibel zu erheben, jedoch könnte er keinen derart lauten Ton von sich geben, der das Gehör ernsthaft gefährdet oder irreversibel beschädigt. Ebenso wie geometrisch exakt gerade Linien kommen statische Wellen in der Natur nicht vor und existieren erst seit der Industriellen Revolution. Zum Beispiel erzeugen Maschinen mit ihrem kontinuierlichen Dröhnen und Dauerbrummen solche Laute. Dies wiederum sei dem Verlangen nach immer mehr Geschwindigkeit geschuldet, so Schafer. Tatsache ist, dass Impulse, die einander mit einem Tempo von mehr als zwanzig Schlägen in der Minute folgen, akustisch miteinander verschmelzen und nicht mehr als separate Töne wahrgenommen werden können. „*Einstmals einzeln wahrnehmbare Laute waren bereits zu statischen Geräuschlinien verschmolzen, die Geräusche der Maschinen waren zu einem ‚Narkotikum fürs Gehirn‘ (so Bergson) geworden und die Teilnahmslosigkeit*

⁸⁷ Schafer 2010, S. 10

⁸⁸ Vgl. Schafer 2010, S. 91 ff

der Gesellschaft hatte zugenommen.⁸⁹ Ein Problem liege nämlich darin, dass wir gelernt hätten, viele Laute nicht zu beachten oder in unserer bewussten Wahrnehmung auszublenzen. Auf diese Weise entstehe nämlich erst Lärm, so Schafer. Für die oberflächliche Dauerbeschallung, beispielsweise in Fahrstühlen oder Kaufhäusern, hat sich sogar ein eigener Begriff, nämlich „Moozak“ etabliert. Ähnlich bedenklich sei das sogenannte „**akustische Parfüm**“, das immer öfter dort zum Einsatz kommt, wo störende Laute übertönt bzw. maskiert werden sollen. So wird beispielsweise das Surren von Klimaanlage gezielt dazu verwendet, andere Geräusche zu überdecken.⁹⁰ Wie uns solche Dauertöne beeinflussen wird deutlich, wenn man betrachtet, wie sich etwa die Netzfrequenz des Stromnetzes auf unsere Hörgewohnheiten überträgt. Schafer berichtet von Versuchen mit Studenten aus Deutschland, die ihren „Urton“ am häufigsten mit dem Ton Gis' singen. Als **Urton** oder **Eigenton** wird jener Ton bezeichnet, den man in einem entspannten Zustand automatisch summt, den man also als „angenehmste“ Tonlage empfindet. Der Urton nordamerikanischer Studenten lag in den Experimenten etwa bei H'. Dies lässt sich auf die in Europa übliche 50Hz-bzw. in Nordamerika 60Hz-Frequenz im Stromnetz zurückführen. *„Die Elektrische Revolution hat uns auf diese Weise neue Bezugstöne und damit Urtöne gegeben, nach denen nun alle anderen Klänge gestimmt werden. Wie Mobiles, deren Bewegungen von den Schnüren abhängig sind, an denen sie hängen, sind die akustischen Mobiles der Gegenwart von der feinen Tonlinie abhängig, welche die jeweilige Elektrizität hervorbringt.“*⁹¹

Mit seinem Begriff der „**Akustischen Ökologie**“ unterstreicht Schafer die Wichtigkeit des Gleichgewichts zwischen dem Hörer, den Lauten und der Umwelt. Werde nur einer dieser Faktoren verändert, würden gleichzeitig auch die anderen

⁸⁹ Schafer 2010, S. 148

⁹⁰ Vgl. Schafer 2010, S. 175 ff

⁹¹ Schafer 2010, S. 180

beeinflusst. Darin liegt Schafers Lösungsansatz zur Optimierung der akustischen Umwelt begründet.⁹²

Die Sprache, mit der Schafer seine Ideen formuliert, ist zum Teil eine dogmatische. Seine Texte haben durchaus den Charakter von Manifesten. Ein Großteil der Schriften wurde bereits vor dem Computer- und Multimediazeitalter verfasst, was Fragen nach ihrer Aktualität und der Gültigkeit der Thesen aufwirft. Fest steht jedenfalls, dass Schafers Texte und Methoden bereits kurz nach ihrer Veröffentlichung immer wieder kritisiert und sogar als kulturpessimistisch bezeichnet wurden. Er hielt seinen Kritikern stets mit der Überzeugung entgegen, das Hören in erster Linie aus der Ignoranz befreien zu wollen, um damit eine Alternative zum visuell-doktrinären Weltverständnis zu bieten. Dabei sollten keineswegs die anderen Sinne benachteiligt werden, es gehe vielmehr um eine Befreiung der Wahrnehmung.⁹³ Dieser Grundgedanke und das Ziel, die Hörumgebung für die darin lebenden Menschen angenehmer zu gestalten, dürften womöglich nie an Aktualität verlieren.

Where there's sound, there's life.

(dt. Wo Sound ist, ist auch Leben.)

Gordon Hempton, ein US-amerikanischer Künstler, Klangforscher und selbsternannter Soundtracker, hat sich dem Sammeln von Naturgeräuschen im Sinne der akustischen Ökologie verschrieben. Er hat es sich zur Aufgabe gemacht, vor allem diejenigen (natürlichen) Geräusche aufzunehmen, die mehr und mehr von der Zivilisation verdrängt werden. Pro Jahr begibt er sich etwa zwanzig Mal auf Reisen rund um die Welt, um diese Klänge zu finden, sie zu sammeln und zu kon-

⁹² Vgl. Schafer 2010, S. 10 f

⁹³ Vgl. Schafer 2010, S. 23 ff

servieren. Zu Beginn seiner Tätigkeit vor etwa 25 Jahren definierte er zwanzig Plätze im US-Bundesstaat Washington als „silent places“ (dt. leise Orte). Von diesen seien, laut Hempton, inzwischen nur noch drei als solche zu bezeichnen. Bei den Aufnahmen arbeitet er mit einem Kunstkopf-Mikrofon, das er, je nach Wetterlage, mit Windfiltern oder notwendigem Regenschutz ausstattet. Die **binauralen Aufnahmen** lassen einen besonders lebendigen und räumlichen Eindruck entstehen. Es fühlt sich (beim Hören mit geschlossenen Augen) beinahe an, als wäre man vor Ort. Wichtig in diesem Zusammenhang zu erwähnen ist, dass er seine akustischen Aufzeichnungen **niemals editiert**. Es sind rein die Sounds und Klänge zu hören, die mit dem Kunstkopf gemacht werden. Dies sei, so Hempton, für viele Hörer eindrucksvoll aber gewissermaßen ungewohnt. Viele der (scheinbaren) Naturklänge, die wir heute z.B. auf CDs zu hören bekämen, seien nämlich artifiziell erzeugt oder zumindest ausgiebig bearbeitet. In dem Film *„Soundtracker – A Portrait of Gordon Hempton“* beschreibt er beispielsweise, dass für unwissende Hörer sogar Aufnahmen einer Toilettenspülung wie das Rauschen eines Gebirgsbachs klingen könnten. Eine weitaus tragischere Konsequenz dieses weitverbreiteten Bearbeitungs-Wahns von natürlichen Geräuschen stelle für Hempton die Tatsache dar, dass man dadurch die Illusion vermittelt bekomme, dass unser Planet (zumindest an bestimmten Orten) störungsfrei bzw. unberührt sei. Hempton sei es ein Anliegen, mithilfe seiner „Hörlandschaften“ darauf aufmerksam zu machen, dass diese Plätze schützenswert sind und wir uns bewusst machen, dass das gesamte Ökosystem mehr und mehr aus dem Gleichgewicht gerät. Bei seinen eigenen Aufnahmen stellt er immer wieder fest, wie präsent der Mensch bzw. die (vermeintliche) **Zivilisation** auch in den ursprünglichsten Gegenden der Welt ist. So entstehen beispielsweise durch Flugzeuglärm enorme **Störgeräusche**. Ähnlich verhält es sich auch mit Strommasten, deren Omnipräsenz in Amerikas Landschaft Hempton besonders missfällt. *„When you think that a lot of meditation in eastern believes is based on fre-*

*quencies and harmonics and mantras [...] This [das Surren der Strommasten] has by default become the American mantra.*⁹⁴ (dt. Wenn man bedenkt, dass verschiedene Meditationstechniken in östlichen Glaubensrichtungen auf Frequenzen, Harmonien und Mantras beruhen [...] Dies [das Surren der Strommasten] hat sich automatisch zum amerikanischen Mantra entwickelt.) Damit nimmt Hempton unmissverständlich Bezug auf Schafers Theorie, der zufolge die Frequenz des Stromnetzes auditiv maßgeblichen Einfluss auf uns ausübe.

Ein einschneidendes Erlebnis, das Hempton im besagten Dokumentarfilm beschreibt, hatte er bei einem Aufenthalt in den Regenwäldern von Sri Lanka. Als er dabei war, die Laute von Insekten aufzunehmen, überkam ihn wie aus dem Nichts ein unbeschreibliches Gefühl der Angst und Panik. Instinktiv wusste er, dass er flüchten und um sein Leben laufen musste. Nach einiger Zeit hörte er sich die Audios dieses Erlebnisses an und auf einmal konnte er darauf das Knurren eines Leoparden vernehmen. Ein Signal, das er in der realen Situation vor Ort nicht klar deuten konnte, hatte ihm sein Urinstinkt über seine auditive Wahrnehmung rechtzeitig vermittelt und die Alarmglocken schrillen lassen. Hempton schließt unter anderem aus dieser Erfahrung, dass wir vieles über unseren Gehörsinn unterschwellig mitbekommen, ohne es zu bemerken. Wir sollten uns daher bemühen, bewusstes Hören (wieder) zu erlernen bzw. lernen auf unsere Intuition in auditivem Sinne zu vertrauen.⁹⁵

Als ich Gordon Hempton per E-Mail gefragt habe, wie er seine Arbeit in nur einem Satz beschreiben würde, antwortete er folgendes: *"I seek out pristine wilderness places then record those places using a binaural microphone in an effort to share, unedited, the human experience of the Earth's living music, hopefully to inspire others to join me in saving those places from noise pollution and also for us to become a*

⁹⁴ Film „Soundtracker – A Portrait of Gordon Hempton“, Min. 17:55

⁹⁵ Vgl. Film „Soundtracker – A Portrait of Gordon Hempton“, Min. 45:00; Zeit online, „Gordon Hempton – Liebe auf den ersten Klang“

*healthier [...] species.*⁹⁶ (dt. Ich begeben mich in entlegene Wildnis und nehme die Klänge dieser Orte mithilfe binauraler Mikrofonteknik mit dem Ziel auf, die Klänge unbearbeitet als menschliche Erfahrung der natürlichen/lebendigen Musik der Erde weiterzugeben. Damit hoffe ich, andere dazu zu inspirieren sich ebenso dem Schutz dieser Orte vor Lärmverschmutzung zu widmen, um in weiterer Folge uns alle zu einer gesünderen [...] Spezies zu machen.)



Abb. 18: QR-Code Gordon Hempton,
One Square Inch of Silence

Gordon Hempton bietet seine natürlichen Soundcollagen u.a. auf seiner Homepage zum Kauf an. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel stellt dabei *One Square Inch of Silence* dar. Folgender Weblink und der QR-Code in Abb. 18 führen direkt zu einer Hörprobe aus dieser Aufnahme: <http://www.soundtracker.com/products/one-square-inch-silence/>

Der Ort, an dem sich *One Square Inch of Silence* befindet, ist für den Soundtracker ein ganz besonderer. Er liegt im Hoh Valley, einem gemäßigten Regenwald im Olympic Nationalpark im US-Bundesstaat Washington. Der Name „Hoh“ leitet sich von einem dort ansässigen indianischen Stamm ab. An diesem Ort machte Hempton in der Zeit seines Botanik Studiums zunächst Fotos von der außergewöhnlichen Waldlandschaft. Als er die Bilder zu Hause ansah, war er enttäuscht. Den Grund dafür konnte er allerdings erst einige Jahre später ausmachen. Auf den Fotos hatte etwas Entscheidendes gefehlt, nämlich die beeindruckende Klangkulisse. Diese Erkenntnis bildet einen entscheidenden Punkt in seinem Leben und kennzeichnet den Anfang seiner Laufbahn als Sammler von Naturgeräuschen und akustischer Ökologe. Der Titel der Aufnahme *One Square Inch of Silence* bezieht sich im konkreten auf einen Platz mitten in diesem Regenwald, den Hempton mit einem kleinen roten Stein markiert hat. Dort seien nämlich die Geräusche der Zivilisation zur Gänze unhörbar. Er selbst bezeichnet diesen Quadratzoll der Stille als eine „Schutzzone der Ruhe, die ich gegen das Eindringen jedes menschlichen Lärms verteidige. [...] Wir brauchen solch

⁹⁶ E-Mail Gordon Hempton vom 5.5.2017

ruhige Orte, um unseren Planeten wieder besser zu verstehen – und uns selbst. Wenn man in den Vororten und Städten lebt, wie ich es selbst lange getan habe, hält man meist das lauteste für das wichtigste. Das Fernsehen unterstützt das: Wir hören dem zu, der am lautesten spricht. [...] Aber an einem derart stillen Ort wie dem Hoh Valley beginnt man zu begreifen, dass in der Partitur dieser delikaten und zarten Geräusche ein bedeutsames Geschenk liegt.⁹⁷ One Square Inch of Silence könnte man als Inbegriff einer high-fidelity Soundscape in Schafers Verständnis bezeichnen. Unterschiedlich ferne und nahe Geräuschebenen entwickeln sich und überlappen einander immer wieder. Verstärkt wird dieser perspektivische bzw. räumliche Eindruck (besonders beim Anhören mit Kopfhörern) zusätzlich durch die binaurale Aufnahmetechnik.

Am Ende des bereits erwähnten Dokumentarfilms über seine Tätigkeit als Soundtracker deutet Gordon Hempton an, dass er nach und nach, aus ungeklärter Ursache, sein Gehör verliert. Ein berührender Satz, den Gordon Hempton auf seiner Homepage und in seinem Film zitiert, lautet:

„Silence is not the absence of something but the presence of everything.“

Gordon Hempton

(dt. Stille ist nicht die Abwesenheit von etwas, sondern die Existenz von allem.)

⁹⁷ Zeit online, „Gordon Hempton – Liebe auf den ersten Klang“

Künstlerische Arbeiten und Zugänge

Im Laufe der Zeit haben sich viele Künstlerinnen und Künstler mit den Themen Raum und Sound (als Gesamtheit alles Auditiven), deren Verhältnis zum menschlichen Körper und die (Aus-)Wirkungen aufeinander befasst. Um den Rahmen dieser Diplomarbeit nicht zu sprengen, musste ein verhältnismäßig kleiner Auszug an künstlerischen Arbeiten aus diesem Teilbereich gewählt werden. Diese bewusst beschränkte Auswahl möchte keineswegs einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Sie war von persönlichem Interesse motiviert. Ebenso spielte die Möglichkeit zur thematischen Anknüpfung an ein eigenes künstlerisches Projekt eine wesentliche Rolle. *„Könnte nicht der Bezug auf Raum als roter Faden gesehen werden, der Musik, Skulptur und Bildende Kunst solidarisiert? Auf jeden Fall ist der Aspekt des Raumes allem Tönenden gemeinsam. Sei es rein physikalisch, da jeder Schall Raum zur Ausbreitung braucht, sei es bildhauerisch skulptural gedacht, sei es metaphorisch wie in dem Konzept, dass in dem fluiden, sich verflüchtigenden Charakter der Klänge, stets ein Begriff von Ort und Zeit mit definiert ist.“*⁹⁸

In der Literatur wird der Begriff „Sound Art“, der sich im Laufe der 1970er- und 1980er Jahre als Überbegriff für alle künstlerischen Praktiken etabliert hat, die sich mit Sound auch nur im Entferntesten auseinandersetzen, inzwischen sehr vorsichtig eingesetzt. Auch viele Vertreter der sogenannten Sound Art stehen der scheinbaren Notwendigkeit einer Kategorisierung, wie es auch vielen anderen künstlerischen Strömungen erging (z.B. Pop Art, Minimal Art), kritisch gegenüber. So äußert sich etwa Max Neuhaus, einer der Pioniere der Klangkunst in den USA dazu folgendermaßen: *„If there is a valid reason for classifying and naming things in culture, certainly it is for the refinement of distinctions. Aesthetic experience lies in the area of fine distinctions, not the destruction of distinctions for promotion of activities with their least common denominator, in*

⁹⁸ Kiefer 2010, S. 35

*this case sound. Much of what has been called ‚Sound Art‘ has not much to do either with sound or art.*⁹⁹ (dt. Falls es einen triftigen Grund für Klassifizierungen und die Benennung von kulturellen Dingen gibt, sei es, um Unterscheidungen zu verfeinern. Ästhetische Erfahrungen liegen im Bereich feiner Unterscheidungen, nicht der Zerstörung von Unterscheidungen zur Förderung von Handlungen mit ihrem kleinsten möglichen Nenner, in diesem Fall Sound. Vieles von dem, das als Sound Art/Klangkunst bezeichnet wurde, hat sowohl mit Sound/Klang als auch mit Kunst wenig zu tun.) Sowohl eine kategoriale als auch eine *„phänomenale Unbestimmtheit stellt jedoch letztlich [...] die Chance aller ‚Sound Art‘ dar.*¹⁰⁰

Eine Problematik, die in der Literatur über Klangkunst bzw. Sound Art ebenso immer wieder auftaucht, besteht unter anderem im Fehlen eines passenden und zeitgemäßen Vokabulars, um die künstlerischen Arbeiten adäquat zu beschreiben. *„Wie die visuelle Kultur nicht mehr [nur] auf die Malerei rückführbar ist, genauso wenig können diese Geräuschszenarien noch als Musik verstanden werden. Der englische Begriff sound, der als ein Sammelbegriff für Töne, Klänge und Geräusche kein unmittelbares Äquivalent im Deutschen hat, bietet sich allerdings an, hier zumindest den Zusammenhang zu wahren.*¹⁰¹ In vielen Fällen ist es daher dienlicher, den englischen Begriff zu verwenden.

Ursprünglich war jeder Laut ein Unikat. Die vielen technischen Erfindungen und Geräte, über die wir inzwischen verfügen, ermöglichen es, jegliche Art von Klängen aufzunehmen und an so gut wie jedem Ort wiederzugeben. Damit können Töne aus ihrem originalen Zusammenhang in einen völlig anderen überführt werden. Mithilfe computergesteuerter Systeme ist es ein Leichtes, Sound auf die Millisekunde abgestimmt und punktgenau zu steuern bzw. über Lautsprecher im Raum zu verteilen. *„Am Ende des 20. Jahrhunderts [...]*

⁹⁹ Max Neuhaus, „Sound Art?“

¹⁰⁰ Draxler 2009, S. 21

¹⁰¹ Draxler 2009, S. 23

zeigen sich neue, in sich reich differenzierte Kunstformen einer Integration von Raum, Zeit und Klang, die mehr sind als nur ästhetische Innovationen, weil sie an prinzipiellen Fragen des Erkenntnisvermögens rühren.“¹⁰²

„In der Kunst trat, wenn diese sich dem Ethos der Moderne verpflichtet sah, ein Unsichtbares auf, das seinen angestammten Ort nicht in einer transzendenten Region, sondern in der Immanenz hatte, auf dem Niveau einer subliminalen¹⁰³, die Grobheit der Sinne bloßstellenden, von Geist durchflossenen Materie. Zum Habitus dieser Moderne gehört nicht nur die Visualisierungsbewegung, also die Aufzeichnung dieses ‚Unsichtbaren‘ in Bildern und ‚Bild gebenden‘ Verfahren, sondern natürlich auch die Erfassung derjenigen Welle oder Frequenz, die Ton oder Klang ist. In dieser Logik der ästhetischen Vergegenständlichung der Moderne, die sich in einer Drift in Richtung auf einen quantenphysikalischen Realismus hin befindet, ist das Werk von Bernhard Leitner situiert.“¹⁰⁴

Zunächst soll in diesem Zusammenhang ein Blick auf das künstlerische Schaffen Bernhard Leitners anhand einiger seiner Arbeiten geworfen werden. Er bildet sozusagen das Zentrum dieses Abschnitts. Daran anschließend werden ähnliche bzw. konträre künstlerische Zugänge vorgestellt und diskutiert.

Die Beschreibung persönlich gemachter Erfahrungen und die subjektive Wahrnehmung während des Erlebens einiger dieser künstlerischer Arbeiten sind nach links außen gerückt und sowohl in einem anderen Farbton als auch in einem anderen **Schriftstil** gehalten.

¹⁰² de la Motte-Haber 1998, S. 213

¹⁰³ subliminal: unterschwellig (Vgl. Duden, „subliminal“).

¹⁰⁴ Samsonow 2008, S. 11-12

Bernhard Leitner – Ton-Raum-Architektur

Bernhard Leitner lehnt es tunlichst ab, den Begriff „Klang“ in Verbindung mit seiner künstlerischen Arbeit zu nennen. Der geeignetere Ausdruck ist „Ton“, der genaueste „Sound“. Es geht um die Gesamtheit alles Auditiven. Das Wort „Klang“ soll nicht fälschlicherweise als tradiertes musikalisches Muster verstanden werden. Dennoch wurde diese Bezeichnung im folgenden Kapitel aus Gründen der besseren Lesbarkeit einige Male verwendet.

Bernhard Leitner ist ein österreichischer Künstler und Architekt. Geboren 1938 in Feldkirch studierte er an der Technischen Hochschule in Wien Architektur und beschäftigte sich sehr früh und nach seiner Übersiedelung nach New York Ende der 1960er Jahre konkreter mit der Idee, Raum in Beziehung zu Ton, Körper und Bewegung zu setzen. Er setzte sich intensiv sowohl mit klassischer als auch moderner Musik auseinander und interessierte sich parallel dazu auch für Ballett und zeitgenössischen Tanz. In diesem Zusammenhang übte vor allem das Verhältnis von Körpern und der Bewegung zum Raum, sprich der sich stetig verändernde Raum zwischen Tänzern, einen Reiz auf ihn aus. Er verfolgte Ideen des Choreografierens bzw. Erfindens von Räumen, die sich aus Klang formen und definierte schließlich **Ton als skulpturales Baumaterial**. Darüber hinaus hatten die technischen Mittel bzw. Instrumentarien (speziell der elektroakustischen Musik) der Kunst des 20. Jahrhunderts, sowie die Licht- und Bewegungskunst Leitners Interesse geweckt. Innerhalb von etwa zehn Jahren experimentellem, **praktisch-empirischem Research** in seinem New Yorker Studio untersuchte er unterschiedlichste räumliche Anordnungen und Wirkungen von Klängen auf den menschlichen Körper. *„Bernhard Leitner gehört zu den Ausnahmeerscheinungen in der Gegenwartskunst Österreichs. Er kommt von der Architektur her, geht jedoch seit den 1960er Jahren konsequent den Weg eines bildenden Künstlers und*

*arbeitet dabei mit Ton, dem Medium des Musikers.*¹⁰⁵ Dieser interdisziplinäre Ansatz sollte sich zu seinem Spezialgebiet entwickeln, der sich auch in seiner Lehrtätigkeit, etwa am Institut für Medienkunst in der Klasse für Medienübergreifende Kunst an der Universität für angewandte Kunst Wien (in den Jahren 1987-2005), abzeichnete. Auch die Beteiligung an einer Vielzahl an internationalen Ausstellungen und Auszeichnungen mit renommierten Preisen (u.a. Ehrenpreis des Deutschen Klangkunst-Preises, Österreichischer Kunstpreis für Video- und Medienkunst) seien an dieser Stelle erwähnt.¹⁰⁶

Auf die Frage, wie seine Arbeiten generell zu bezeichnen seien, gibt Bernhard Leitner folgende Begriffe als Antwort: Ton-Raum-Skulpturen, Ton-Raum-Installationen, Klang-Architektur oder Ton-Raum-Objekte. Er selbst verwendet ganz allgemein den Ausdruck **Ton-Raum-Arbeiten**, *„weil sie essentiell mit Raum, dem Erleben von Raum zu tun haben, mit Raum, der aus Ton, aus Klang gestaltet und geformt wird.“*¹⁰⁷ Mit genau diesem Satz bringt Bernhard Leitner seinen künstlerischen Zugang zu Sound und Raum auf den Punkt. Immer wieder betont er in Texten und Interviews, worauf es ihm in seinen Auseinandersetzungen mit der Thematik ankommt. Er bewegt sich mit seinen Arbeiten in einem Grenzbereich zwischen Architektur und Musik im herkömmlichen Sinne.

Unser Gehirn, besonders in der westlichen Kultur, ist darauf trainiert, Klänge als Musik zu interpretieren. *„Das wollt’ ich nicht. Deswegen hab’ ich auch sehr einfaches Material verwendet. Also keine Melodien oder keine rhythmisch komplizierten Tonsequenzen, sondern gestrichene Töne, mit Cello aufgenommen oder mit Horn geblasen oder einfache perkussive Sequenzen. Um sozusagen das Hören der räumlichen Erfahrung, dem Gehirn klarzumachen, dass es nicht um ein musikalisches Ereignis geht. Und da wurde es ziemlich schnell klar, [...] dass ich eben nicht nur mit den Ohren höre, son-*

¹⁰⁵ Dankl 2008, S. 7

¹⁰⁶ Vgl. Leitner 1998, S. 7 ff; Meighörner 2008, S. 5, S. 94

¹⁰⁷ Leitner 1998, S. 7

dern dass ich mit dem ganzen Körper höre und dass es durchaus möglich ist, einen Klang, der unter meinen Sohlen durchpendelt sozusagen auch mit den Sohlen akustisch zu empfinden und zu hören. [...] Wenn er [der Ton] über den Kopf drübergeht als Wölbung, als eine immaterielle Tonwölbung, dann hört eben die Schädeldecke mit.“¹⁰⁸

Ton in seinem Wortsinn der mineralischen Modelliermasse als keramischer Werkstoff kommt Leitner in seinen Überlegungen zu akustischem Ton nicht gerade ungelegen. Für ihn hat Ton, unabhängig von seiner konkreten Wortdefinition, plastische Eigenschaften.

Ton-Räume sind unsichtbare, mehr oder weniger immaterielle Architektur. Durch die Verwendung von Ton als bildnerisches und skulpturales Gestaltungsmittel werden die Grenzen des Raumes neu bzw. völlig anders definiert als im klassischen Raumbegriff. Ton geht nicht nur um, unter oder über den Körper, sondern auch durch ihn hindurch! Der Körper wurde in diesem Zusammenhang wichtig(er) für Leitner und es entstanden die frühen körperbezogenen Tonraumsulpturen (z.B. Tonliege, Tonanzug).¹⁰⁹

Seine Arbeiten bezeichnet er selbst auch als Instrumente, mit denen schließlich Klangräume komponiert und gestaltet werden. Wichtig sei dabei die Mitwirkung und Mitbestimmung der Menschen, die seine Skulpturen und Objekte hören bzw. erleben. Leitner sieht also in den Rezipienten seiner Werke keineswegs passive Betrachter, sondern sieht die Arbeiten erst durch die **Partizipation** vervollständigt. *„Raum ist für Leitner kein leeres Gehäuse, sondern ein in seinen Beziehungen zu menschlichen Bewegungen, Handlungen, zum Gehen oder Sitzen, zum Ruhen und konzentrierten Spüren gestalteter Ort. Insofern ist das Thema seiner Arbeit nicht der Raum, sondern der Mensch im Raum.“¹¹⁰*

¹⁰⁸ Künstlerporträt „Bernhard Leitner. Ton – Raum – Skulptur“, Min. 6:17 bis Min. 7:35

¹⁰⁹ Vgl. Künstlerporträt „Bernhard Leitner. Ton – Raum – Skulptur“, ab Min. 7:53; Dankl 2008, S. 8

¹¹⁰ de la Motte-Haber 1998, S. 215

Alvin Lucier, ein amerikanischer Komponist und Klangkünstler, gilt als ein Pionier der experimentellen Musik in den USA. Er ist einer der frühesten Vertreter der elektronischen Livemusik und widmet sich in seinen künstlerischen Projekten klanglichen Phänomenen wie Echos, Interferenzen und Resonanzen.¹¹¹ Lucier entwickelte 1969 mit seiner Arbeit *I am sitting in a room* eine subversive Interpretation des Raumes als unmittelbares Instrument. Der von Lucier selbst gesprochene Satz beschreibt in völlig klar formulierten Worten, was in weiterer Folge passieren wird und worauf die Arbeit abzielt: *"I am sitting in a room different from the one you are in now. I am recording the sound of my speaking voice and I am going to play it back into the room again and again until the resonant frequencies of the room reinforce themselves so that any semblance of my speech, with perhaps the exception of rhythm, is destroyed. What you will hear, then, are the natural resonant frequencies of the room articulated by speech. I regard this activity not so much as a demonstration of a physical fact, but, more as a way to smooth out any irregularities my speech might have."*¹¹² (dt. Ich sitze in einem Raum, der anders ist als der, in dem du dich jetzt befindest. Ich nehme den Klang meiner Sprechstimme auf und werde ihn immer wieder im Raum abspielen, bis die nachhallenden Frequenzen sich verstärken, so dass das Erscheinungsbild meiner Stimme, möglicherweise mit der Ausnahme des Rhythmus, zerstört ist. Dann wird man die **Resonanzfrequenzen des Raumes** hören, die durch die Sprache angeregt werden. Ich betrachte diese Handlung nicht so sehr als Demonstration einer physikalischen Gegebenheit, sondern eher als eine Möglichkeit, alle etwaigen Unregelmäßigkeiten meiner Stimme zu glätten.) Folgender Weblink und der QR-Code in Abb. 19 führen direkt zu einer ca. 45-minütigen Version von *I am sitting in a room*: <https://soundcloud.com/user-542313906/alvin-lucier-i-am-sitting-in-a-room>



Abb. 19: QR-Code Alvin Lucier,
I am sitting in a room

¹¹¹ Vgl. Berliner Festspiele, „Film & Gespräch Alvin Lucier“

¹¹² Vgl. Alvin Lucier, „I am sitting in a room“

Während der gesprochene Satz immer wieder im Raum abgespielt wird, wird parallel dazu aufgenommen. Durch die permanente Rückkoppelung und die entstehenden Resonanzen wird der zunächst deutlich artikulierte Satz in ein (unverständliches) Gemisch aus Tönen und Klängen transformiert.¹¹³ Die Wahrnehmung verändert sich, je mehr das Stück voranschreitet. Kognitives Zuhören geht über in eine Form des musikalischen Hörens bis schließlich nur noch einzelne Resonanzfrequenzen zu vernehmen sind. Je weiter die Wiederholungsschleife des gesprochenen Satzes voranschreitet, desto deutlicher werden diese von Raum „unterstützten“ bzw. verstärkten Frequenzen hörbar, während die anderen mehr und mehr abgeschwächt und schließlich ausgelöscht werden. Der Raum agiert als Filter. Die Resonanzfrequenzen sind von Raum zu Raum unterschiedlich (u.a. von den Dimensionen und der materiellen Beschaffenheit der Wände beeinflusst) und entsprechen in gewisser Hinsicht den unterschiedlichen Obertönen einzelner Musikinstrumente.¹¹⁴

*„Ton-Räume sind Zeit-Räume: Raum, mit einem Beginn und einem Ende, ist eine Folge von Räumen.“*¹¹⁵ Die zeitliche Komponente in Bezug auf Leitners Ton-Räume spiegelt sich auch in deren Rezeption wider. Wie im ersten Teil der Diplomarbeit genauer erklärt wurde, ist das räumliche Hörvermögen unter anderem durch die hohe zeitliche Auflösung des menschlichen Gehörs bedingt. Das heißt, man kann räumlich hören, weil zeitlich versetzte Schallwellen (z.B. in Form von Nachhall) zurück ans bzw. ins Ohr treffen. Ton-Räume sind darüber hinaus auch als Zeit-Räume zu verstehen, da der Ton, der die Klangflächen entstehen lässt, ab einem bestimmten Zeitpunkt wahrnehmbar wird und sich der vom Ton erzeugte Raum erst nach und nach aufbaut, formt, verändert und gleichzeitig wieder vergeht. Auch die visuelle Wahrnehmung von Raum ist immer nur Stück für Stück, Blick für Blick möglich. Diese Form des Abtastens mit den Augen ist

¹¹³ Vgl. Kiefer 2010, S. 133

¹¹⁴ Vgl. Lucier 1995, S. 430-438

¹¹⁵ Leitner 1998, S. 23

somit ebenso als ein in der Zeit ablaufender Prozess definiert. „Während Architektur grundsätzlich statisch ist, [...] ist Ton-Architektur wesentlich ein Ereignis der Zeit. Raum wird in der Zeit entwickelt.“¹¹⁶

Leitners Ideen unterliegen keinem festgelegten geometrischen Maßstab. Einerseits entwickelt er körpernahe Ton-Raum-Objekte, andererseits auch große architektonische Installationen. Die unterschiedlichen Formen des Auftreffens der Schallwellen auf den Körper hat Leitner zum Teil in eigenen Werkreihen differenziert.¹¹⁷ Die im Folgenden angeführten Arbeiten sind nach der Distanz ihrer Ton-Räume zum Körper des Rezipienten gereiht. Zunächst werden die *Kopfräume*, eine körperimmanente Sounderfahrung, beschrieben. Der *Tonanzug* bildet den Ton-Raum im unmittelbaren Nahverhältnis zum Körper aus, während sich die akustischen Linien und Flächen im *Ton-Würfel* bzw. *Soundcube* auch in verhältnismäßig größerer Entfernung zum Menschen entwickeln können.

Kopfräume – Headscapes, 1986-2002

Diese Arbeit ist eine der wenigen von Bernhard Leitner, die man zeit- und ortsungebunden erleben kann. Alles was man dazu benötigt sind Kopfhörer. Nahezu alle anderen Installationen im öffentlichen Raum sind zum jetzigen Zeitpunkt leider nicht (mehr) in Betrieb. Daher war dies auch die erste, die ich im Zuge der Recherchen real bzw. am eigenen Körper erfahren konnte.

Bei Leitners Klang-Architekturen handelt es sich, neben raumgreifenden Sound-Installationen, unter anderem auch um akustische Körper-Innenräume. Ein Beispiel dafür findet sich in seiner Arbeit *Kopfräume – Headscapes*. Der Kopf des Hörenden fungiert als Aufführungsort bzw. als Ton-Raum, in dem sich dynamische Klang-Gebilde formen und wieder ver-

¹¹⁶ Leitner 1971, S. 38 f

¹¹⁷ Vgl. Samsonow 2008, S. 12

gehen. Es geht um die sinnliche Hörempfindung des „Sich-selbst-im-Körper-Hörens“ bzw. um ein „Sich-selbst-im-Kopf-Beobachten“.¹¹⁸ Die 16 eigens und ausschließlich für das Erleben über Kopfhörer konzipierten Arrangements sind als Audio-CD im Verlag Hatje Cantz erschienen und umfassen Kopfraum-Kompositionen aus den Jahren 1986 bis 2002. Einzelne Stücke sollten, laut Leitners Empfehlung mit jeweils unterschiedlichen Lautstärkeinstellungen anhört werden. Im CD-Booklet wird für die Nummern 7 und 13 „*besonders leise*“, für 4, 8, 9 und 15 „*kräftig*“¹¹⁹ nahe gelegt. Unter anderem wird im Zuge der Rezeption das Phänomen der sogenannten „**Im-Kopf-Lokalisiertheit**“ thematisiert. Dabei wird der Schall im Kopf mehr oder weniger verschoben, immer wieder in die Nähe des Ohres, an dem der Schall früher ankommen würde.¹²⁰ Somit handelt es sich zwar nicht um tatsächlich räumliches Hören im gewöhnlichen Sinn, jedoch wird während der Wiedergabe ein Raum innerhalb des eigenen Kopfes spürbar, wie man es sich davor nicht vorzustellen gewagt hätte. Die Im-Kopf-Lokalisierung ist wissenschaftlich (noch) nicht zur Gänze erklärbar und hat alleine deshalb etwas sehr Faszinierendes an sich. Bary Blesser und Linda-Ruth Salter haben dazu folgende Theorie: Wir sind es gewohnt, Schallquellen mithilfe der Laufzeitdifferenzen zwischen dem linken und rechten Ohr in unserer Umgebung zu orten. Sitzen die Schallquellen nun bei der Verwendung von Kopfhörern direkt an bzw. in den Ohren gerät die Lokalisierungsfunktion aus dem Konzept. „*Recording engineers can take advantage of the two loudspeakers in a stereophonic presentation to create distributed sound sources [...] The human brain simply does not understand the isolation of the right from the left ear. How could a violin be heard only by one ear? If a violin existed in the external world, the right ear would also hear it.*“¹²¹ (dt. Toningenieure können die Vorteile stereophoner Aufnahmen bzw. Präsentationsmöglichkeiten

¹¹⁸ Vgl. Meighörner 2008, S. 88-90

¹¹⁹ Bernhard Leitner (CD), „Kopfräume – Headsapes“

¹²⁰ Vgl. Hellbrück/Ellemerer 2004, S. 150; Lerch/Sessler/Wolf 2009, S. 425

¹²¹ Blesser/Salter 2007, S. 187

nutzen, um die Schallquellen zu verteilen. Das menschliche Gehirn ist mit der Isolation des rechten vom linken Ohr überfordert. Wie kann eine Violine nur mit einem Ohr gehört werden? In der externen/realen Welt würde auch das andere Ohr die Violine hören und für die Verarbeitung des Hörereignisses würden die aufgenommenen Reize beider Ohren herangezogen.) Die Im-Kopf-Lokalisation sei demnach ein entwicklungsgeschichtliches Artefakt für das Wahrnehmen von Geräuschen und Tönen, die den herkömmlichen bzw. über viele Jahre erlernten Regeln des räumlichen Hörerlebnisses widersprechen.¹²²

Nach einer gewissen Zeit fühlt es sich an, als ob sich Flächen und Wände aus Klang bildeten. Sind diese Klangvorstellungen ein auditives Pendant zu optischen Täuschungen? Nach dem Anhören der Kopfraum-Stücke ist es zunächst verblüffend, wie wirkungsvoll und physisch wahrnehmbar sich die Klänge im Schädel entwickeln. Es fühlt sich ein bisschen wie eine meditative Reinigung, ein Entrümpeln im Gedankendschongel an, fast als sei im Gehirn einmal so richtig aufgeräumt und „umgerührt“ worden. Es verwirrt, verwundert und öffnet bzw. erweitert dabei die gefühlte Sphäre im Kopf zugleich. Der Innenraum des Kopfes fühlt sich nahezu endlos an, ich kann die Begrenzungen nicht ausmachen. Trotzdem fühlt es sich immer wieder so an, als würde sich dieser imaginäre Hohlraum abwechselnd verengen und weiten, je nach abgespieltem Stück. Manchmal scheint dieser Raum rund und weich, beinahe wabernd, zu sein. Dann wiederum fühlt er scharfkantig und eckig an. In manchen Sequenzen werden auch nur einzelne Punkte im Kopfraum „aktiviert“ oder akustisch angeregt. Die Empfindungen lassen sich nur schwer in Worte fassen.

¹²² Vgl. Blesser/Salter 2007, S. 187 f



Abb. 20: QR-Code Bernhard Leitner,
Kopfräume – Headscapes

Der QR-Code in Abb. 20 führt direkt zu einigen Hörproben aus *Kopfräume – Headscapes*, die 2003 auf CD im Verlag Hatje Cantz Edition ZKM¹²³ erschienen sind. Mit der Zustimmung des Künstlers (Telefongespräch mit Bernhard Leitner am 12.5.2017), durften einige Kopfraum-Stücke auf *Soundcloud* hochgeladen werden, um sie unter folgendem Weblink dem Leser dieser Diplomarbeit zugänglich zu machen: <https://soundcloud.com/user-542313906/sets/kopfraume>

Die *Kopfräume* können, da sie nur über Kopfhörer funktionieren, immer nur von einer Person erlebt werden. Eine extreme Subjektivität in der Wahrnehmung ist die Folge. Sie stellen den Hörer auf die Probe und verlangen ihm einiges ab. Man ist, zumindest akustisch, von der Außenwelt abgetrennt und wird dazu herausgefordert, sich mit dem eigenen Wahrnehmungsvermögen und Bewusstsein unmittelbar auseinanderzusetzen. Der Hörer wird mit einer vermutlich bis dato unbekannten sinnlichen Erfahrung konfrontiert. Diesen Zustand muss man erst einmal aushalten und die Ton-Räume im eigenen Kopf „geschehen“ lassen können. „*Wo das Sehen nichts mehr sehen kann, vermisst und beobachtet der akustische Blick den – in der Raumempfindung – maßstablosen Innenraum des Kopfes.*“¹²⁴

Die Idee zu den *Kopfräumen* entwickelte sich aus dem Gedanken, noch intimere Ton-Räume als beispielsweise die der *Ton-Liege* oder des *Vertikalen Raums für eine Person* zu erzeugen. Darüber hinaus hegte Leitner eine Faszination für Kopfhörer, weil sie den Hörenden ortsunabhängig machen und ihm somit in gewisser Hinsicht selbstbestimmtes Handeln ermöglichen.¹²⁵ Auch Raymond Murray Schafer beschäftigte sich mit dem privaten akustischen Raum, der durch das Hören mit Kopfhörern entsteht. Dazu schreibt er: „*In the head-space of earphone listening, the sounds not only circulate around the listener, they literally seem to emanate from points*

¹²³ Vgl. Bernhard Leitner (CD), „*Kopfräume – Headscapes*“

¹²⁴ Leitner 2008, S. 190

¹²⁵ Vgl. Kiefer 2010, S. 232

*in the cranium itself [...] Similarly, when sound is conducted directly through the skull of the headphone listener, he is no longer regarding events on the acoustic horizon; no longer is he surrounded by a sphere of moving elements. He [der Rezipient] is the sphere. He is the universe.*¹²⁶ (dt. Beim Hören mit Kopfhörern verbreiten sich die Töne nicht nur rund um den Hörenden, sie scheinen buchstäblich aus Punkten im Schädel zu entspringen. Wenn Töne direkt durch den Schädel des Hörenden dirigiert werden, nimmt der Hörer dementsprechend nicht länger Ereignisse am akustischen Horizont wahr und er empfindet sich selbst als die Sphäre, in der das Schallereignis stattfindet. Er [der Rezipient] ist das Universum.)



Abb.21: Bernhard Leitner,
Doppelwölbung

Leitners Kompositionen der *Kopfräume* setzen sich aus rhythmischen Perkussionssounds und repetitiven Tonfolgen zusammen. Die Grundlagen für die Aufnahmen der *Kopfräume* bilden einige der vielkanaligen Ton-Raum-Installationen Leitners. In einem persönlichen Telefongespräch (am 21. März 2017) erklärte Herr Leitner mir, dass er sich beispielsweise unter seinen Klangbogen *Doppelwölbung* gesetzt und dessen Ton-Linien mittels **Originalkopf-Mikrofon** (OKM) aufgenommen habe (Abb. 21).

*„There is no natural vocabulary for sound. The adjectives we use to describe music and acoustics are borrowed from the vocabularies of sight [...]: ‚a bright sound‘, ‚a dark melody‘, ‚a transparent loudspeaker‘ [...]”*¹²⁷ (dt. Es gibt kein ursprüngliches Vokabular für Sound. Die Adjektive, die wir verwenden, um Musik und Akustisches zu beschreiben, werden aus dem Vokabular des Sehens entlehnt: „ein heller Sound“, „eine düstere Melodie“, „ein durchlässiger Lautsprecher“ [...]) So wie es generell in der Akustik üblich ist, Töne mithilfe bestimmter Adjektive aus dem Vokabular für die Beschreibung von Visuellem zu charakterisieren, treibt Leitner dies noch einen Schritt weiter. Er schreibt dem Raum sehr unkonventionelle Eigenschaften zu, wie beispielsweise schwingend, schie-

¹²⁶ Schafer 1994, S. 119

¹²⁷ Blesser/Salter 2007, S. 219

bend, federnd, aufsteigend, streckend, führend, weich, atmend, flackernd, prickelnd, geknetet, zuckend oder wogend. Diese Charakteristika entstehen, Leitner zufolge, durch bestimmte Ton-Bewegungen im Raum.¹²⁸

Man hört hinein in den eigenen Kopf. Das „Innen“ gerät in Bewegung. Es rotiert, walzt, dreht sich wie eine Mühle. Bewegungen räumlicher Gebilde innerhalb des Kopfes werden mithilfe von Klang erzeugt. Was genau dieses „Innen“ ist, lässt sich nur schwer in Worte fassen. Möglicherweise stellt es eine Metapher dar für etwas, das man wohl niemals wirklich bezeichnen kann. Detlef B. Linke, Professor für klinische Neurophysiologie und Neurochirurgische Rehabilitation an der Universität Bonn, meint in Bernhard Leitners „Innen“ verschiedenes zu erkennen: *„Die Seele, das Gehirn oder ein Projektionsraum für Schallwahrnehmungen? Ist innen, wo wir unsere Seelenwelt beheimatet haben, auch der freie Spielraum der Schallereignisse? [...] Hier werden offenbar unsere verhärteten Vorstellungen über Innen und Außen in Schwingungen versetzt. Wo ist das Ich, wenn der Klang Innen und Außen gleichermaßen besetzen kann [...]“*¹²⁹ Weiters schreibt Linke: *„Das Gehirn nimmt sich wohlweislich nicht wahr, um nicht in Paradoxien der Wahrnehmung zu gelangen [...]. Dieses Wahrnehmungsdefizit hinsichtlich des Organs, welches bei allen unseren Wahrnehmungen beteiligt ist, erschwert es, den Ort zu verstehen, an dem sich der Geist aufhält. [...] Die Kopf-Raum-Stücke zeigen uns erst recht, dass wir nicht der Ort sind, an dem wir uns aufhalten, ja dass wir nicht einmal wissen, an welchem Ort wir uns aufhalten. [...] Hier kann nur helfen, die Metapher des Innen aufzugeben.“*¹³⁰

Bernhard Leitner selbst spricht stets sehr nüchtern über seine eigenen Arbeiten und meidet jegliche metaphorische oder assoziative Aufladung. *„Er [Leitner] ordnet einfache und kom-*

¹²⁸ Vgl. Leitner 1998, S. 23, S. 138; de la Motte-Haber 1998, S. 213

¹²⁹ Linke 2003, S. 13

¹³⁰ Linke 2003, S. 14

plexe Strukturen, er recherchiert den denkbaren Geltungsbe-
reich seiner Planungen, offen für rasch hingeworfene Anre-
gungen im Gespräch, aber skeptisch gegenüber jeder Aus-
weitung, die im Kalkül des Konstrukteurs nicht strenger abge-
sichert ist als im künstlerischen Gedanken.“¹³¹ Darüber hin-
aus spricht er sich ganz klar für reduktiv verdichtete Konzepte
aus. Leitner ist ein dezidierter Gegner von „*permanent alle
Sinne attackierende[n] oder benutzende[n] künstlerische[m]
Vokabular*“.¹³² Die Reduktion auf ein Medium, in seinem Fall
Klang bzw. Ton, beflügle außerdem die Fantasie. Seine Ton-
Objekte und Ton-Raum-Installationen sind so wenig Form wie
möglich und so viel Form wie nötig.

Radio France strahlte Anfang Mai 2005 einige eigens dafür
bei Bernhard Leitner in Auftrag gegebene *Kopfraum*-Stücke
über Radiostereofonie (für Kopfhörer) aus. Damit erreichten
diese an sich sehr intimen, weil sich eigentlich im eigenen
Kopf abspielenden, Ton-Räume an die 250.000 Men-
schen.¹³³

Tonanzug, 1975

Ton-Räume können sich auch in unmittelbarer Nähe zum
Körper befinden, wie Leitner mit seiner Arbeit *Tonanzug* aus
dem Jahr 1975 demonstriert. Lautsprecher werden dazu an
einem Anzug angebracht und machen den Ton im wahrsten
Sinne spürbar.¹³⁴ „*Die frühen Arbeiten geben [...] die Impro-
visation offen zu erkennen: einfach montierte Lautsprecher an
Schutzanzügen, um die Tonimpulse unmittelbar auf den Kör-
per zu übertragen [...]*“¹³⁵

Anfang der 1970er Jahre begann Bernhard Leitner mit Sound
als plastisches, skulpturales Medium zu arbeiten. Der *Tonan-
zug* entspricht daher einer seiner früheren Ton-Raum-

¹³¹ Miller 1998, S. 15

¹³² Leitner 1998, S. 287

¹³³ Vgl. Kiefer 2010, S. 231)

¹³⁴ Vgl. de la Motte-Haber 1998, S. 215

¹³⁵ Miller 1998, S. 15

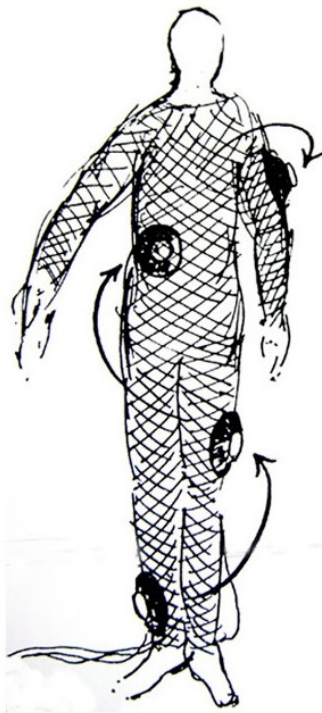


Abb. 22: Bernhard Leitner,
Tonanzug, 1975

Skulpturen. Der Fokus lag dabei ganz klar auf der (Wechsel-) Wirkung bzw. Kombination von Ton und Körper. Wie nehmen wir Sound wahr, nicht nur mit den Ohren, sondern auch mit dem ganzen Körper?

Der *Tonanzug* ist mit vier Lautsprechern ausgestattet (z.B. linker Oberarm, rechte Brust, linke Hüfte, rechter Fuß), zwischen denen sich die Töne bewegen können (Abb. 22). Da der Anzug an der Außenseite mit einem großmaschigen Netz versehen ist, können die Lautsprecher mittels Haken auch an anderen Stellen positioniert werden. Man fühlt Ton-Linien, die sich zum Beispiel vertikal vom Rumpf zu den Füßen bewegen, oder Perkussionsstücke, die mit ihren rhythmischen Tonfolgen den Körper in das eigentliche Instrument verwandeln. Der Rezipient wird von Tönen umkreist. Der Rhythmus erzeugt über die Lautsprecher feine **Vibrationen**, die die Haut und die darunterliegenden Körperschichten in Schwingung versetzen. Die Ton-Räume entstehen im und direkt um den Körper. Der Mensch im *Tonanzug* wird von Sound eingehüllt und umschlungen.¹³⁶ Man hört mit dem ganzen Körper. Denn auch wenn die **Haut** zumeist als Begrenzung oder Abgrenzung des Körpers gegenüber seiner Umwelt betrachtet wird, ist sie genau genommen eine durchlässige **Membran**. Ein Austausch zwischen Außen und Innen findet statt. Trifft Schall (wie bereits in Teil 1 erwähnt, eine Teilchenbewegung) auf die Haut, kann er als haptischer (Druck-)Reiz aufgenommen und gespürt werden. Der menschliche Körper stellt für akustische Architektur im Sinne Leitners somit weder eine Grenze noch ein Hindernis dar. Die Ton-Räume können rund um ihn, aber ebenso quer durch ihn hindurch entstehen oder überhaupt in seinem Inneren (Siehe *Kopfräume*) existieren.

Wie wirkungsvoll Schallwellen bzw. davon angeregte Vibrationen auf unseren Körper wirken können, kennen wir unter anderem von wohligem Befinden, das sich beispielsweise

¹³⁶ Vgl. Bernhard Leitner „Interview with Sound Suit Creator Bernhard Leitner“, Min. 0:30 bis Min 2:00

beim Summen in uns ausbreitet. Die Organe werden sanft massiert. Die mild vibrierenden Töne, von einem selbst oder von anderen mithilfe der Stimme erzeugt (z.B. leises Singen), können uns in den Schlaf lullen. Bereits im Mutterleib machen wir diese Erfahrung.¹³⁷ Bei Leitner wird der ganze Körper als Resonanzraum und Hörapparat gedacht.¹³⁸ Ein Zitat Bernhard Leitners aus einem Gespräch mit Stefan Fricke (einem Lehrbeauftragten der Fachkommission Freie Kunst, Klangskulptur und Klanginstallation an der Hochschule für Bildende Künste in Braunschweig) beschreibt das Phänomen, dass wir an unterschiedlichen Körperstellen Ton nicht gleich intensiv wahrnehmen: *„Die akustische Welt ist auch eine haptische Welt, was oft übersehen wird [...] Die akustische Haptik spielt in meiner Arbeit eine wesentliche Rolle. Das Ohr ist ein Wunderwerk, aber wir hören auch mit der Haut, mit den Knochen, mit den Knochenröhren, den harten Platten des Knochenbaues, mit den Membranen, Höhlen und Kanälen. Das körperliche Berührtwerden durch und das Weiterleiten im Körper von physikalischem Schalldruck ist wesentlicher Teil des Hörens. Ein ausgepolsterter Mensch hört anders als eine zarte Person, die keine Fleisch- und Muskelpolster hat. Ich höre mit dem Knie besser als mit der Wade“*¹³⁹

Ton-Würfel, ab 1980/81 und Soundcube, 1969

Der *Ton-Würfel* bzw. *Soundcube* ist ein würfelartiger Raum, der an jeder seiner sechs Wände mit einer rasterförmig angeordneten Vielzahl von Lautsprechern (je nach Seitenlänge) versehen. Der Würfel an sich ist dabei visuell so neutral wie möglich gehalten. Seine Gitterstruktur der Wände und der Decke ist aus Latten gefertigt und mit einem weißen, halbtransparenten Baumwollnetz überzogen. Die Bespannung dient, laut Leitner, zum einen als *„psychologische Schutz-*

¹³⁷ Vgl. LaBelle 2010, S. 134, S. 140

¹³⁸ Vgl. Dankl 2008, S. 8

¹³⁹ Leitner 2008, S. 175

*schicht für die im Würfel sich befindende Person“.*¹⁴⁰ Zum anderen soll das Verhüllte die Neugierde wecken und die Menschen zum Betreten des Würfels bewegen. Innerhalb des Würfels können **unterschiedliche** vorprogrammierte **Raumformen** erzeugt bzw. abgespielt werden. Wandern Töne von einer Lautsprecherbox zur nächsten, entstehen Ton-Linien, die verschiedenste Formen annehmen können. Je nach Ansteuerung der Lautsprecher werden auf diese Weise unterschiedlichste Ton-Räume erzeugt und Hörerfahrungen ermöglicht.¹⁴¹ Erwiesenermaßen löst ein entlang einer Linie wandernder Ton ein räumliches Hörerlebnis aus.¹⁴²

In seinem *Ton-Raum-Manifest*, 1977 in New York verfasst, hält Leitner folgendes fest: *„Eine Linie ist eine Folge von Punkten. Raum kann durch Linien begrenzt werden. Eine Ton-Linie ist eine Ton-Abfolge entlang einer Anzahl von Ton-Orten (Lautsprechern)[!]. Raum kann durch Ton-Linien begrenzt werden, wobei der Raum-Form eine aus der Ton-Sprache dimensionierte Erlebnisform überlagert wird. Nicht-lineare Ton-Verschiebungen zwischen zwei oder mehreren Ton-Orten tasten den Raum punktförmig ab, wobei dem Raum-Maß eine aus der Ton-Sprache geformte Erlebnis-Dimension überlagert wird.“*¹⁴³

Der Rezipient ist auch in diesen Arbeiten ein essentieller Bestandteil des Gesamtkonzepts. Im *Soundcube* aus dem Jahr 1969 bewegt sich der Mensch, den Skizzen und Zeichnungen zufolge, frei innerhalb des Ton-Raums (Abb. 23). Er bewegt sich im Raster des konstruierten Gebildes während sich Klang bzw. *„der in der Zeit erfahrene Raum“*¹⁴⁴ um ihn spannt und dehnt. In der späteren Arbeit *Ton-Würfel* (1981) hingegen liegt man auf einer mittig am Boden des Würfels platzierten Liege, während sich der Ton-Raum entwickelt (Abb. 24).

¹⁴⁰ Leitner 1998, S. 92

¹⁴¹ Vgl. Leitner 1998, S. 297

¹⁴² Vgl. Leitner 1971, S. 38-43

¹⁴³ Leitner 1977, S. 1

¹⁴⁴ Miller 1998, S. 16

„[Der Ton-Würfel] ist vom Geist einer genau vorbestimmten Improvisation geprägt: Durchsichtigkeit der um die auf einem Block montierten Liege angeordneten, ins gleichmäßige Raster aufgelösten Wände, die paarweise auf den Hörenden ausgerichteten Lautsprecher wie technische Fremdkörper behandelt, Regel und Irregularität in wechselseitiger Kontrolle.“¹⁴⁵

Der bereits 1969 konstruierte *Soundcube* ist an jeder der sechs Seiten rasterförmig mit 64 Lautsprechern (insgesamt 384 separat ansteuerbare Tonquellen) versehen. Je nach gewähltem „Programm“ können unterschiedliche Ton-Räume erzeugt werden. *„Ton-Räume sind wesentlich Räume der Zeit. Ihre Form setzt sich aus der zeitlichen Abfolge von Teil-Räumen zusammen. Raum entsteht, entwickelt sich, um wieder zu enden.“¹⁴⁶*

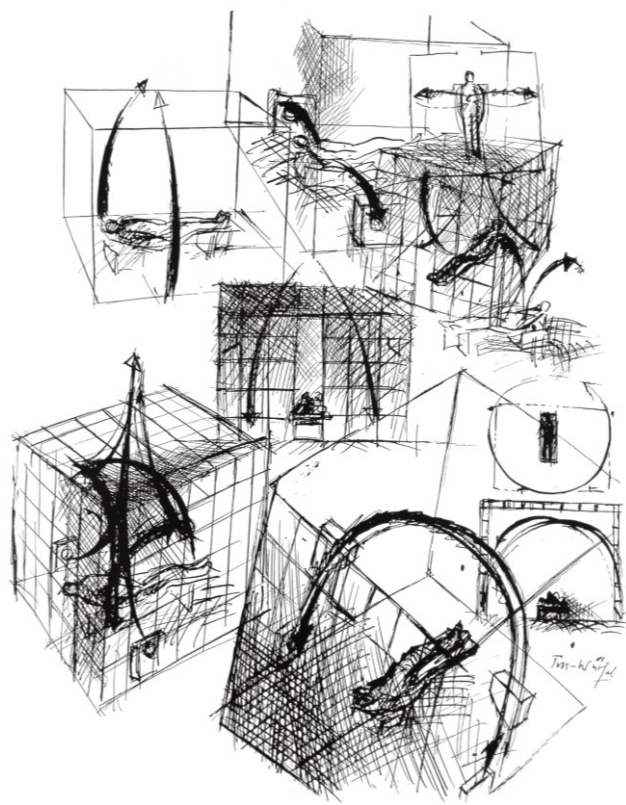


Abb. 23: Skizzen Bernhard Leitner, *Ton-Würfel*, 1981

¹⁴⁵ Miller 1998, S. 15

¹⁴⁶ Leitner 2008, S. 133

Der *Soundcube* ist als (wissenschaftliches) **Instrument** definiert. Er sei nicht fälschlicherweise als Musikinstrument oder gar als Raum, in dem Musik aufgeführt wird, zu verstehen. Leitner betont, dass der *Soundcube* ein Labor für künstlerische und wissenschaftliche Untersuchungen sei. Innerhalb dieses Versuchsraumes können „*Experimente zum Thema Environment, Definition und Wesen von Raum*“ vollzogen und gleichermaßen deren Ergebnisse veranschaulicht werden.¹⁴⁷ Seine Ton-Räume habe er ganz gezielt zum bewussten Hören geschaffen. Unbewusst seien wir ohnehin permanent akustisch in unsere Umgebung eingebunden, so Leitner in einem Gespräch mit Eugen Blume.¹⁴⁸

Auch wenn zwar die Ton-Linien und –Bewegungen innerhalb des Würfels exakt gesteuert werden können, ist die Wahrnehmung und Reaktion der Rezipienten stets eine andere bzw. von deren jeweiliger psychischen und physischen Verfassung beeinflusst. Grundsätzlich rege Ton, der sich in dieselbe Richtung wie die Person (beispielsweise im *Soundcube*) bewegt, die Bewegung zusätzlich an. Dies bezeichnet Leitner auch als „*begleitenden*“ bzw. „*leitenden Ton*“. Umgekehrt wird die Bewegung der Person gehemmt, wenn sich der Ton in die entgegengesetzte Richtung entwickelt.

„*Der Raum bestimmt das Tempo und damit das Verhalten. In einem halligen Raum wird man getragener sprechen müssen, um sich verständlich zu machen. Man kann nicht in jedem Raum alles sagen, nicht in jedem Raum gleich gut reden, zuhören.*“¹⁴⁹ So wie Musik es tut, nehmen Töne bzw. ganz allgemein akustische Sinnesreize Einfluss auf unser vegetatives Nervensystem. Selbst wenn dies nicht bewusst geschieht, wird auf Atemfrequenz, Herzschlag und Blutdruck eingewirkt. All dies hat Auswirkungen auf das Wohlbefinden, sowohl körperlicher als auch geistiger Natur.¹⁵⁰ Die entstehenden Ton-Räume werden in ihren Dimensionen völlig unabhängig

¹⁴⁷ Leitner 1998, S. 297

¹⁴⁸ Vgl. Dankl 2008, S. 8

¹⁴⁹ Leitner 1998, S. 304

¹⁵⁰ Vgl. Leitner 1998, S. 299-301

von denen des *Ton-Würfels* (4x4 Meter) wahrgenommen. Ähnlich verhält es sich bei den bereits ausführlich beschriebenen *Kopfräumen*.¹⁵¹

Leitners Skizzen für seine Ton-Raum-Architekturen veranschaulichen ganz deutlich seinen originären Zugang, Ton als skulpturales Material zu definieren. Tonfolgen werden zu graphischen Linien, die in zweidimensionaler Form, nämlich auf dem Papier, dennoch dreidimensional und äußerst plastisch wirken (Abb. 21 bis 24). **Dynamische Bewegungen** werden mit Pfeilen sichtbar gemacht und veranschaulichen den Prozess des „Komponierens“. Es handelt sich bei den (oftmals farbigen) Linien um keine Zeichnungen real existierender Gebilde sondern um Notizen für die Entstehung und Variierung der auditiv erlebbaren Ton-Räume. Leitners Entwürfe in den Skizzenbüchern nehmen oftmals utopische Dimensionen an und weisen somit auf etwas hin, das „noch nicht ist, aber sein kommendes Dasein im Bild bereits vorstellen.“¹⁵²



Abb. 24: Skizze Bernhard Leitner „Gekneteter Raum“ im *Ton-Würfel*, 1981-1984

¹⁵¹ Vgl. Leitner 1998, S. 90

¹⁵² Vgl. Leitner 2015, S. 8

Die Skizzen dienen u.a. auch als eine Form von **Notation**. Die Lesbarkeit dieser Notation bleibt dabei in erster Linie dem Schöpfer der Zeichnung vorbehalten, jedoch kann der Betrachter dynamische Bewegung (zumindest des Zeichenprozesses) nachempfinden und sich dabei von der Rätselhaftigkeit mancher Elemente in der Skizze leiten lassen. Die menschliche Figur, die in Leitner Zeichnungen immer wieder zu finden ist, verweist einerseits auf ein bestimmtes Größenverhältnis, einen bestimmten Maßstab. Andererseits beweist sie, auch wenn sie in den Skizzen oftmals nur schemenhaft dargestellt wird, auf sehr klarem Weg die humane Intention des Künstlers. – Der Mensch ist von Anfang an, bereits in den Skizzen, essentieller Teil des Ton-Raums.¹⁵³ Dabei sei allerdings betont, dass der Mensch in keiner Weise als technisches oder mechanisches Element dieser Installationen gedacht wird, sondern als ein „vom Klang ummantelter Hörender“.¹⁵⁴

„Was ist Raum? Es ist dies die Hauptfrage, mit der mich die Arbeiten von Bernhard Leitner konfrontieren. Raum ist ein Ort, in den man eingebettet ist, an dem sinnliche Wirklichkeitserfahrung und künstlerische Gestaltung konvergieren können.“¹⁵⁵

¹⁵³ Vgl. Leitner 2015, S. 5-8

¹⁵⁴ Vgl. Leitner 2015, S. 8

¹⁵⁵ de la Motte-Haber 1998, S. 216

Christina Kubisch – akustische Parallelwelten

Christina Kubisch thematisiert in ihren künstlerischen Arbeiten immer wieder das Zusammenspiel von Sound und Raum, womit sie sich, ebenso wie Bernhard Leitner, auch mit Bewegung und Zeit auseinandersetzt. Auge und Ohr sollen als gleichberechtigte Sinnesorgane angesprochen werden. Ein wesentlicher Punkt, in dem sich Kubisch' Arbeiten von denen Leitners unterscheiden, besteht allerdings darin, dass sich die Rezipienten selbst im Raum bewegen, um Ton-Räume zu erschaffen und zu erkunden. Bei Leitner hingegen entstehen, wie bereits im vorigen Kapitel ausführlich erläutert, die Ton-Räume durch die Bewegung der Sounds. Kubisch erklärt in einem Interview mit Stefan Fricke: *„Ich hatte auch etwas gegen die traditionelle Inszenierung von klassischer Musik, bei der der Musiker auf der Bühne steht, das Publikum ganz ruhig im Zuschauerraum sitzt, sich nicht rühren und nur klatschen darf. [...] Wenn man sich aber in andere Räume begibt, wenn man in den Außenraum geht, wenn man nicht in den Konzertsaal oder in den White Cube geht, dann erscheint es ganz normal, dass das Umfeld einbezogen wird.“*¹⁵⁶ So verlange die Klangkunst, die den Rezipienten zum aktiven Teilnehmen auffordert, eine **veränderte Wahrnehmung** im Gegensatz zu einem rein passiven Konzerterlebnis.¹⁵⁷

1948 in Bremen geboren, studierte Christina Kubisch in unterschiedlichen europäischen Städten neben Malerei (an der Akademie der Bildenden Künste in Stuttgart bei K.H. Sonderborg) und Musik (an Musikhochschulen in Hamburg, Graz und Zürich) auch Komposition und Elektronik (am Konservatorium Mailand). Während sie in den siebziger Jahren hauptsächlich performativ arbeitete, liegt ihr künstlerischer Schwerpunkt seit den frühen 1980ern auf Klanginstallationen. Diese sind zumeist raumbezogen und werden sowohl im Innen- als auch im Außen- bzw. öffentlichen Raum verwirklicht. Im

¹⁵⁶ Fricke 2011, S. 61

¹⁵⁷ Vgl. Fricke 2011, S. 64

Rahmen ihrer künstlerischen Laufbahn entstanden viele Kompositionen elektroakustischer Natur sowie Radioproduktionen.

Auf die Frage, wie sich ihr Interesse für elektronische bzw. elektroakustische Musik entwickelt habe, antwortet Kubisch (unter anderem): „[...] Wir haben einfach experimentiert. [...]“¹⁵⁸ Immer wieder verwendet Kubisch spezielle technische Mittel und Methoden für ihre künstlerische Arbeit. Neben der Beschäftigung mit dem Phänomen der **elektromagnetischen Induktion** kommt beispielsweise auch Solarenergie zum Einsatz. Internationale Bekanntheit erlangte Kubisch auf Festivals und im Rahmen zahlreicher (Gruppen-)Ausstellungen. Darüber hinaus war sie auch als Gastprofessorin an namhaften Kunsthochschulen, beispielsweise der École Nationale Supérieure des Beaux Arts in Paris oder der Hochschule der Künste in Berlin tätig.¹⁵⁹ Im Jahr 2015 fand eine Kooperation mit der Abteilung Digitale Kunst der Universität für angewandte Kunst Wien statt, deren Ergebnisse der Öffentlichkeit in der Ausstellung „transducing the city, elektromagnetische topografien“ zugänglich gemacht wurden. Im Zuge dieser Ausstellung konnten beispielsweise auch Kubisch' *Electrical Walks* in der Wiener Innenstadt erlebt werden.¹⁶⁰

Electrical Walks

Elektromagnetische Stadtspaziergänge, seit 2004

Seit Ende der 1970er Jahre ist ein in Kubisch' Arbeiten immer wiederkehrendes Thema die Übersetzung elektromagnetischer Signale in Sounds. Ursprünglich hatte sie bei anderen Soundinstallationen immer wieder versucht die störenden Brummgeräusche **elektromagnetischer Felder** herauszufiltern und zu entfernen. Anfang der 2000er Jahre entwickelte Kubisch dann jedoch die Idee, genau diese anfangs ungewollten Sounds zu nutzen und bewusst für ihre Kunst einzusetzen. Einer der Mitgründe dafür war, dass sich mit zunehmender

¹⁵⁸ Fricke 2011, S. 63

¹⁵⁹ Vgl. Christina Kubisch, „Biografie“

¹⁶⁰ Vgl. die angewandte, „transducing the city, elektromagnetische topografien“

Digitalisierung (beispielsweise immer weiter ausgebauten Mobilfunknetze) die Anzahl und Vielfalt der Störgeräusche nach und nach vermehrte.¹⁶¹

In ihrem Arbeitszyklus *Electrical Walks – Elektromagnetische Stadtspaziergänge* beispielsweise werden die Teilnehmer mit sogenannten **Induktions-Kopfhörern** ausgestattet und dazu animiert, den Stadtraum spazierend zu erkunden. Die Kopfhörer, die Anfang der 1980er Jahre eigens von Christina Kubisch entwickelt wurden, funktionieren in gewissem Sinne wie Detektoren. Werden sie in ein elektromagnetisches Feld gebracht, schlagen sie an. Elektromagnetische Felder entstehen, sobald ein einfacher Leiter von Strom durchflossen wird. Somit erzeugt jedes elektronische Gerät ein solches Feld. Die speziellen Kopfhörer sind mit Spulen aus fein gewickeltem Kupferdraht bzw. Elektromagneten und Verstärkern ausgestattet, die ihrerseits ebenso ein solches Magnetfeld aufbauen. Entsteht nun durch die Bewegung des Rezipienten (beispielsweise in der Nähe eines Geldautomaten, der durch sein elektronisches Innenleben elektromagnetische Strahlung aussendet) eine Überlagerung zweier oder mehrerer Magnetfelder, findet eine Übertragung in Audiosignale statt. Die Überlappung solcher Felder kann mittels unterschiedlicher Klänge wahrgenommen werden. Somit sind etwa beispielsweise Geldautomaten, elektronische Ladendiebstahlsicherungen, U-Bahnen, Aufzüge, Transformatoren oder Leuchtreklamen auf völlig neue Weise (akustisch) erlebbar. Anhand eines speziell dafür konzipierten Stadtplans können sich die Hörer auf Entdeckungstour begeben. Bestimmte Routen, an denen besonders interessante Hörerlebnisse zu erwarten sind, sind in diesem Plan eingezeichnet. Die Rezipienten nehmen ihre Umgebung auf einer sinnlich völlig neuen Ebene wahr. Denn obwohl man sich in der gewohnten Umwelt befindet, hört man plötzlich die unsichtbaren elektrischen Felder, die man sonst (in den meisten Fällen) mit keinem der Sinne wahrnehmen kann. Klänge und Geräusche entstehen und vergehen

¹⁶¹ Vgl. Fricke 2011, S. 66; Christina Kubisch, „Elektromagnetische Induktion“

während der Bewegung durch den (öffentlichen) Raum. **Parallelwelten** werden auf einmal wahrnehmbar. „Christina Kubisch rückt bekannte Räume, Dinge oder Ereignisse in die Ferne, um sie uns nahe zu bringen. Dabei bedient sie sich oft einer doppelten Dialektik. Denn das Verrücken geschieht oft so, dass sie uns eine Ansicht präsentiert, die sich leicht in die gängigen Wahrnehmungsschemata einfügt.“¹⁶²

Die Lautstärke ist einerseits mit dem eingebauten Regler einstellbar, andererseits kann sie auch je nach Distanz zu den detektierten Magnetfeldern variieren. Ebenso kann die Sensibilität der Kopfhörer mit einem Regler verändert werden. Je nach Bewegung (oder Stillstand) können die Hörer zwischen unterschiedlichen Sounds, deren Überlagerung und Lautstärke, wählen und sich so ein ganz eigenes Klangbild der Stadt „live“ und in Echtzeit **mischen**. Zum Großteil hören die Teilnehmer rhythmische Tonfolgen, die von relativ simplen bis hin zu mehrtönigen, polyrhythmischen Mustern reichen können. Aber auch sehr leise Töne bis hin zu Stille können erlebt werden, wenn die Reichweite der elektromagnetischen Felder an ihre Grenzen gelangt.¹⁶³

Stille sei für Kubisch generell ein faszinierendes Thema, „weil die Abwesenheit von Klang ja auch Anwesenheit ist.“¹⁶⁴ Mittlerweile wurden die *Electrical Walks* in mehr als zwanzig Städten weltweit durchgeführt. Dabei lassen sich oftmals gravierende Unterschiede entdecken, da jede Stadt, auch induktiv, ihre ganz individuellen akustischen Eigenheiten aufweist. Allgemein lasse sich sagen, dass europäische Städte im Gegensatz zu asiatischen altmodischer klingen. „New York [...] dröhnt ganz wahnsinnig. Paris ist sehr komplex und London ist voller unerwarteter Überraschungen.“¹⁶⁵ Genau diese Unterschiede seien interessant für ihre Sammeltätigkeit. So erklärt Kubisch, dass sie zunächst eine Unzahl an Aufnahmen mache, um diese dann in eine Systematik zu bringen. Auf

¹⁶² de la Motte-Haber 2006, S. 88

¹⁶³ Vgl. Kubisch 1986, S. 69 ff; Christina Kubisch, „Electrical Walks – Elektromagnetische Stadtpaziergänge“

¹⁶⁴ Fricke 2011, S. 68

¹⁶⁵ Fricke 2011, S. 66

diesem Wege habe sie allerdings herausgefunden, dass (trotz aller internationaler Unterschiede) etwa Ladendiebstahlsicherungen an den Ein- bzw. Ausgängen der Geschäfte in vielen Ländern sehr ähnlich, nämlich hart und pochend, klingen. Wohin genau letzten Endes diese **systematische Sammlung** führe, lässt sie sich noch offen.¹⁶⁶

Die Hörer ihrer Installationen sollten sich möglichst frei bewegen und somit auch die Dauer der von ihnen selbst komponierten Stücke bestimmen können. Dazu schreibt Kubisch: „*My intent is to create a landscape of sounds (soundscape) [!] in which the public can move freely, exploring and individually changing the composition.*“¹⁶⁷ (dt. Meine Intention besteht darin, eine Landschaft aus Tönen (Soundscape) zu erzeugen, in der sich das Publikum frei und forschend bewegen und die Komposition individuell erzeugen bzw. beeinflussen/ändern kann.) In dieser Zugangsweise manifestiert sich eine von vielen Parallelen zwischen Christina Kubisch und John Cage. Auch er hält seine Vorgaben stets so, dass trotz unterschiedlichster Interpretationsmöglichkeiten er selbst als Urheber erkennbar bleibt.¹⁶⁸

“*Cage’s 4’33’’, Neuhaus’ Times Square, Kubisch’s Electrical Walks and so much of contemporary sound art invite us to think of sound in these materialist terms – sound as a continuous and heterogeneous fluid material that makes audible the immanence of being and time.*“¹⁶⁹ (dt. Cages 4’33’, Neuhaus’ Times Square, Kubisch’ Electrical Walks und so viel andere zeitgenössische Klangkunst laden uns dazu ein, von Sound in körperlichen Begriffen zu denken. Sound als kontinuierlich und heterogen fließendes Material, das die Immanenz von Sein und Zeit hörbar macht.)

Peter Kiefer, selbst Klangkünstler und Komponist, beschreibt in seiner Publikation *Klangräume der Kunst* seine persönli-

¹⁶⁶ Vgl. Fricke 2011, S. 69

¹⁶⁷ Kubisch 1986, S. 71

¹⁶⁸ Vgl. Fricke 2011, S. 62

¹⁶⁹ Cox, S. 85

chen Erfahrungen während der *Electrical Walks* in Köln im Jahr 2004: „Die klanglichen Ausprägungen waren extrem differenziert und es muss relativ komisch ausgesehen haben, wie ich in der Abenddämmerung selbstvergessen und nur lauschend einen seitlichen Tanz vor den Panzerglas-Fenstern mit edlem Geschmeide [Schaufenster eines ansässigen Nobeljuweliers] aufführte. Mit den Kopfhörern bewegte ich mich in meiner eigenen Realität und erforschte meine Umgebung auf komplett neue Art.“¹⁷⁰ Es verändert sich also nicht nur die Wahrnehmung der Teilnehmer der *Electrical Walks*. Vielmehr werden auch Passanten auf die untypischen Bewegungen aufmerksam, die sie, und sei es nur für einen Moment, aus ihren alltäglichen Sehgewohnheiten herausreißen. Ein weiterer Aspekt ist jener, dass die Rezipienten oftmals nicht nur erstaunt darüber sind, was sich rund um sie herum an elektromagnetischen Wellen tummelt. Viele reagieren mit Erschrockenheit und Skepsis gegenüber möglichen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus. Neben der Faszination über die Erfahrung von bisher Unsichtbarem und Unhörbarem wächst das Unbehagen gegenüber der immer weiter voranschreitenden Technisierung und Digitalisierung unserer Lebenswelt.¹⁷¹

Im Rahmen der Ausstellung „transducing the city, elektromagnetische topografien“ 2015 in Wien konnte ich die Electrical Walks selbst erleben: Ich setze die verhältnismäßig großen und schweren Kopfhörer zunächst völlig ahnungslos auf. Ausgehend vom Heiligenkreuzerhof geht es mithilfe einer Straßenkarte auf zu einem Spaziergang durch die Wiener Innenstadt. Eine gänzlich unerwartete Geräuschkulisse beginnt sich mir zu offenbaren. Der Entdeckergeist ist geweckt. Neugierig verlasse ich immer wieder die vorgeschlagene Route. Bankomaten klingen schrill pfeifend und piepsend nach einer Invasion von Außerirdischen. Geschäftsportale liefern wabernd-dröhnende Bässe und an der einen oder anderen Stelle kann man mit nur einem Schritt zur Seite, hin und her, unglaublich rhythmische Soundfolgen erzeugen. Ich fühle mich als Teil einer großen Choreografie, bei einem experimentellen Tanz durch die

¹⁷⁰ Kiefer 2010, S. 347

¹⁷¹ Vgl. Lasarzik 2014, S. 4

Stadt auf der Suche nach dem interessantesten Ton. Wie eigenartig man dabei auf Passanten wirken mag, muss man in diesem Moment außer Acht lassen, um dem wundersamen Klang der Stadt verblüfft und gleichzeitig verzaubert lauschen zu können. Gleichzeitig löst das Erleben dieser Parallelwelt unbehagliche Gefühle und Gedanken in mir aus. Wieviel an elektromagnetischer Strahlung umschwirrt uns tagtäglich während wir es nicht einmal bemerken (können)? Wären wir sorgloser, wenn wir gewisse Dinge nicht wüssten? Wie hätten die Electrical Walks vor dem großen Zeitalter der Digitalisierung geklungen? Elektromagnetische Wellen erreichen die Erde immerhin permanent in Form von kosmischer Strahlung.

Alvin Lucier beschäftigte sich 1981 in seiner Arbeit *Sferics* ebenso mit elektromagnetischer Strahlung. Natürlicherweise werden bei Blitzen in der Ionosphäre hochfrequente Emissionen freigesetzt. Mithilfe spezieller Antennen und Empfänger macht Lucier diese hörbar. Dabei können sehr unterschiedliche Sounds entstehen. Es gibt verschiedene Typen **atmosphärischer Impulsstrahlung**, die oftmals nach den Geräuschen, die sie machen, benannt sind. Zwei Arten seien, so Lucier besonders leicht zu entdecken: die, die andauernd zu hörendes Knistern erzeugen und jene, die wie Knallgeräusche klingen.¹⁷² „Seine Kompositionen führen zu einer grundlegenden Theorie des Klangs, die zeigt, wie wir uns die akustische Welt aneignen können, wie wir hören können, was erst noch erklingen muss. Denn in seinen Arbeiten manifestiert sich eine wohlkalkulierte Verzückung [...] Alvin Lucier lehrt uns, intensiv zuzuhören und Klänge als dynamische Elemente unseres Alltags zu sehen – mit berauschenden Konsequenzen.“¹⁷³

¹⁷² Vgl. Alvin Lucier, „Sferics“

¹⁷³ Brandon LaBelle, „Alvin Lucier“



Abb. 25: *Listen through the walls*, 1981 in Martina Franca

Listen through the walls, 1981

Während ihres Elektronik-Studiums (1980-1981) am Technischen Institut in Mailand entstanden bereits Christina Kubisch' erste Klangarbeiten. *Listen through the walls* ist eine der ersten dokumentierten Installationen. Bereits zu dieser Zeit setzte sich die Künstlerin mit magnetischer Induktion auseinander. Auf Dachterrassen der apulischen Kleinstadt Martina Franca wurden an Wänden Kabeln in geometrischen Formen angebracht. Mit einem sogenannten „Hör-Würfel“ können sie elektromagnetischen Signale bzw. Felder, die an den Kabel-Ornamenten (Abb. 25) entstehen, auditiv erlebt werden. Diese speziellen Würfel werden direkt ans Ohr gehalten und funktionieren ähnlich wie die Induktions-Kopfhörer, die Kubisch einige Jahre später entwickelt. Mithilfe dieser technischen Gerätschaften wird eine visuelle Struktur in eine auditive übersetzt bzw. transformiert. Auch bei dieser frühen Soundinstallation geht es für Kubisch darum, den **Rezipienten** die **zeitliche Dauer** und das **Bewegungsmuster autonom bestimmen** zu lassen. Die Sounds werden von und für den Hörer individuell gemixt.¹⁷⁴

Electrical Walks und *Listen trough the walls* sind nur zwei Beispiele für Kubisch' Auseinandersetzung mit elektromagnetischen Feldern. Seit vielen Jahren beschäftigt sie sich mit der Thematik und interessiert sich vor allem für deren Ursprung und das Hörbarmachen der elektromagnetischen Wellen. Tatsache ist nämlich, dass diese im Normalfall für uns Menschen nicht wahrnehmbar sind, obwohl sie uns ständig umgeben und wir ihnen permanent (schutzlos) ausgesetzt sind. Darüber hinaus macht Kubisch den Rezipienten alternative Perspektiven auf die Welt zugänglich. Zurück bleibt immer auch eine Form von Unsicherheit, da es doch weit mehr gibt als das, was wir eigentlich wahrnehmen können. Vieles bleibt uns verborgen, wir nehmen unsere Alltagswelt also gezwungenermaßen mit einem begrenzten Blick bzw. Hörvermögen wahr. Dies muss allerdings nicht bedeuten,

¹⁷⁴ Vgl. Klangräume der Kunst, „Christina Kubisch, *Listen through the walls*, 1981, Martina Franca – Italien“

dieses Verborgene nicht irgendwie bzw. irgendwann doch entdecken zu können.¹⁷⁵

Eine künstlerische Arbeit mit konzeptuellen Parallelen stellt **Max Neuhaus'** erste Klanginstallation *Drive-In Music* (1967-68 in Buffalo, New York) dar. Entlang einer Allee positionierte er kleine Radios, die als Sender funktionierten, in den Bäumen. Stellten die vorbeikommenden **Autofahrer** ihre Radioempfänger auf eine bestimmte Frequenz ein, konnten sie sich, etwa je nach Geschwindigkeit, ihren **eigenen Mix** zusammenstellen. Auch in diesem Fall nimmt ein Künstler die Bewegung des Rezipienten im öffentlichen Raum als entscheidenden Parameter in den künstlerischen Prozess auf.¹⁷⁶

Am 18. September 1979 fand um Punkt 20 Uhr die erste **Klangwolke** in Linz statt. Über einen quadrophonischen Tonträger und Lautsprecher mit etwa 20.000 Watt wurde die achte Symphonie Anton Bruckners in den Donaupark, das Klangzentrum der Veranstaltung, „eingespielt“. Bei quadrophonischen Aufnahmen wird mit mindestens vier Mikrofonen aufgezeichnet, die derart ausgerichtet werden, dass jede Raumrichtung (von einem Zentrum ausgehend nach links vorne, nach links hinten, nach rechts vorne, nach rechts hinten) erfasst wird. Diese vier getrennt voneinander aufgenommenen Kanäle werden über (mindestens) vier Lautsprecher abgespielt, die möglichst in quadratischer Anordnung positioniert sind. Auf diese Weise entsteht ein Klangfeld von 360°, das den Hörer förmlich einzuhüllen vermag.¹⁷⁷

Die Einwohner von Linz wurden dazu animiert, ihre Radiogeräte an offene Fenster zu stellen. Zusätzlich zur Beschallung des Donauparks und des öffentlichen Raums (Bahnhof, Taxi-funk) entwickelte sich so mithilfe der Live-Übertragung im Radio in der ganzen Stadt eine diffuse, leicht schwebende Klangwolke. An vier Außenstationen (auf dem Pöstlingberg,

¹⁷⁵ Vgl. Lasarzik 2014, S. 6

¹⁷⁶ Vgl. Kiefer 2010, S. 150

¹⁷⁷ Vgl. Quadro-Markt, „Quadrophonie – Vorteile gegenüber Stereo“

Freinberg, im Auhofgelände und im Hummelhofpark) wurde „Bruckners Musik elektronisch verändert oder in Farben und Formen sichtbar gemacht.“¹⁷⁸ Darüber hinaus wurden die Klänge mithilfe von Laserkanonen visualisiert, die ihre Strahlen simultan zur musikalischen Komposition auf einen riesigen Fesselballon richteten, an dem 5.000 kleinere, reflektierende Ballons befestigt waren. Diese überdimensionale „Diskokugel“ war direkt vor dem Brucknerhaus positioniert. Diese umfassende Ton-Licht-Symphonie, an der damals mehr als 100.000 Menschen teilhatten, kennzeichnet den Beginn einer bis heute regelmäßig stattfindenden Veranstaltungsreihe in Linz, bei der die **gesamte Stadt als (Aufführungs-)Raum** für Klangkunst genutzt wird.¹⁷⁹

¹⁷⁸ Sparkasse OÖ Klangwolken, „Visualisierte Linzer Klangwolke 1979“

¹⁷⁹ Vgl. Sparkasse OÖ Klangwolken, „Visualisierte Linzer Klangwolke 1979“

Ryoji Ikeda – binäre Ästhetik

Der 1966 in Japan geborene Ryoji Ikeda zählt mit seinen Arbeiten, die Sound und Licht mit mathematischer Präzision und nach ebensolch strenger Ästhetik verbinden, zu den international innovativsten Musikern, Komponisten bzw. Soundkünstlern. Bereits als Jugendlicher machte er erste musikalische Erfahrungen als Gitarrist in einer Rockband. Als er nach einem Wirtschaftsstudium seine Nächte als DJ in den Clubs von Tokio verbrachte, entwickelte sich jedoch eine ganz neue Leidenschaft zu Musik bzw. dem Umgang mit Tönen und Sound. Heute lebt und arbeitet er in Paris und Kyoto. Ikeda orchestriert **akustische und visuelle Phänomene nach physikalischen und mathematischen Prinzipien zu umfassenden Installationen und Live-Performances**. Seine künstlerischen Arbeiten bzw. deren Dokumentationen und Notationen veröffentlicht er in Form von Büchern und CDs.

Sein Material hält Ryoji Ikeda ganz bewusst sehr reduziert. Neben **Sinustönen** und weißem Rauschen verwendet er zumeist pures, **weißes Licht**. Sinuswellen gelten als die wohl reinste Form von Tönen. **Weißes Rauschen** beinhaltet Töne aus dem gesamten Frequenzspektrum, die gleichmäßig dicht verteilt aber zufällig gemischt sind. Weißes Licht besteht sozusagen aus einer eigenen kleinen Unendlichkeit, da es sämtliche Lichtfarben enthält.¹⁸⁰ „*Not least because light is binary: it's either on or off.*“¹⁸¹ (dt. Nicht zuletzt, weil Licht binär ist: es ist entweder ein- oder ausgeschaltet.) Diese limitierte Auswahl an Grundelementen steckt Ikedas gestalterisches Feld eng ab und bedeutet im künstlerischen Umgang eine besondere Herausforderung. Er arbeitet oftmals mit Tönen, die in ihrem Frequenzbereich an den Grenzen des Hörbaren liegen. Seine visuellen Darstellungen folgen ähnlichen Gesetzmäßigkeiten. Sie bestehen oftmals aus impulsartigen und formal sehr reduzierten, meist in schwarz-weiß gehaltenen, Gebilden. Man

¹⁸⁰ Vgl. Herbert 2011, S. 162-164

¹⁸¹ Herbert 2011, S. 163

könnte es beinahe als graphisches Blinken oder (Auf-)Blitzen beschreiben. Somit sind auch Ikedas visuelle Arbeiten **an der Schwelle der Wahrnehmung** anzusiedeln. Darüber hinaus spielt er in seinen Kompositionen immer wieder mit dem tradierten Begriff von Musik und reizt dessen Interpretationsraum weit aus. Auch sein Equipment wird in den technischen Möglichkeiten immer wieder an die Grenzen getrieben. Wie sich diese begrifflichen und methodischen Ausreizungen und die daraus resultierenden extremen Ergebnisse auf die Wahrnehmung und Physiologie der Hörer auswirken, interessiert ihn besonders. „[...] Ikeda's music, it feels like it was assembled under a microscope: yet it appeals to the body. [...] And this, to me at least borders on the beautiful. [...] Part of the fascination, and the achievement, of Ikeda's career is how he has made binarism the model of his output.“¹⁸² (dt. [...] Ikeda's Musik klingt bzw. fühlt sich an, als ob sie unter einem Mikroskop zusammengestellt worden wäre und nichtsdestotrotz wirkt sie auf den ganzen Körper. [...] Für mich ist das etwas, das zumindest an Schönes grenzt. [...] Ein Teil der Faszination und Leistung der Karriere Ikeda's ist, wie er Binarismus zum Leitbild seiner Produktionen gemacht hat.)

Er orientiert sich meist an rhythmischen Loops (dt. Wiederholungsschleife) und repetitiven Tonfolgen. Dennoch gibt es in seinen Arbeiten auch Kompositionen, die im Hörerlebnis eher wie Klangflächen erscheinen und ohne lebhaftes Rhythmus auskommen. Sein Zugang zu Musik ist auffallend abstrakt und lehnt jegliche Form von Melodie ab. Zum einen setzt auch Ikeda, ähnlich wie Bernhard Leitner, auf klassische Perkussionsinstrumente. Zum anderen sind seine Sounds digitalen Ursprungs.

Gemeinsam mit Carsten Nicolai ist Ikeda als *Cyclo* tätig und arbeitet auch immer wieder mit anderen (Sound-) KünstlerInnen zusammen. *Cyclo* ist eine seit 1999 bestehende Kooperation, die sich vor allem dem **Research** (dt. Erforschen, Recherche) in Bezug auf **Soundvisualisierung** widmet. Das

¹⁸² Herbert 2011, S. 162

gemeinsame Interesse an der Ästhetik der Lissajous-Figuren¹⁸³ und deren Modulationen ließen Ikeda und Nicolai die mathematische Schönheit und Harmonien ihrer Kompositionen erkennen. *Cyclo* befasst sich auf einer experimentellen Ebene damit, wie Bilder aus Sound entstehen können. Sie legten sogar ein **Archiv** der Tonfrequenzen an, deren Wellenform besonders ansprechende, geometrische Bilder am Bildschirm des Oszilloskops ergaben. Diese Sammlung trägt den Titel „cyclopedia“. Die Einzelteile des Archivs dienen als eine Form von künstlerischem Alphabet, das dem Duo für ihre Kompositionen zur Verfügung steht. Mit der Veröffentlichung *cyclo. id vol. 01* (CD und Buch) im Jahr 2011 geben sie die gewonnenen Erkenntnisse für die Allgemeinheit frei. Die Neugierde für diese gesamte Thematik bezeichnen die beiden Künstler als Ausgangspunkt für ihre weiterführenden Analysen von Sound und das Verhältnis von Bild- zu Audiodaten. Bei den Live-Performances beispielsweise werden modulare Soundelemente (zum Teil aus besagtem Archiv) kombiniert, gemixt und übereinandergelegt, und von einer speziellen Software in Echtzeit als Visuals projiziert (z.B. im Rahmen der Performance *[OR]* von Dumb Type). Damit wird der künstlerische Prozess des Arrangierens und Komponierens im Moment seiner eigentlichen Entstehung sichtbar gemacht. Das Publikum bekommt über die entstehenden Bilder eine Art von Notation zu sehen, die zeitgleich zur Entstehung des „Musikstücks“ erzeugt wird. Der Rezipient wird somit auf zwei Sinnesebenen angesprochen. Das auditiv Erlebbare steht in direkter Verbindung mit dem Visuellen.¹⁸⁴ Charakteristisch für Ikedas Arbeitsweise ist, dass er viele seiner Projekte über den Zeitraum mehrerer Jahre bzw. sogar Jahrzehnte anlegt. Mit zahlreichen Performances, sowohl Gruppen- als auch Einzelausstellungen wurde Ryoji Ikeda international bekannt. 2014

¹⁸³ Lissajous-Figuren: „Überlagerungskurven zweier zueinander senkrecht stehender Schwingungen. Bei einem rationalen Verhältnis der Frequenzen erhält man geschlossene Kurven, ansonsten überstreicht die Lissajous-Schleife mit der Zeit die gesamte Fläche.“ (Vgl. Spektrum, „Lissajous-Figuren“)

¹⁸⁴ Vgl. Young/Hedberg, „An Interview with cyclo (Ryoji Ikeda and Carsten Nicolai)“; Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“

wurde er mit dem „Prix Ars Electronica Collide@CERN Award“ ausgezeichnet.¹⁸⁵

Mit dem japanischen Künstlerkollektiv *Dumb Type*, bestehend aus Musikern, Tänzern, Schauspielern, Schriftstellern, Architekten, Programmierern und bildenden Künstlern, arbeitete Ikeda an unterschiedlichen Performances. Er komponierte beispielsweise die „Musik“ bzw. die Sounds für die Stücke *[OR]*, *Voyage* und *memorandum*. Dabei kommen verschiedene Medien, wie etwa Video, Printmaterial, Lichtprojektionen und Musik, zum Einsatz und werden in performativen Sequenzen und Installationen miteinander verknüpft. Die Performer sind Teil dieser umfangreichen multimedialen Choreografie und treten in Verbindung mit dem Raum. „*Some of the most advanced techniques combined the human body and various media to elicit a range of viewpoints, whether religious, philosophical, medical, cultural, or emotional, onto a blinding-white stage that consisted of a circular floor and semi-cylindrical wall.*“¹⁸⁶ (dt. Manche der fortschrittlichsten Methoden verbinden den menschlichen Körper und die verschiedenen Medien, um eine Vielzahl von Blickwinkeln, seien sie religiös, philosophisch, medizinisch, kulturell oder emotional, auf einer grell weißen, runden Bühne und einer halbzylindrischen Wand, hervorzulocken.)

Der öffentlichkeitsscheue Soundkünstler betont in einem seiner wenigen Interviews, dass er bewusst nicht (zu) viel über seine Arbeiten sprechen möchte, um die Rezipienten nicht an dieses Gesagte zu binden, es gäbe nämlich unendlich viele Antworten. „*I have a very strong belief -a policy- to not give any interviews [...] I really don't want to speak about any concepts. Because there are no concepts [...] If I say something that is a kind of answer, the audience will be stuck in what I am saying. And there are infinitely many answers. [...] I want to disappear. 'Myself' is not important. [...] The installation speaks better than me. I'm inconsistent. Tomorrow I'll say*

¹⁸⁵ Vgl. Ryoji Ikeda, „biography“; Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“

¹⁸⁶ Dumb Type, „Biography – [OR]“

*something completely different.*¹⁸⁷ (dt. Ich glaube stark daran bzw. habe den Grundsatz, keine Interviews zu geben. [...] Ich möchte wirklich nicht über Konzepte sprechen. Weil es keine Konzepte gibt. [...] Wenn ich etwas sage, das einer Antwort gleicht, würde das Publikum sich an diesen Worten festhalten. Doch es gibt unendlich viele Antworten. [...] Ich möchte verschwinden. Ich selbst bin nicht maßgeblich/wichtig. [...] Die Installation spricht besser als ich. Ich bin unbeständig. Morgen werde ich etwas völlig anderes sagen.) Auch wenn dieses (vermeintliche) Nicht-Vorhandensein eines Konzepts wiederum als eine ganz bestimmte konzeptuelle Haltung interpretiert werden könnte, beschreibt der Künstler seine Arbeitsweise folgendermaßen: Während des Entstehungsprozesses entwerfe er konkrete Pläne bzw. Konzepte, die er allerdings mit der Fertigstellung wieder verwerfe. Ikeda meint dazu: *„There’s no message to what I do [...]. It’s like a Lego. [...] Lights and sound, the music and the visual, they melt together. You see, tomorrow I’ll do the soundcheck, but until then, I don’t even know how it will fit.*¹⁸⁸ (dt. Es liegt keine Botschaft in dem was ich tue [...] Es ist wie Lego. [...] Licht und Sound, Musik und das Visuelle verschmelzen miteinander. Morgen mache ich den Soundcheck, aber bis dahin weiß ich noch nicht einmal, ob es passen wird.) Dennoch lässt sich die Auseinandersetzung mit der Ästhetik von mathematischen bzw. numerischen Systemen und deren Verwendung für die Übersetzung von Sounds in Bildmaterial als Konstante in Ikedas Arbeitsweise erkennen.

¹⁸⁷ Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“

¹⁸⁸ Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“

Matrix, seit 2000

Diese Serie von raumbezogenen Soundinstallationen verwendet reine **Sinuswellen und weißes Rauschen als skulpturales Material**. Fünf spezielle Lautsprecher („Meyer SB-1s“¹⁸⁹) werden in schwarzen Rahmenkonstruktionen aufgehängt, im Raum verteilt und zum Zentrum hin ausgerichtet (Abb. 26).

Die Dimensionen des bespielten Raumes sind dabei variabel. Auf Ikedas Homepage findet man in der Projektbeschreibung eine Definition des Wortes „Matrix“, die das Essentielle der Arbeit sehr gut beschreibt: *„[...] an environment or material in which something develops; a surrounding medium or structure“*¹⁹⁰ (dt. [...] eine Umgebung oder ein Material, in dem sich etwas entwickelt; ein umgebendes Medium bzw. eine umschließende Struktur)



Abb. 26: *Matrix*, 2009, Museum of Contemporary Art Tokyo, Japan

Während sich die Rezipienten durch den Ton-Raum bewegen, werden subtil schwingende Töne und Tonfolgen hörbar. Die oszillierenden Sounds entstehen durch die Bewegung der jeweiligen Person zwischen den Lautsprechern und sind demnach nur für jede oder jeden einzeln hörbar. Halten sich mehrere Menschen gleichzeitig innerhalb des Tonfeldes auf, hört jeder seine eigene Komposition. Es ist also stets eine sehr

¹⁸⁹ Vgl. Meyer Sound, „SB-1: Parabolic Long-Throw Sound Beam“

¹⁹⁰ Ryoji Ikeda, „Project – Matrix“

individuelle und gleichermaßen intime Hörerfahrung, die die Teilnehmer machen und sozusagen als **Unikat** für sich selbst erzeugen. Ikeda spricht sich, ebenso wie Christina Kubisch und Bernhard Leitner, für eine aktive Partizipation der Rezipienten aus. *„It is a very personal experience, and only through the visitors’ physical engagement in the sound space can the real character of the work be perceived.“*¹⁹¹ (dt. Es ist eine sehr persönliche Erfahrung und nur durch die physische Beteiligung des Besuchers im Ton-Raum kann der eigentliche Charakter der Arbeit wahrgenommen werden.)

The Transfinite, seit 2011

Ausgehend von einer Diskussion über die Definition von Unendlichkeit mit dem Harvard Mathematiker Benedict Gross entwickelte Ikeda etwa seine Arbeit $V \neq L$. Er geht damit unter anderem der Frage nach, was der Mensch bzw. das menschliche Gehirn überhaupt in der Lage ist, sich vorzustellen und wo die **Grenzen unserer Imaginationsfähigkeit** liegen. Ikeda ist der Ansicht, dass es gerade durch die Konfrontation mit solch Unbegreiflichem, Unfassbarem möglich sei, zur Transzendenz zu gelangen.¹⁹² „[...] Ikeda’s subjects – infinity, the consoling poetics inherent in the digital world we’ve made, and the potential we have to exceed our rational selves in a world that sometimes feels as if it has no space for the unknowable – those subjects belong to all of us.“¹⁹³ (dt. [...]) Ikedas Themen – Unendlichkeit, die tröstende Poetik unserer selbst geschaffenen, digitalen Welt und das Potential, das wir haben, um unser rationales Selbst zu übersteigen, in einer Welt, in der es scheinbar keinen Raum für Unbegreifliches gibt. – Diese Themen betreffen uns alle.)

The Transfinite ist Ikedas bisher umfangreichste Installation und wurde 2011 in New York gezeigt. Genauer gesagt in der Park Avenue Armory, einer Ausstellungshalle, die sich dem

¹⁹¹ Ryoji Ikeda, „Project – Matrix“

¹⁹² Vgl. Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“

¹⁹³ Herbert 2011, S. 164

Präsentieren unkonventioneller künstlerischer Arbeiten vor allem aus dem Bereich der „visual and performing arts“ verschrieben hat.¹⁹⁴ Die über 5.000 Quadratmeter große und etwa 25 Meter hohe Halle wurde abgedunkelt, mit riesigen Bildschirmen (13 x 18m) und mehreren Lautsprechern ausgestattet. Auf einem Monitor waren Strichcode-ähnliche Bild- bzw. Lichtkompositionen in Bewegung zu sehen, die sich mithilfe von Projektoren auch auf am Boden liegende Matten ausbreiteten (Abb. 27).

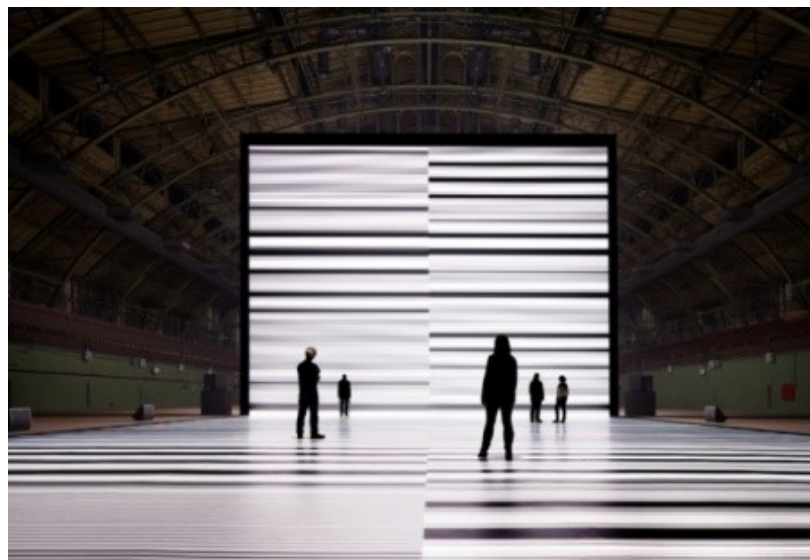


Abb. 27: *The Transfinite*, 2011, Park Avenue Armory, New York

Eine besondere **Dynamik** der Projektionen wurde unter anderem auch dadurch erreicht, dass die Bodenmatten zur einen Hälfte schwarz und zur anderen Hälfte weiß waren. Durch diese relativ simple Maßnahme wurden die impulsartigen Bewegungen der ohnehin schwarz-weiß projizierten Streifen verstärkt und das Bild auf der einen Matte quasi in ein Echtzeit-Negativ des Bildes auf der anderen verwandelt. Eine riesige **Collage** aus aufblitzenden und vorbeirasenden Linien hypnotisiert und überrollt den Rezipienten. Ein weiterer Bildschirm zeigte unendliche Zahlenreihen bzw. Binärcodes und Programmierungsdateien der Lichtprojektionen und Sounds, sozusagen das Innenleben der gesamten Installation. Die

¹⁹⁴ Vgl. Park Avenue Armory, „about us“

Töne, die die Halle erfüllen, ähneln in ihrem Klang denen von Störungen elektronischer Geräte oder Testbildern aus dem Fernsehen. Schwingende, dynamische Tonschwankungen lassen ein rhythmisches, beinahe schwindelerregendes Klangbild im Raum entstehen. Techno-ähnliche Sounds wechseln sich mit meditativeren Video- und Soundsequenzen ab. Dann wirken die Barcodes wie Wellen und auch die Klänge werden sanfter bis nahezu atmosphärisch. Das Zusammenwirken des visuellen und akustischen Materials umhüllt die Besucher mit einer Vielzahl sensorischer Eindrücke und hinterlässt ein **Gefühl von Unbegreiflichkeit**.¹⁹⁵ Im Versuch, die Binärcodes als Notation für die auditiven Kompositionen zu entschlüsseln, manifestiert sich der Wille, technische Vorgänge nachvollziehen zu können und bringt den Menschen sozusagen in einen Dialog mit der Software. Ein eigener Zugang zu einer speziellen Form von Kommunikation wird ermöglicht. Darüber hinaus agieren die Besucher als Teil der gesamten Performance, indem sie sich, angeregt durch die vorüberziehenden Streifen und die klanglichen Impulse, im Raum bewegen und etwa mit ihren Schatten neue, individuelle Bilder auf den Projektionsflächen erzeugen.

Rebecca Robertson, Leiterin der Park Avenue Armory, beschreibt ihre Impressionen zu dieser Installation mit folgenden Worten: *„I don't frankly understand it. [...] Well I do, but it's so abstract. You're in this sea of data and numbers and sounds. You feel like you're in infinity.“*¹⁹⁶ (dt. Offen gesagt, verstehe ich es nicht. [...] Ich verstehe es schon, aber es ist sehr abstrakt. Man befindet sich in einem Meer aus Daten, Zahlen und Sounds. Es fühlt sich wie Unendlichkeit an.) Diese Vorstellung, sich in der Unendlichkeit zu befinden, erinnert in gewisser Hinsicht an das Gefühl, das man beim Hören von Bernhard Leitners *Kopfräumen* verspürt. Ein geometrisch beschränkter, im Grunde völlig statischer Raum, wie die Halle der Park Avenue Armory, kann durch auditive und visuelle Reize den Eindruck erwecken, dass die eigentlichen Raumdi-

¹⁹⁵ Vgl. Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“; Jamie Kulhanek, „The Transfinite – Ryoji Ikeda“

¹⁹⁶ Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“

mensionen aufgehoben werden. Ein Raum ohne konkreten bzw. festgelegten Maßstab entsteht. Das Datenmeer, von dem Robertson spricht, könnte als Metapher für das digitale Zeitalter interpretiert werden. Daten sind so gut wie überall, alles ist miteinander verbunden. Wir hinterlassen permanent unsere Spuren und Fußabdrücke in der von Daten dominierten, virtuellen Welt. Dies geschieht oftmals ohne sich überhaupt dessen bewusst zu sein, geschweige denn über die möglichen Folgen von deren Missbrauch nachzudenken. Könnte es sich vielleicht ähnlich wie Ikeda's *Transfinite* anfühlen, durchs World Wide Web zu „fliegen“?

Ein historisches Beispiel mit ähnlichen Ansätzen stellt der **Philips-Pavillon** der Brüsseler Weltausstellung 1958 von Le Corbusier und Edgar Varèse dar. Die Firma Philips, ein Vorreiter auf dem Gebiet der mediatisierten Umgebungen, beabsichtigte eine möglichst beeindruckende Präsentation ihrer damals aktuellen technischen Geräte. Dazu wurden Le Corbusier und dessen Assistent Iannis Xenakis für die architektonische Konstruktion eines Pavillons beauftragt, während Edgar Varèse die **multimediale Inszenierung** *Poème Électronique* für den Innenraum komponierte und arrangierte. Auch wenn Meinungsverschiedenheiten über die Autorenschaft immer wieder zu Uneinigkeiten führten war Xenakis maßgeblich am Gesamtentwurf beteiligt. Er, der neben seiner Funktion als Ingenieur auch als Komponist tätig war, nutzte viele seiner musikalischen zufallsgesteuerten und wahrscheinlichkeitstheoretischen Prinzipien für die Entwicklung der Architektur des Pavillons. Er war also in der Lage, mathematische bzw. wissenschaftliche Methoden in einen künstlerischen Prozess zu integrieren, oder besser gesagt, zu übersetzen. Diese bemerkenswerte Fähigkeit Xenakis', räumliche und musikalische Strukturen derartig miteinander in Verbindung zu bringen, bildete den entscheidenden Grundstein für die Entwicklung der **innovativen Betonschalenkonstruktion** (Abb. 28). Der Raum wurde eigens für die Aufführung der audiovisuellen Arbeit entworfen und ebenso verhielt es sich umge-



Abb. 28: Philips Pavillon, 1958,
Weltausstellung, Brüssel

kehrt. Le Corbusier erarbeitete gemeinsam mit Jean Petit und Philippe Agostini den visuellen Teil des *Poème Électronique*. In schwarz-weißen Bildern wurde die Menschheitsgeschichte an die Innenwände des Gebäudes projiziert. Die Licht- und Farbprojektionen, die diese assoziativ zusammengestellte aber dennoch dokumentarisch konzipierte Geschichte überlagerten, „wurden von Edgar Varèses *musique concrète-Komposition*, dem *Poème Électronique* begleitet.“¹⁹⁷ Dieser damals unglaublich innovative Zugang, das Zusammenspiel der einzelnen Elemente wie Architektur, Farbe, Bilder, Klang, Rhythmus, Stimmen und Musik, die sich überlagern und damit etwas weit größeres schaffen können, macht den Philips-Pavillon zu einem Prototyp der Raum- und Soundkunst. Mit insgesamt 350 Lautsprechern und einer der **frühesten Lautsprecher-Steuerungen** wurde versucht, die Ausbreitung der Töne innerhalb des Raums möglichst genau zu kontrollieren. Aus heutiger Sicht erscheinen die damals verfügbaren technischen Mittel primitiv. Die Musik an sich wurde in einer einzigen Tonspur aufgenommen. Zusätzlich gab es zwei weitere Tonspuren. Eine davon für Spezialeffekte, die andere für den Nachhall. Monatelang wurde an der achtminütigen Komposition gearbeitet. Varèse berichtete, dass für ihn mit der Aufführung ein Traum in Erfüllung gegangen sei. Zum ersten Mal hätte er seine Musik förmlich in den Raum projiziert wahrgenommen. Der Pavillon wurde von vornherein als temporäres Bauwerk geplant und stellt nichtsdestotrotz einen Meilenstein sowohl in der Entwicklung der modernen Architektur als auch der elektronischen und multimedialen Kunst dar. Bevor er abgerissen wurde, zählte man etwa zwei Millionen Besucher.¹⁹⁸

„*The historical language of music and space was inadequate to describe Varèse's composition.*“¹⁹⁹ (dt. Die historische Sprache für Musik und Raum war inadäquat, um Varèses Komposition zu beschreiben.) Mehrere Jahrzehnte lang fand sich das Projekt in keinerlei Forschung der Architekturtheorie

¹⁹⁷ Kiefer 2010, S. 68

¹⁹⁸ Vgl. Blesser/Salter 2007, S. 149-171; Kiefer 2010, S. 68, S. 91-103

¹⁹⁹ Blesser/Salter 2007, S. 149

einbezogen. Die Suche nach Vorbildern für zeitgenössische Architektur steht in enger Verbindung mit der Wiederentdeckung bzw. Wiederanerkennung des eigentlichen Wertes der Entwürfe. Die dynamische Formgebung des Philips-Pavillons mit den *„hyperbolisch-paraboloiden und konischen Schalen fasziniert heute von Neuem, da die Architektur ihr Vokabular durch komplexere, ‚fließendere‘ Formen erweitert hat.“*²⁰⁰

²⁰⁰ Kiefer 2010, S. 93

Eigenes künstlerisches Projekt

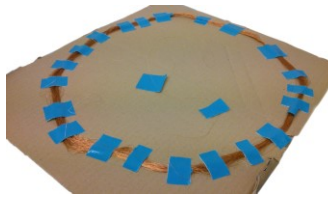


Abb. 29: 0,2mm Kupferlackdraht,
ca. 180 Windungen, Ø 35cm



Abb. 30: 0,15mm Kupferlackdraht,
ca. 200 Windungen, Ø 8,5cm



Abb. 31: 0,15mm Kupferlackdraht,
ca. 400 Windungen, Ø 8,5cm

Im Rahmen eines Seminars in meinem ersten Studienjahr habe ich mich erstmals künstlerisch und auf experimentellem Weg den Themen Sound und Raum genähert. Die Aufgabenstellung zu dieser Arbeit bestand in der **Kontaktaufnahme mit (einem) Raum**. Für mich kristallisierte sich sehr bald ein Interesse an der auditiven „Kommunikation“ mit meiner näheren Umgebung heraus, weshalb ich mich zunächst mit Tönen und Sounds in Bezug auf meinen Körper auseinandersetzte. Ich begab mich auf die Suche nach meinem sogenannten Eigenton bzw. **Urton** (Siehe Raymond Murray Schafer) und konnte diesen zwischen eingestrichenem G (396 Hz), Gis (422,4 Hz) und dem Kammerton A (440 Hz), also nicht immer einheitlich, ausmachen. Auch auf das Thema der Obertöne bin ich im Rahmen der damaligen Recherchen das erste Mal aufmerksam geworden. Die Tatsache, dass wir bestimmte physikalische Phänomene, die sich rund um uns ereignen, mit unseren Sinnen nicht unmittelbar wahrnehmen können, faszinierte mich in höchstem Maße. Ich kam zu der Überlegung, ob man etwa **elektromagnetische Wellen**, die außerhalb des Bereichs von sichtbarem Licht, also im elektromagnetischen Spektrum unter 400nm bzw. über 750nm Wellenlänge liegen und für uns allgemein nicht sinnlich erfahrbar sind, **wahrnehmbar machen** könne. Im Bereich unterhalb von 400nm Wellenlänge liegen beispielsweise UV-Licht, Röntgen- und Gammastrahlung. Elektromagnetische Wellen mit mehr als 750nm Wellenlänge sind z.B. Infrarotes Licht, Mikrowellen, Kurz-, Mittel- und Langwellen des Rundfunks und Mobiltelefonie.²⁰¹

Nach einer Recherchephase und über den Hinweis einer Studienkollegin machte ich mich daran, mir eine Spule aus Kupferlackdraht zu wickeln, mithilfe derer man, in Kombination mit einem Aufnahmegerät, elektromagnetische Felder zu detektieren in der Lage sei.

²⁰¹ Vgl. Spektrum, „elektromagnetisches Spektrum“

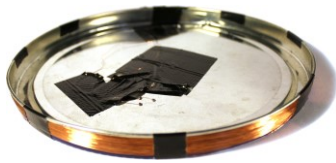


Abb. 32: 0,15mm Kupferlackdraht,
ca. 170 Windungen, Ø 19,5cm



Abb. 33: 0,15mm Kupferlackdraht,
ca. 200 Windungen, Ø 19,5cm



Abb. 34: 0,2mm Kupferlackdraht,
ca. 180 Windungen, Ø 24cm



Abb. 35: 0,2mm Kupferlackdraht,
ca. 175 Windungen, Ø 28cm

Wie sich im Nachhinein herausstellen sollte, ist die Schwierigkeit dabei, herauszufinden mit welcher Drahtstärke man wie viele Windungen wickeln muss und welchen Durchmesser die Spule idealerweise haben muss, um als eine Art „**Induktions-Mikrofon**“ zu funktionieren. Darüber hinaus ist es sehr wichtig, die einzelnen Windungen beim Wickeln möglichst kompakt aneinander vorbeizuführen. Nach einigen gescheiterten Versuchen (Abb. 29 bis 35) und unzähligen gewickelten Metern Kupferlackdraht stieß ich auf den südamerikanischen Soundkünstler Chrs Galarreta, der mittels solcher Spulen elektromagnetische Felder akustisch erfahrbar macht und die damit aufgenommenen Töne für seine (Live-)Performances verwendet.

Nach einem Gespräch mit Chrs Galarreta bei einem seiner Vorträge in Wien gelang es mir, meinen eigenen funktionierenden **Detektor** anzufertigen. Die optimalen Maße dafür sind: ca. 175 Windungen aus 0,2mm starkem Kupferlackdraht bei einem Spulendurchmesser von 28cm. In Kombination mit einem Aufnahmegerät ist es mittels dieser Spule möglich (das an die ab-isolierten Drahtenden angelötete Audio-Kabel mit 3,5mm-Klinkenstecker an den Mikrofon-Eingang des Aufnahmegeräts angeschlossen), Signale elektromagnetischer Felder aufzunehmen und in Töne umzuwandeln. Diese Art des Detektierens und des forschenden Suchens nach Sounds erinnert mich nun, nach genauerer Betrachtung ihrer Arbeiten, stark an den Zugang von Christina Kubisch.

In meinen damaligen Experimenten habe ich mich zunächst auf meinen Wohnraum und die darin existierenden elektromagnetischen Felder beschränkt, um exemplarisch aufzuzeigen, wie viele es sind und wie oft wir uns ihnen unwissentlich aussetzen, ohne es zu bemerken. Zunächst habe ich beispielsweise die Sounds von Mikrowelle, Fernseher, Laptop und elektrischer Zahnbürste aufgenommen und die Geräte gefilmt, während sie in Betrieb waren. Daraus entstand eine Collage aus Videos mit zum Teil sehr unangenehm klin-



Abb. 36: QR-Code Playlist
„Elektromagnetische Felder“

genden Sounds. Die Videos zeigen reale Situationen, in der elektronische Geräte des täglichen Lebens eine vollkommen absurde Klangkulisse erzeugen. Die Arbeit behandelt unter anderem die Frage, wie beispielsweise ein morgendlicher Start in den Tag (z.B. mit Benützung von elektrischer Zahnbürste, Kaffeemaschine, Wasserkocher, Mikrowelle) in einer utopischen Welt klingen würde, in der wir elektromagnetische Felder hören könnten. Der Stromzähler etwa würde uns den Alltag mit permanent dröhnenden Basstönen akustisch untermalen.

Der QR-Code in Abb. 36 und folgender Weblink führen direkt zu der Playlist, die die einzelnen Aufnahmen der elektromagnetischen Felder in meiner Wohnumgebung enthält: <https://soundcloud.com/user-542313906/sets/elektromagnetische-felder>



Abb. 37: Rahmenkonstruktion

Die elektronischen Geräte (Beamer, Laptop, Lautsprecher), die für das Abspielen der Videos und Sounds benötigt werden, sind im Inneren einer mit schwarzem Molton verkleideten Konstruktion platziert (Abb. 37). Der obere Rahmen dieses quaderförmigen Gehäuses ist mit Rückprojektionsfolie bespannt. Die Videos werden über den Beamer direkt im Inneren abgespielt und sind demnach von außen, an der Oberseite der Rahmenkonstruktion zu sehen. Auf der Rückprojektionsfolie wurde der Wohnungsgrundriss mit milchig-transparentem Klebeband aufgebracht. Diese halb durchsichtigen Linien symbolisieren zwar die Anordnung der massiven Wände, verdeutlichen aber zugleich, dass elektromagnetische Strahlung sich davon nicht unbedingt in ihrer Ausbreitung behindern lässt. Die Omnipräsenz dieser Wellen in unserer heutigen Lebenswelt macht selbst vor unseren intimsten und privatesten Räumlichkeiten nicht Halt.

Resümee

„Sound erscheint mir [...] als eine exemplarische Vermittlungskategorie fassbar: Als umfassender Begriff des Hörbaren vermittelt er zwischen Musik und Geräusch und damit im traditionellen Sinn zwischen Kunst und Alltag.“²⁰²

Helmut Draxler

So wie es ein wesentliches Charakteristikum der Kunst und ihrer Rezeption im Allgemeinen ist, ist auch auditive Wahrnehmung durch überaus subjektive Eindrücke gekennzeichnet. Die Einbindung des Rezipienten in den künstlerischen Prozess, verstärkt und betont diese Gegebenheit zusätzlich. Die individuelle Form des Erlebens macht die Verknüpfung der Themenfelder Raum und Sound besonders reizvoll und vermittelt, zum Teil sehr subtil, wie unsere Handlungen und Bewegungen, etwa in ihrer Zeitlichkeit, auf unsere Umgebung (ein-)wirken können. Das direkte Einbeziehen des Rezipienten zieht sich wie ein roter Faden durch die angeführten Beispiele aus der Sound Art, wie etwa in den Arbeiten von Bernhard Leitner, Christina Kubisch und Ryoji Ikeda. Der Bezug zum Menschen und der auditiven Wahrnehmung seiner unmittelbaren (Lebens-)Umgebung sind auch in den anderen erläuterten Arbeiten von zentraler Bedeutung (z.B. der Philips-Pavillon inkl. dem „Poème Électronique“ 1958, Alvin Luciers „I am sitting in a room“ 1969, Max Neuhaus' „Drive-in Music“ 1967/68 bzw. mein eigenes Projekt). Diese inhaltlichen Konstanten bestehen (in der Sound Art) nach wie vor, auch wenn sich die technischen Mittel zur Umsetzung und Präsen-

²⁰² Draxler 2009, S. 24

tation von Klangkunst im Laufe der vergangenen Jahre maßgeblich verändert bzw. weiterentwickelt haben. Denn selbst wenn sich unser gesamtes sinnliches Empfinden innerhalb der letzten Jahrzehnte an eine immer größere Reizdichte anpassen musste, laufen die physikalischen und neuronalen Funktionen wie seit jeher ab. Darüber hinaus übt der Gehörsinn, mit seinem unglaublich feingliedrigen physiologischen Aufbau und seinen psychologisch individuellen Einzelheiten eine besondere Faszination aus. Wie und wodurch sich die Wahrnehmung, in diesem konkreten Fall die räumliche und auditive, beeinflussen und verändern lässt, bleibt bis auf weiteres ein spannendes Gebiet, das sich in gewissem Sinne immer auch in einem Feld zwischen Wissenschaft und Kunst bewegt.

Dass eine derart individuelle, subjektive Erfahrung im öffentlichen Raum bzw. in einem musealen Umfeld ihrer eigentlichen Intimität entrückt wird, stellt ein empfindliches Spannungsfeld in der Rezeption von Sound Art im Allgemeinen dar. Von den in dieser Diplomarbeit angeführten Beispielen lassen sich einzig und allein die *Kopfräume* von Bernhard Leitner (sie sind als CD erhältlich und somit an jedem beliebigen Ort zu jeder beliebigen Zeit erlebbar) in uneingeschränkter Intimität und tatsächlich nur vom jeweiligen Hörer erfahren.

Das Hauptanliegen dieser Diplomarbeit, einerseits eine verständliche Aufbereitung und das Begreifbarmachen physikalischer Gegebenheiten in Bezug auf Schallausbreitung und raumakustische Wahrnehmung, und andererseits eine Einbindung der daraus gewonnenen Erkenntnisse in einen künstlerischen Kontext wurde unter anderem durch die direkte Möglichkeit, die Soundbeispiele parallel zum leserlichen Erfassen hörbar zu machen, unterstützt. Dennoch kann dies dem Eindruck, der beim realen Erleben einer künstlerischen Arbeit potentiell entstehen kann, nicht gerecht werden. In einem Gespräch mit Stefan Fricke meint Christina Kubisch dazu: *„Klangkunst zu dokumentieren ist schwierig, das Sinnliche, das Räumliche, die Erfahrung, das kann man kaum do-*

*kumentieren. Kataloge sind immer noch eine von mir sehr geschätzte Dokumentationsform, auch wenn mir ganz klar ist, dass das nur ein Teil dessen widerspiegeln kann, was ich tue, selbst wenn der Katalog eine CD oder DVD enthält. Aber damit muss man leben, man kann nicht alles dokumentieren und sollte es auch nicht.*²⁰³

Im Zuge einer abschließenden Phase der Selbstreflexion, habe ich meine Erfahrungen während des Studiums, die vielen Seminare und Projekte Revue passieren lassen und kam zu einer für mich ebenso überraschenden wie entscheidenden Erkenntnis: Zu Beginn des Studiums habe ich ein verpflichtendes Architektur-Grundlagen-Seminar besucht und war mit dem Thema „Notationen von Raum“ schlichtweg überfordert. Ich habe nicht wirklich verstanden, worum es dabei im Konkreten gehen mag bzw. soll. Diese Erfahrung löste damals massive Selbstzweifel aus und es war alles andere als einfach, sich dieses Scheitern ein- bzw. zuzugestehen. Zum damaligen Zeitpunkt war ich einfach noch nicht dazu bereit, diese Tatsache mir und anderen gegenüber zuzugeben. Später habe ich in Gesprächen mit Mitstudierenden erfahren, dass ich keineswegs die einzige war, die derartig mit der abstrakten Aufgabenstellung zu kämpfen hatte. Zurückblickend bestärkt es mich sehr, dass ich mich im Laufe der vergangenen Jahre immer wieder mit ähnlichen Themen auseinandergesetzt habe, (auch) ohne beabsichtigten Zusammenhang zu besagtem Seminar. Ich betrachte den Verlauf meines Studiums inklusive dieser Abschlussarbeit nun im Nachhinein u.a. auch als einen unbewussten aber durchaus erfolgreichen Verarbeitungsprozess eines sehr einschneidenden Erlebnisses des Scheiterns.

Als Kunst- und Designvermittlerin betrachte ich die Beschäftigung mit Sound und den vielen in dieser Diplomarbeit beschriebenen (Teil-)Aspekten als essentiellen Teil im schulischen Unterricht. Das Interesse an Technik und vor allem das Potential im Umgang mit elektronischen Geräten schätze ich

²⁰³ Fricke 2011, S. 67

bei Kindern und Jugendlichen als durchaus vorhanden ein. Ihnen eine (vermutlich) noch unbekannte Perspektive zu eröffnen, indem man beispielsweise mit einer selbstgewickelten Kupferdrahtspule Unsichtbares hörbar und somit erlebbar machen kann, stelle ich mir äußerst spannend vor. In weiterer Hinsicht bahnen sich dadurch ggf. Möglichkeiten an, Wissen, beispielsweise aus dem Physik- und Werkunterricht, einerseits miteinander und andererseits mit der Lebensrealität der Schülerinnen und Schüler zu verknüpfen.

***Mit Selbstkonstruiertem die Welt erforschen, um
mittels Selbsterlebtem die Welt zu begreifen.***

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle meinen persönlichen Dank an einige Personen zum Ausdruck bringen, die mich während des Entstehungsprozesses dieser Diplomarbeit begleitet haben.

Ein großes Dankeschön geht an

CHRISTOPH KALTENBRUNNER

für die Betreuung und die vielen interessanten Impulse und Anregungen sowohl auf inhaltlicher als auch graphischer Ebene

HERBERT MÜLLNER

für das Interesse und den Zugang zu den Messräumen des TGM

DAVID HAIGNER

für die Hilfsbereitschaft und die fachliche Unterstützung besonders bei der Auswertung der Ergebnisse der Raumuntersuchungen

ULI KÜHN

für spannende Inputs und die kompetente Betreuung in technischen Fragen

HELMUT RAINER

für interessante Gespräche und entscheidende inhaltliche Denkanstöße

ALICE REINIGER

für viele Ratschläge und Hilfestellungen aus dem Erfahrungsschatz und vor allem für positive Energie, sowie die einfühlsame seelische Unterstützung

BERNHARD LEITNER

für ausführliche Telefongespräche, entscheidende Hinweise, den offenen Umgang mit Informationen über seine Arbeiten und die Erlaubnis, Hörbeispiele aus seinen *Kopfräumen* auf *Soundcloud* hochzuladen, um sie für die Leser dieser Diplomarbeit zugänglich zu machen

MEINE STUDIENKOLLEGEN UND LEHRENDEN

für eine aufregende Zeit mit einer Menge Spaß, anregenden Gedanken, guten Gesprächen und vielen faszinierenden Projekten, außergewöhnlichen Konzepten und Ideen

MEINE LIEBEN

für eure Geduld, guten Zuspruch und das liebevolle Verständnis in jeder einzelnen Phase der Motivations- und Stimmungskurve

Anhang

Glossar

Sound

Überbegriff für die Gesamtheit alles Auditiven

Ton

reiner Ton, Sinuswelle; auch als (sinusförmige) Grundschiwingung oder Grundton beschrieben

Obertöne

Teiltöne, die wir normalerweise nicht gesondert wahrnehmen, die aber insofern von entscheidender Bedeutung sind, da sie z.B. Musikinstrumenten ihren jeweils charakteristischen Klang geben

Klang

Die Kombination aus Grundton und Obertönen ergibt den für das jeweilige Instrument bzw. die jeweilige Stimme signifikanten Klang.

Geräusch

Schall ohne periodische Eigenschaften, der sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Schwingungen mit unterschiedlichen Frequenzen zusammensetzt

Frequenz

Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, wird in Hertz (Hz) bzw. Kilohertz (kHz) gemessen; Tonhöhe = Empfinden der Frequenz

Amplitude

die Intensität einer Schwingung bzw. der Wert einer Welle zu einem bestimmten Zeitpunkt; Lautstärke = Empfinden der Amplitude

Weißes Rauschen

entsteht durch zufällige Geräusche, die gleichmäßig über das Schallspektrum verteilt sind. Die Amplitude ist für alle Frequenzen konstant.

Schallgeschwindigkeit

in Luft mit 21°C ist die Schallgeschwindigkeit ungefähr 344 m/s

binaural

hören mit zwei Ohren, beide Ohren bzw. Kanäle betreffend

Empfänger

menschlicher Zuhörer, Ohr, Mikrophon

Graphikkonzept

Verwendete Schriftart: Futura

Die Auswahl der Schriftart erfolgte zum einen nach pragmatischen Gesichtspunkten hinsichtlich des Vorhabens, einige Exemplare der gedruckten Diplomarbeit eigenhändig in der Papierwerkstatt der Abteilung für Buchkunst an der Angewandten zu binden. Für das Prägen des Titels (auf die vordere Buchdecke bzw. den Buchrücken) steht ein begrenztes Sortiment an Typografien zu Verfügung, u.a. die *Futura*.

Zum anderen ist auch das Konstruktionskonzept dieser Schriftart interessant, da es auf rein geometrischen Formen beruht. Das Erscheinungsbild ist sowohl sachlich und funktional, dabei gleichzeitig sehr charakterstark und vermittelt Konsequenz im Design.

Die serifenlosen Lettern ergeben, meinem Empfinden nach, ein ästhetisches, reduziertes Schriftbild und unterstützen den Lesefluss. Zusätzlich wurde in der vorliegenden Diplomarbeit ganz bewusst ein leserfreundlicher Einzug der Spaltenbreite gewählt.

Die *Futura* wurde 1927 von Paul Renner, einem deutschen Typografen und Graphikdesigner, entworfen. Die Buchstaben wurden mit Zirkel und Lineal konstruiert und „setzen sich aus den geometrischen Grundformen des Quadrats, des Kreises und des Dreiecks zusammen.“²⁰⁴ Dieses formalästhetische Verfahren machte die Schrift auch am *Bauhaus* äußerst beliebt.

Besonders in den 1950er- und 1960er Jahren war diese Schriftart sehr populär und wurde beispielsweise für die Aufschrift einer Plakette verwendet, die von Neil Armstrong und Edwin Aldrin auf dem Mond hinterlegt wurde. Für viele seiner Filmvorspanne und -Plakate wählte der US-amerikanische Regisseur, Drehbuchautor und Produzent Stanley Kubrick ebenso die *Futura*.

²⁰⁴ mw gestaltung & kommunikation, „Klassiker der Typografie: Futura“

Verwendete Literatur

Ansorge, Ulrich /Leder, Helmut /Kriz, Jürgen (Hg.), Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, Wiesbaden: Springer Fachmedien – VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2011.

Blessner, Barry /Salter, Linda-Ruth, Spaces Speak, Are You Listening?, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2007.

Cage, John, Silence, Middletown/Connecticut: Wesleyan University Press, 1961

Cox, Christoph, „From Music to Sound: Being as Time in the Sonic Arts“, in: Caleb Kelly, Sound, London: Whitechapel Gallery/Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2011, S. 80-87.

Dankl, Günther, „Ton + Raum + Skulptur = TonRaumSkulptur“, in: Wolfgang Meighörner (Hg.), Bernhard Leitner – Pulsierende Stille, Innsbruck: Tiroler Landesmuseen, 2008, S. 7-9.

de la Motte-Haber, Helga, „Auszug aus der Eröffnungsrede der Ausstellung ‚Dreiunddreißig Felder‘, singuhr – hörgalerie in parochial, Berlin 2002“, in: Helga de la Motte-Haber (Hg.), Sonambiente Berlin 2006: Klang-Kunst Sound Art, Heidelberg: Kehrer, 2006.

de la Motte-Haber, Helga, „Ton-Räume-Felder-Objekte“, in: Bernhard Leitner, Sound : space, Ostfildern: Cantz Verlag, 1998, S. 213-216.

Draxler, Helmut, „Wie können wir Sound als Kunst wahrnehmen?“, in: Cosima Rainer (Hg.), Ausstellung See This Sound: Versprechungen von Bild und Ton, Köln: Walther König, 2009, S. 20-25.

Fricke, Stefan, „Klangkunst ist mein Leben. Christina Kubisch im Gespräch mit Stefan Fricke“, in: MusikTexte 131, Köln: Verlag MusikTexte, 2011, S. 61-69.

Grueneisen, Peter, Soundspace. Architektur für Ton und Bild, Basel: Birkhäuser – Verlag für Architektur, 2003.

Hellbrück, Jürgen/Ellermeier, Wolfgang, Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie, Göttingen: Hogrefe-Verlag für Psychologie, 2004.

Herbert, Martin, „Infinity’s Borders: Ryoji Ikeda“, in: Caleb Kelly, Sound, London: Whitechapel Gallery/Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2011, S. 162-165.

Kalivoda, Manfred/Steiner, Johannes (Hg.), Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, Wien: Springer-Verlag Technik, 1998.

Kaltenbrunner, Christoph, Auditive architektonische Wahrnehmung – Exposé für eine Gastprofessur, Skriptum, 2012.

Kiefer, Peter (Hg.), Klangräume der Kunst, Heidelberg: Kehrer Verlag, 2010.

Kubisch, Christina, „About My Installations“, in: A Different Climate: Women Artists Use New Media, Düsseldorf: Städtische Kunsthalle Düsseldorf, 1986, S. 69-72.

LaBelle, Brandon, Acoustic Territories, New York (u.a.): Continuum, 2010.

Leitner, Bernhard, .P.U.L.S.E. Räume der Zeit, Karlsruhe: ZKM Buch Hatje Cantz, 2008.

Leitner, Bernhard, Skizzenbuch Notation Ton-Räume, Ostfildern: Hatje Cantz Verlag, 2015.

Leitner, Bernhard, Sound : space, Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz Verlag, 1998.

Leitner, Bernhard, „Sound Architecture“, in: Artforum New York, März 1971, S. 38-43.

Lerch, Reinhard/Sessler, Gerhard/Wolf, Dietrich, Technische Akustik: Grundlagen und Anwendungen, Berlin: Springer Verlag, 2009.

Linke, Detlef B., „Zu den Kopf-Raum-Stücken“, in: Bernhard Leitner, *Kopfräume – Headsapes* (CD-Booklet), Ostfildern: Hatje Cantz Verlag Edition ZKM, 2003.

Long, Marshall, *Architectural Acoustics*, Oxford (u.a.): Elsevier Academic Press, 2014.

Lucier, Alvin, *Reflections: Interviews, Notationen, Texte* (Edition MusikTexte), Köln: MusikTexte, 1995.

Meighörner, Wolfgang (Hg.), *Bernhard Leitner – Pulsierende Stille*, Innsbruck: Tiroler Landesmuseen, 2008.

Miller, Norbert, „Kopfräume“, in: Bernhard Leitner, *Sound : space*, Ostfildern: Cantz Verlag, 1998, S. 13-19.

Saccenti, Edoardo, „Beethoven’s deafness and his three styles“, in: *BMJ British Medical Journal*, 20. Dezember 2011.

Samsonow, Elisabeth, „Panaudition. All-Frequenz und Ganzkörperohr“, in: Wolfgang Meighörner (Hg.), *Bernhard Leitner – Pulsierende Stille*, Innsbruck: Tiroler Landesmuseen, 2008, S. 11-13.

Schafer, R. Murray, *Die Ordnung der Klänge. Eine Kulturgeschichte des Hörens*, Mainz: Schott Verlag, 2010.

Schafer, R. Murray, *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*, Rochester, Vermont: Destiny Books, 1994.

Schafer, R. Murray, „The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World“, in: Caleb Kelly, *Sound*, London: Whitechapel Gallery/Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2011, S. 110-111.

Smith, Bruce R., „Coda: Talking Sound History“, in: Mark M. Smith (Hg.), *Hearing History*, Athen/London: University of Georgia Press, 2004, S. 365-389.

Online-Quellen

Berliner Festspiele, „Film & Gespräch Alvin Lucier“, in: Berliner Festspiele – MaerzMusik,
https://www.berlinerfestspiele.de/de/aktuell/festivals/maerzmusik/programm_mm/mm17_programm_gesamt/mm17_veranstaltungsdetail_196192.php (Zugriff am 8.5.2017).

die angewandte, „transducing the city, elektromagnetische topografien“, in: Universität für angewandte Kunst Wien – Aktuell, http://http-dieangewandte-dev.uni-ak.ac.at/jart/prj3/angewandte/main.jart?rel=de&reserve-mode=active&content-id=1229508255626&aktuelles_id=1441546842535 (Zugriff am 21.4.2017).

Duden, „binaural“, in:
<http://www.duden.de/rechtschreibung/binaural> (Zugriff am 15.5.2017).

Duden, „distal“, in:
<http://www.duden.de/rechtschreibung/distal> (Zugriff am 27.2.2017).

Duden, „subliminal“, in:
<http://www.duden.de/rechtschreibung/subliminal> (Zugriff am 28.4.2017).

Dumb Type, „Biography – [OR]“, in:
<http://www.epidemic.net/en/art/dumbtype/index.html> (Zugriff am 8.5.2017).

Chrs Galarreta, „Sajjra“, in:
http://sajjra.net/chrs/?page_id=12 (Zugriff am 16.2.2017).

David Haigner, „Impressum und CV“, in:
http://www.haigner.com/content_de/impressum.htm (Zugriff am 12.5.2017).

Gudrun Hausegger, „Bernhard Leitner. Ton-Architektur im Architekturzentrum Wien“, in: Architektur Aktuell, <https://www.architektur-aktuell.at/news/vortrag-und-ausstellung-bernhard-leitner-ton-architektur-im-architekturzentrum-wien> (Zugriff am 10.1.2017).

hifisound, „Mitteltöner“, in: <https://www.hifisound.de/de/Lautsprecher-Selbstbau/Lautsprecher-Chassis/Mitteltoener/> (Zugriff am 9.5.2017).

ISO International Organization for Standardization, „ISO 354:2003. Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room“, in: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:354:ed-2:v1:en> (Zugriff am 26.4.2017).

Ryoji Ikeda, „biography“, in: Ryoji Ikeda – biography, <http://www.ryojiikeda.com/biography/> (Zugriff am 22.4.2017).

Ryoji Ikeda, „matrix“, in: Ryoji Ikeda – works – matrix, <http://www.ryojiikeda.com/project/matrix/> (Zugriff am 22.4.2017).

Klangräume der Kunst, „Christina Kubisch, Listen through the walls, 1981, Martina Franca – Italien“, in: <http://klangkunst.mo-labs.com/christina-kubisch-listen-through-the-walls-1981-martina-franca-italien-203/> (Zugriff am 5.5.2017).

Jamie Kulhanek, „The Transfinite – Ryoji Ikeda“, in: ArtAsiaPacific, <http://artasiapacific.com/Magazine/WebExclusives/TheTransfiniteRyojiIkeda> (Zugriff am 24.4.2017).

Christina Kubisch, „Biografie“ in: Christina Kubisch – Biografie, <http://www.christinakubisch.de/de/biografie> (Zugriff am 21.4.2017).

Christina Kubisch, „Electrical Walks – Elektromagnetische Stadtpaziergänge“, in: Christina Kubisch – Arbeiten, http://www.christinakubisch.de/de/arbeiten/electrical_walks (Zugriff am 5.4.2017).

Christina Kubisch, „Elektromagnetische Induktion“, in: Christina Kubisch – Installationen, <http://www.christinakubisch.de/de/arbeiten/installationen/2> (Zugriff am 21.4.2017).

Brandon LaBelle, „Alvin Lucier“, in: <http://www.documenta14.de/de/artists/5877/alvin-lucier> (Zugriff am 8.5.2017).

Fabian Lasarzik, „Das Unbehagen aus der Tiefe. Text zu Christina Kubischs audiovisueller Installation *Unter Grund* in der Zeche Zollverein 2014“, in: Gruenrekorder – Unter Grund, http://www.gruenrekorder.de/?page_id=14276 (Zugriff am 22.4.2017).

Bernhard Leitner, „Ton-Raum-Manifest“, in: Bernhard Leitner – Texte, <http://www.bernhardleitner.at/texts> (Zugriff am 17.3.2017).

Alvin Lucier, „I am sitting in a room“, in: The composer Alvin Lucier – No Ideas but in Things, http://alvin-lucier-film.com/i_am_sitting.html (Zugriff am 8.5.2017).

Alvin Lucier, „Sferics“, in: The composer Alvin Lucier – No Ideas but in Things, <http://www.alvin-lucier-film.com/sferics.html> (Zugriff am 8.5.2017).

Michael H. Miller, „Infinite Quest: Ryoji Ikeda Wants to Disappear“, in: Observer, <http://observer.com/2011/05/infinite-quest-ryoji-ikeda-wants-to-disappear/> (Zugriff am 22.4.2017).

mda smartelectronix, „Test-Tone Generator“, in: <http://mda.smartelectronix.com/vst/help/testtone.htm> (Zugriff am 29.5.2017).

mw gestaltung & kommunikation, „Klassiker der Typografie: Futura“, in: mw gestaltung & kommunikation,
<http://www.mwgestaltung.de/klassiker-der-typografie-futura/>
(Zugriff am 25.5.2017).

Max Neuhaus, „Sound Art?“, in: <http://www.max-neuhaus.info/soundworks/soundart/SoundArt.htm> (Zugriff am 19.5.2017).

Österreichischer Skulpturenpark, „Artists in Residence – Bernhard Leitner Espenkuppel“, in: <https://www.museum-joanneum.at/skulpturenpark/skulpturen/artists-in-residence/events/event//bernhard-leitner> (Zugriff am 25.3.2017).

Park Avenue Armory, „about us“, in: Park Avenue Armory – About the Armory, http://armoryonpark.org/about_us (Zugriff am 24.4.2017).

Quadro-Markt, „Quadrophonie – Vorteile gegenüber Stereo“, in:
http://www.quadrophonie.de/deutsch/vorteil_zu_stereo.html
(Zugriff am 13.5.2017)

Meyer Sound, „SB-1: Parabolic Long-Throw Sound Beam“, in: Meyer Sound – Industrial Series,
<http://www.meyersound.de/products/industrialseries/sb-1/>
(Zugriff am 22.4.2017).

Soundman, „Wissenschaftliche Arbeiten über Soundman Mikrofone“, in: <http://www.soundman.de/what-science-says/>
(Zugriff am 25.3.2017).

Soundman, „Produkte“, in:
<http://www.soundman.de/products/> (Zugriff am 2.5.2017).

Sparkasse OÖ Klangwolken, „Visualisierte Linzer Klangwolke 1979“, in: <http://www.klangwolke.at/index.php/archiv/1979-1988/1979> (Zugriff am 13.5.2017).

Spektrum, „elektromagnetisches Spektrum“, in: Spektrum der Wissenschaft – Lexikon der Physik,
<http://www.spektrum.de/lexikon/physik/elektromagnetisches-spektrum/4054> (Zugriff am 8.5.2017).

Spektrum, „Lissajous-Figuren“, in: Spektrum der Wissenschaft – Lexikon der Physik,
<http://www.spektrum.de/lexikon/physik/lissajous-figuren/9114> (Zugriff am 22.4.2017).

Spektrum, „Obertöne“, in: Spektrum der Wissenschaft – Lexikon der Physik,
<http://www.spektrum.de/lexikon/physik/obertoene/10578> (Zugriff am 8.5.2017).

Technaxx „Mini MusicMan Wireless Soundstation“, in: Technaxx – Produkte,
<http://www.technaxx.de/details/3807/Mini%20MusicMan%20Wireless%20Soundstation%20BT-X2%20Schwarz/> (Zugriff am 2.5.2017).

TGM, „Die Staatliche Versuchsanstalt“, in:
<https://www.tgm.ac.at/index.php/versuchsanstalt/va> (Zugriff am 12.5.2017).

Voss Medizintechnik, „Audiometrie kurz erklärt“, in:
<http://www.vossmed.de/produkte/audiometer/articles/audiometrie-kurz-erklaert.html> (Zugriff am 5.5.2017).

Wissen Digital, „Musique concrete“, in: http://www.wissen-digital.de/Musique_concrète (Zugriff am 25.4.2017).

Ashley Young/Catherine Hedberg, „An Interview with cyclo (Ryoji Ikeda and Carsten Nicolai)“, in:
https://www.moma.org/explore/inside_out/2013/10/01/an-interview-with-cyclo-ryoji-ikeda-and-carsten-nicolai/ (Zugriff am 22.4.2017).

Zeit online, „Gordon Hempton – Liebe auf den ersten Klang“, in: Zeit online – aus der Serie Hör-Reise,

<http://www.zeit.de/reisen/2010-10/hoh-valley> (Zugriff am 9.5.2017).

ZOOM, "H2 Handy Recorder", in: <https://www.zoom-na.com/products/field-video-recording/field-recording/h2-handy-recorder> (Zugriff am 2.5.2017).

Film- , Audio- und Video-Quellen

Gordon Hempton (Film), „Soundtracker – A Portrait of Gordon Hempton“, Fou Films, 2010.

Künstlerporträt (Video), „Bernhard Leitner. Ton – Raum – Skulptur“, in: Zeitkunst Niederösterreich,
<http://www.zeitkunstnoe.at/de/st-poelten/ausstellungen/bernhard-leitner.-ton-2013-raum-2013-skulptur> (Zugriff am 27.2.2017).

Bernhard Leitner (CD), „Kopfräume – Headsapes“, Ostfildern: Hatje Cantz Verlag Edition ZKM, 2003.

Bernhard Leitner (Video), „Interview with Sound Suit Creator Bernhard Leitner“, <https://www.youtube.com/watch?v=N3XcXNEGZ0> (Zugriff am 25.3.2017).

Alvin Lucier (Film), „No Ideas But In Things“, Filmwerkstatt Kiel der Filmförderung Hamburg Schleswig-Holstein GmbH, 2011.

Weiterführende Literatur

Leitner, Bernhard, Durchsicht 1987-2005, Wien: Springer Wien New York, 2005.

Saluz, Eduard C. , Klangkunst 200 Jahre Musikdosen – Sonderausstellung des Schweizerischen Landesmuseums, Zürich: Schweizerisches Landesmuseum, 1996.

Scheurer, André/Frioud, Pascal, Als der Ton noch aus dem Trichter kam – Die faszinierende Welt der Phonographen und Grammophone, Seewen: Museum für Musikautomaten, 2008.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1:** Aufbau des menschlichen Ohres
Quelle: Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 92
- Abb. 2:** Aufbau Mittelohr und Ohrschnecke
Quelle: Hellbrück/Ellermeier 2004, S. 93
- Abb. 3:** Audiometriebefund
Quelle: Dr. Martin Jurek, Hals-Nasen-Ohren Arzt
- Abb. 4:** Kunstkopf Modell Neumann KU 100
Quelle:
https://www.neumann.com/?lang=de&id=current_microphones&cid=ku100_description (Zugriff am 26.4.2017)
- Abb. 5:** Schallereignisse im Frequenz/Schalldruck Diagramm
Quelle: Kaltenbrunner 2004, S. 2
- Abb. 6:** Proband im reflexionsarmen Raum
Quelle: Sarah Radatz
- Abb. 7:** QR-Code Rausch-Töne
Quelle: Sarah Radatz, erstellt auf der Website
<http://www.qrcode-generator.de/> (Zugriff am 13.5.2017)
- Abb. 8:** schematische Darstellung eines Spektrogramms
Quelle: Sarah Radatz
- Abb. 9:** schematische Darstellung der Dimensionen der Wellenlänge bei 1 kHz im Vergleich zum menschlichen Kopf (Ø 25cm)
Quelle: Sarah Radatz
- Abb. 10:** Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1 Sek. Rauschen, linkes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-Programm *Sonic Visualiser*

- Abb. 11:** Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1 Sek.
Rauschen, rechtes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 12:** Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1/50Sek.
Rauschen, linkes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 13:** Spektrogramm reflexionsarmer Raum, 1/50Sek.
Rauschen, rechtes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 14:** Spektrogramm Hallraum, 1 Sek. Rauschen, linkes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 15:** Spektrogramm Hallraum, 1 Sek. Rauschen, rechtes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 16:** Spektrogramm Hallraum, 1/50Sek. Rauschen,
linkes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 17:** Spektrogramm Hallraum, 1/50Sek. Rauschen,
rechtes Ohr
Quelle: Sarah Radatz, erstellt mit dem Freeware-
Programm *Sonic Visualiser*
- Abb. 18:** QR-Code Gordon Hempton, *One Square Inch of
Silence*
Quelle: Sarah Radatz, erstellt auf der Website
<http://www.qrcode-generator.de/> (Zugriff am 8.5.2017)
- Abb.19:** QR-Code Alvin Lucier, *I am sitting in a room*
Quelle: Sarah Radatz, erstellt auf der Website
<http://www.qrcode-generator.de/> (Zugriff am 17.5.2017)

Abb.20: QR-Code *Kopfräume-Headscapes*

Quelle: Sarah Radatz, erstellt auf der Website
<http://www.qrcode-generator.de/> (Zugriff am 12.5.2017)

Abb.21: Bernhard Leitner, *Doppelwölbung*

Quelle: <http://www.bernhardleitner.at/works>
(Zugriff am 12.5.2017)

Abb. 22: Bernhard Leitner, *Tonanzug*, 1975

Quelle: <http://www.bernhardleitner.at/works>
(Zugriff am 9.5.2017)

Abb. 23: Skizzen Bernhard Leitner, *Ton-Würfel*, 1981

Quelle: Bernhard Leitner, Skizzenbuch Notation Ton-
Räume, Ostfildern: Hatje Cantz Verlag, 2015, S. 55

Abb. 24: Skizze Bernhard Leitner „Gekneteter Raum“ im
Ton-Würfel, 1981-1984

Quelle:
[http://www.bernhardleitner.at/works/indexLoadItem/
1064/102](http://www.bernhardleitner.at/works/indexLoadItem/1064/102) (Zugriff am 26.4.2017)

Abb. 25: *Listen through the walls*, 1981 in Martina Franca

Quelle: [http://klangkunst.mo-labs.com/christina-
kubisch-listen-through-the-walls-1981-martina-
franca-italien-203/](http://klangkunst.mo-labs.com/christina-kubisch-listen-through-the-walls-1981-martina-franca-italien-203/) (Zugriff am 5.5.2017)

Abb. 26: *Matrix*, 2009, Museum of Contemporary Art Tokyo,
Japan

Quelle: <http://www.ryojiikeda.com/project/matrix/>
(Zugriff am 26.4.2017)

Abb. 27: *The Transfinite*, 2011, Park Avenue Armory, New York

Quelle:
[http://www.armoryonpark.org/photo_gallery/slidesho
w/ryoji_ikeda](http://www.armoryonpark.org/photo_gallery/slideshow/ryoji_ikeda) (Zugriff am 26.4.2017)

Abb. 28: Philips Pavillon, 1958, Weltausstellung, Brüssel

Quelle: [http://www.see-this-
sound.at/werke/756/asset/726](http://www.see-this-sound.at/werke/756/asset/726) (Zugriff am
9.5.2017)

Abb. 29: 0,2mm Kupferlackdraht, ca. 180 Windungen, Ø 35cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 30: 0,15mm Kupferlackdraht, ca. 200 Windungen, Ø 8,5cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 31: 0,15mm Kupferlackdraht, ca. 400 Windungen, Ø 8,5cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 32: 0,15mm Kupferlackdraht, ca. 170 Windungen, Ø 19,5cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 33: 0,15mm Kupferlackdraht, ca. 200 Windungen, Ø 19,5cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 34: 0,2mm Kupferlackdraht, ca. 180 Windungen, Ø 24cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 35: 0,2mm Kupferlackdraht, ca. 175 Windungen, Ø 28cm
Quelle: Sarah Radatz

Abb. 36: QR-Code Playlist „Elektromagnetische Felder“
Quelle: Sarah Radatz, erstellt auf der Website
<http://www.qrcode-generator.de/>
(Zugriff am 8.5.2017)

Abb. 37: Rahmenkonstruktion
Quelle: Sarah Radatz

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit,

dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, keine andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe,

dass diese Diplomarbeit wieder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Beurteilung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt wurde,

dass dieses Exemplar mit der beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, am 31.5.2017

Sarah Radatz