

Bachelorarbeit

Realisierung der Raumklanginstallation “Vernetzt”

Künstlerisch akustische Verarbeitung von Echtzeitdaten des
Schienenverkehrs zur Beschreibung von Gefühlen und Affekten des
Zugreisens

vorgelegt von:
Henning Schaar

Erstgutachter:
Prof. Thorsten Greiner

Zweitgutachter:
Prof. Dr. Kyrill Fischer

Bearbeitungszeit:
31.10.2019-31.1.2020

Zusammenfassung

Reisen mit dem Zug ist für viele Menschen Alltag. Ob das Pendeln zur Arbeit, der Besuch von Familie oder das Leben in einer Fernbeziehung. So erweitert sich der Raum, in dem das Leben erfahren wird, sowohl um die Infrastruktur des Netzes, also Bahnhöfe, Zugstrecken und Fahrzeuge, als auch um die Orte, welche besucht werden.

Vernetzt ist eine Raumklanginstallation hergestellt aus Klängen von Zügen, algorithmisch komponiert aus Echtzeitdaten des Schienenverkehrs. Es handelt sich dabei um eine interaktive Installation welche mit Webcrawling Daten sammelt, diese dann in *p5js* visuell aufbereitet und in der nodebasierten Entwicklungsumgebung *Max* sonifiziert.

Die vorliegende Arbeit beschreibt den Entstehungsprozess der Arbeit und wie das Arbeiten mit Klängen und Echtzeitdaten in der Installation Kunsthistorisch einzuordnen ist.

Schließlich wird durch eine Befragung ermittelt inwiefern die Klanginstallation erfolgreich darin ist, die Gefühle, welche mit Zugreisen verbunden sind, zu kommunizieren und die Erfahrung des Schienennetzes als akustischen Raum zu vermitteln.

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zugreisen	1
1.2	Entstehung der Idee	1
2	Recherche zur kunsthistorischen Einordnung	2
2.1	Entstehung von Sound Art	2
2.1.1	Italienische Futuristen	2
2.1.2	John Cage	2
2.1.3	Musique Concrète & Studio für elektronische Musik	3
2.1.4	Steina Vasulka	4
2.1.5	Bill Fontana	5
2.2	Aktuelle Entwicklungen in Sound Art	6
2.2.1	Sonic Interaction Design	6
2.2.2	Aural Architecture	6
3	Konzeption	7
3.1	Experimente und deren Ergebnisse	7
3.1.1	Ansätze mit Kontaktmikrofonen	7
3.1.2	Ansätze mit Webscraping	9
3.1.3	Ansätze zur Visualisierung	10
3.2	Finales Konzept	10
3.2.1	Motivation	10
3.2.1.1	Persönliche Beweggründe	10
3.2.1.2	Befragungen	11
3.2.1.3	Inspiration aus kunsthistorischer Recherche	12
3.2.2	Inhaltliche Beschreibung	12
3.2.2.1	Reisegeschichten und Dramaturgie	12
3.2.2.2	Personae und deren Geschichte	12
3.2.2.3	Zwischenzustände	12
3.2.2.4	Bedeutung von Raum	12
3.2.3	Raumkonzept/Aufbau	12
3.2.3.1	Nutzung von Lautsprechern	12
3.2.3.2	Nutzung von Graphik	12
3.2.3.3	Raum als Medium für Schall	12
4	Umsetzung	13
4.1	Entwicklung der Klangobjekte	13
4.1.1	Aufgabe der Klangobjekte	13
4.1.2	Bezug auf Personae	13
4.1.3	Dramaturgie	13
4.1.4	Algorithmen & Klangästhetik	13
4.2	Webscraping & P5js	13
4.2.1	Benutzte Datenquellen & APIs	13
4.2.2	P5 Programmbeschreibung	13

4.2.3	Kommunikation	13
4.3	Max	13
4.3.1	Kommunikation	13
4.3.2	Steuerung	13
4.3.3	Signal Processing	13
4.4	Hardware	13
4.4.1	Komponenten	13
4.4.2	Aufbau	13
5	Evaluierung	13
5.1	Beschreibung der Befragung	13
5.1.1	Fragebogen	13
5.1.2	Limitierungen	13
5.2	Gewonnene Erkenntnisse	13
6	Ausblick	13
6.1	Mögliche Erweiterungen	13
6.2	Mögliche Ausstellungsorte	13
7	Danksagungen	13
	Literaturverzeichnis	14

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

3.1	Kontaktmikrofon an stillgelegtem Gleis	7
3.2	Piezoelektrisches Mikrofon (links) und Beschleunigungssensor an Teensy (rechts)	8

1 Einleitung

1.1 Zugreisen

22,1% der Deutschen pendeln im Jahr 2016 über eine halbe Stunde zur Arbeit, weitere 4,8% sogar über eine Stunde. Von den Pendlern welche nicht den PKW nehmen, nutzen Ungefähr die Hälfte öffentliche Verkehrsmittel.¹

Außer Pendlern gibt es in Deutschland viele Menschen welche in einer Fernbeziehung leben. Bei einer Erhebung im Jahr 2014 gaben über 20% der Befragten an aktuell in einer Fernbeziehung zu leben oder vor Kurzem in einer Fernbeziehung gelebt zu haben.²

Beziehung und Beruf sind große Bestandteile der Erlebniswelt einer Person, viele Zugreisenden leben also nicht an einem fixen Ort, sondern der Raum ihrer Erlebnisse setzt sich aus den von ihnen Besuchten Orten und den Wegen zwischen diesen Orten zusammen. Somit leben zwei Menschen die im selben Mehrfamilienhaus leben unter Umständen an zwei verschiedenen erfahrenen Orten.

Die Erfahrung dieser Individualität der räumlichen Lebensrealität und welche Rolle die Technologie des Schienenverkehrs darin spielt soll in der Interaktiven Raumklanginstallation "Vernetzt" dargestellt werden.

1.2 Entstehung der Idee

Am Anfang der Arbeit an der Installation, stand der Wunsch, das Schienennetz als akustischen Raum in Form einer Klangskulptur erfahrbar zu machen. Dieser war zum einen begründet in dem Bild des Ohr-an-die-Schiene-Haltens um Züge in der Ferne wahrnehmen zu können welches unter anderem in Western Filmen popularisiert wurde, zum anderen begründet in dem Verständnis von Raum geprägt von einer Welt in der Reisen durch die Technologisierung dessen, erreichbar für viele geworden ist.

Zunächst sollte die Akustische Skulptur mit Kontaktmikrofonen funktionieren, welche an mehreren Punkten im Schienennetz an den Gleisen angebracht werden und per Livestream über das Internet Audiosignale in einen Ausstellungsraum übertragen sollten. Dies war jedoch wegen rechtlicher Unklarheit über §315 StGB: "Gefährliche Eingriffe in den Bahn-, Schiffs- und Luftverkehr" nicht umzusetzen.

Auf der Suche nach alternativen kamen die Möglichkeiten von Webcrawling und APIs auf. Schnittstellen welche Echtzeitdaten über alle Fernverkehrs- und Regionalzüge zur Verfügung stellen wurden gefunden und ergaben die neue Basis für die Installation.

Mit den dadurch neu eröffneten Möglichkeiten der Echtzeitdatenverarbeitung wandelte sich das Werk von einer Klangskulptur zu einer Interaktiven Multimedialen Installation. Erweiterungen in Form einer Visualisierung der Daten und einer Interaktionsmöglichkeit über eine trackballähnliche Interaktionsschnittstelle wurden hinzugefügt, welche das anfänglich gesetzte Ziel auf andere Weise zu erreichen suchten.

¹Forschungsdatenzentren Der Statistischen Ämter Des Bundes Und Der Länder 2016

²Statista 2014

2 Recherche zur kunsthistorischen Einordnung

2.1 Entstehung von Sound Art

2.1.1 Italienische Futuristen

Eine der ersten Nennungen von Sound Art findet sich im Manifest des dem Futurismus zugeordneten Malers Luigi Russolo *L'arte dei rumori* (Die Kunst der Geräusche).³

Er bezog sich insbesondere auf die Komplexität der Geräusche welche in der Industrialisierten Stadt entstehen und wie sie der simplen Struktur der Klänge, welche von Komponisten und Instrumentenbauern erdacht wurden, überlegen sind. Also entwickelte er ein Orchester aus mechanischen Instrumenten oder Geräuschapparaten, bei welchem jeder der Apparate eine Essenz, also jene Komponenten des Klangs welche Russolo für entscheidend hielt, eines Geräusches enthielt.

Sein Ziel war damit die Musik der Zukunft zu entwickeln da er davon ausging, dass durch das Umgebensein von unnatürlich lauten Geräuschen der Maschinen im Alltag eine Desensibilisierung stattfindet, welche verhindere, dass Musik wie es sie bis dahin gab weiterhin als solche verstanden würde.

Die Apparate welche wir für die Klangerzeugung in Musik bis dahin nutzten erzeugten Klänge, welche nicht von unserer Umgebung inspiriert seien. So fand Musik also in einer Welt statt, welche außerhalb unseres Lebens lag. Für Ihn war das Lösen von dieser Tradition der Klangerzeugung also eine Befreiung des Klangs, und die Öffnung von nahezu grenzenlosen musikalischen Möglichkeiten.

2.1.2 John Cage

John Cage, ein US-Amerikanischer Komponist des 20. Jahrhunderts, erschuf Werke, die nicht wie Ölgemälde fixe Objekte sind welche vom Zuhörer wahrgenommen werden sollen. Stattdessen verstand er seine Werke mehr als ein aktives teilhaben-Lassen des Publikums an dem Moment der Entstehung eines Klangs.⁴ Somit war die Form seiner Werke entscheidender als der spezifische Akustische Inhalt.

John Cage war unter anderem Inspiriert durch die Architektur von Ludwig Mies van der Rohe und wie die Nutzung von Transparenz in seinen Kreationen nicht das Negieren von Raum darstellte sondern einen Platz schuf in dem die Umwelt ein Teil der Gebäude werden konnte.⁵ Mit seinem Werk *Silent Prayer*, bei welchem er ein Stück Stille an das *Muzak System* verkaufte, schuf er etwas vergleichbares. Das *Muzak System* war dafür da US-Amerikanische Malls mit Musik zu bespielen, anstatt jedoch etwas zu erschaffen was abhängig von dem speziellen Geschmack der Einkäufer war schuf er durch die jetzt vorhandene Stille in den Malls einen Raum in welchem der Geist frei von dem kapitalistischen Verständnis der Individualität sein konnte. Er sagt mit seinem Werk nicht direkt etwas aus, sondern erschuf einen Platz, welche eine spezielle Art des Hinhörens erlaubte.⁶

³Russolo 1967

⁴LaBelle 2010 S. 11

⁵Joseph 1997 S. 89

⁶LaBelle 2010 S. 12

Diese Art von Kunst wird im Englischen als *site specific* also ortsabhängig bezeichnet. Im Deutschen hat sich der Begriff der Installation etabliert jedoch macht der englische Begriff klar, dass das entscheidende Merkmal dieser Kunstform ist, dass sie sich auf ihren Kontext bezieht. Dabei kann es sich sowohl um den Ausstellungsort, die Kunstgeschichte aus welcher das Werk entstanden ist, das politische System in dem es entstanden ist als auch um alle anderen Parameter und Situationen, von denen das Werk abhängig ist, handeln.⁷

Bei John Cages Werk 4'33'' spielt ein Konzertpianist in einem Konzertsaal nichts für eine Dauer von 4 Minuten und 33 Sekunden. Das Werk bezieht sich durch seine Durchführung in einem Konzertsaal und die Nutzung eines Konzertflügels auf die Geschichte der Europäischen klassischen Musik, durch das Brechen der Erwartungen der Zuhörer auf die Art des Zuhörens in welchem sich das Publikum befindet und durch die Stille auf die Geräusche des Publikums und die Rolle des Publikums als Mitgestalter einer Musikalischen Erfahrung. Diese Elemente werden also Teile des Stücks womit Cage unter anderem auf die Sozialität einer Hörerfahrung aufmerksam macht, in welcher die Verantwortung über das Geräusch nun auf jeden einzelnen übertragen wurde.

2.1.3 Musique Concrète & Studio für elektronische Musik

Musique Concrète, eine Kompositionstechnik welche am Ende der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Frankreich geprägt wurde, arrangiert Klänge zu auditiven Erlebnissen, wobei sie sich die Uneindeutigkeit und die Plastizität von Klang zu nutzen macht um über den Materiellen Bezug der Klänge hinauszugehen oder sich sogar gegen diese zu stellen.⁸

Die Kompositionen entstanden aus dem Schneiden und Verfremden von Tonaufnahmen, ermöglicht durch die damals neuen Möglichkeiten der Abspiel- und Aufnahmetechnik. Es handelte sich hierbei oft um Alltägliche Geräusche oder Geräusche von Maschinen. Eines der definierenden Musikstücke der Musique Concrète, *Études aux chemins de fer* von Pierre Schaeffer, ist zum Beispiel eine Collage, welche aus den Geräuschen des Pariser Bahnhof *Gare de Batignolles* angefertigt wurde.⁹

Ein entscheidendes Alleinstellungsmerkmal der *Musique Concrète* gegenüber anderer elektronischer Musik dieser Zeit, insbesondere der der Kölner Studios für elektronische Musik, war das Kreieren durch Experimentieren. In Deutschland fand elektronische Musik in einem Rahmen statt, welcher der Kompositionstradition europäischer Schulmusik in vielem entsprach. Eine erdachte Idee wurde niedergeschrieben um schließlich in Klang realisiert werden zu können. In Frankreich jedoch, stand am Anfang das Klangobjekt welches durch eine Reihe von Experimenten, gesteuert durch das Empfinden des/der Komponist*in, in seine finale Form gebracht wurde.¹⁰

Parallelen zu der Kunstform des *Objet Trouvé* sind in der Nutzung von Geräuschen zur Herstellung von Musik erkennbar. Bei *Objet Trouvé* handelt es sich um Kunstwerke welche aus alltäglichen Gegenständen oder Abfall hergestellt wurden, mit dem bedeutenden Unterschied, dass diese anders als bei Musique Concrète oft nicht signifikant durch den

⁷LaBelle 2010 S. 15

⁸LaBelle 2010 S. 25

⁹Föllner 2020

¹⁰Brindle 1987 S. 108

Künstler bearbeitet wurden.¹¹ Dennoch ist die Erwähnung von *Objet Trouvé* für die vorliegende Arbeit von Bedeutung, da das Transformieren des Alltäglichen zu einem Kunstwerk, Kernbestandteil der Installation ist.

Obwohl der Begriff der Site Specificity erst in den 1970ern geprägt wurde ist auch ein *Objet Trouvé* definiert durch die Parameter von denen das ausgestellte Werk abhängig ist. So handelt es sich bei einem der Populärsten Werke dieser Art um ein Pissoir welches von Marcel Duchamp signiert und ausgestellt wurde.¹² Ein Pissoir ist im allgemeinen Kunstverständnis zu diesem Zeitpunkt nicht als Kunstwerk zu betrachten doch durch den Akt des Signierens und Austellens bezieht es sich auf die Tradition der Bildenden Kunst. Durch dieses Zusammenspiel von Objekt und Umgebung entsteht die künstlerische Idee schließlich in den Gedanken des Betrachters.

2.1.4 Steina Vasulka

Steina Vasulka, geboren als Steinunn Briem Bjarnadottir in Reykjavik, Island und Bohuslav Vasulka, bekannt als Woody, geboren in Brno, Tschechoslovakei sind ein Ehepaar welches 1964 in die Vereinigten Staaten von Amerika Immigrierte um dort in der Filmindustrie zu arbeiten. Zunächst handelte es sich bei ihren Werken um klassische Dokumentationen, ihre späteren Werke jedoch waren experimenteller und künstlerischer. Diese machten die beiden zu bedeutenden Ton- Bild- und Videokünstlern ihrer Zeit.¹³

Die beiden werden auf Grund ihrer gemeinsamen Arbeit häufig zusammen genannt doch im folgenden geht es insbesondere um Steina Vasulka, da ihre Werke durch die Nutzung von intermedialen Techniken maßgebliche Grundsteine der Klangkunst gelegt haben, welche relevant für diese Arbeit sind.

Steina Vasulka ist für Werke bekannt welche eine Schnittstelle zwischen Video und Ton herstellen. Ein Beispiel für ihre medienübergreifende Arbeitsweise ist das Stück *Violin Power*, in welchem sie beim Spielen der Violine zu sehen ist. Das Videosignal wird durch das akustische Signal ihrer Violine moduliert.¹⁴ Ähnlich zu der Herangehensweise in der Kompositionstechnik der *Musique Concrète* entstanden Werke wie diese durch experimentelles arbeiten mit neuer Technik um die Möglichkeiten eines Mediums auszuschöpfen.

Anders allerdings als bei *Musique Concrète* haben Steinas Werke einen performativen Charakter welcher durch ihre Erfahrungen als klassische Konzertmusikerin entstand. Durch das spielen eines Musikinstrumentes zur Herstellung von Bildeffekten zeigt Steina auf, welche Kapazität Video als interaktives Medium innewohnt.¹⁵

In ihrer Arbeit *Orbital Obsessions* nutzt sie zur Herstellung des Klangs das analoge Videosignal, begleitet durch die tatsächlichen Geräusche ihrer Umgebung¹⁶ Somit könnte dieses Werk als eine Frühform von künstlerischer Sonification verstanden werden. Unter den Begriff der Sonification fällt unter anderem die auditive Darstellung von Daten um ein Verständnis für

¹¹Gale 2009

¹²Gayford 2008

¹³Bonin 2003

¹⁴Spielmann 2004

¹⁵Spielmann 2005 S. 3

¹⁶Vasulka 1977

diese zu entwickeln welches anders, oder sogar tiefer ist, als jenes welches beim Ansehen von Visualisierungen dieser Daten entstehen würde.¹⁷ In diesem Fall werden keine digitalen Daten verarbeitet, so kann jedoch ein Analoges Videosignal als äquivalent zu einem Datenstrom gesehen werden welcher in *Orbital Obsessions* auf direktem Wege zu einem akustischen Signal umgewandelt wird. Hierdurch bekommt die akustische Information eine Qualität welche die visuelle Wahrnehmung eines Bildes erweitert.

2.1.5 Bill Fontana

Bill Fontana ist ein US-Amerikanischer Künstler welcher seit 1976 Klanginstallationen herstellt. Was ihn von vielen anderen Klangkünstlern unterscheidet ist, dass er ausschließlich aufgenommene statt synthetische Geräusche in seinen Werken verwendet.¹⁸

Seine Klanginstallationen bezeichnet er selbst als Klangskulpturen, da diese keinen Anfang oder Ende haben sondern wie physikalische Objekte kontinuierlich existieren. Oft sollen seine Werke den Betrachter auf dessen Modus des Zuhörens aufmerksam machen indem sie akustische Umgebungen ohne Visuelle Indikatoren maßgeblich Verändern.

Fontanas Definition des Musikbegriffs sucht nicht nach bestimmten Klängen, einer bestimmten Form oder einer speziellen Geste oder Umgebung in der diese stattfinden. Er definiert Musik stattdessen in dem geistigen Zustand des Zuhörers. Musik ist also nicht das was von einem Orchester oder einem Lautsprecher abgestrahlt wird, vielmehr ist es die Art des Hörens, mit welchem der Zuhörer das akustische Signal aufnimmt. Somit kann Musik überall erfahren werden wo ein Geräusch stattfindet. Auf die Möglichkeit des musikalischen Hörens von typischerweise als unmusikalisch empfundenen Situationen verweist Fontana mit seinen Skulpturen.¹⁹

In *Distant Trains* von 1984 platzierte er Mikrofone im Kölner Hauptbahnhof, der zu diesem Zeitpunkt verkehrsreichste Bahnhof in Europa, und übertrug die Klänge in die Ruine des durch den zweiten Weltkrieg zerstörten Anhalter Bahnhofs in Berlin, der vor dem Krieg der verkehrsreichste Bahnhof Europas war.²⁰ Die belebte Atmosphäre in der Ruine erzeugt einen Bruch indem es die akustische Wahrnehmung in eine vergangene Zeit zurückversetzt und sie damit von den restlichen Sinnen sowohl räumlich als auch zeitlich trennt.

Das Dekonstruieren unseres Zeitverständnisses ist nur ein Beispiel wie Fontanas sogenannten *Live Listening Networks* konzeptuell mit dem Transportieren von akustischen Räumen umgeht. Seine Werke dieser Art nutzen verschiedene Übertragungsmethoden um Geräusche von einem Abhörpunkt zu einem Zuhörpunkt zu übertragen. Diese Übertragung kann den Zielort in seiner visuellen Wirkung über auditive Assoziationen verändern, den Hörradius bis zum sichtbaren Horizont erweitern, oder Assoziationen aus der Akustische Konditionierung der Betrachter hervorrufen.²¹

¹⁷Worall 2019

¹⁸Fontana 1996

¹⁹“Articulate — Bill Fontana: Hear, Now. Articulate” 2018

²⁰Fontana 1996

²¹Fontana n.d.

2.2 Aktuelle Entwicklungen in Sound Art

2.2.1 Sonic Interaction Design

Sonic Interaction Design ist ein aktuell entstehendes Feld, welches zum Ziel hat Klang als gleich- oder höherwertigen Kanal für die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine zu etablieren. Hierfür zielt es darauf ab, die kulturelle Barriere des Verständnisses von Geräuschen als Lärm zu überwinden und ihre intrinsischen Werte zu nutzen. Spätestens seit der Industriellen Revolution sind wir umgeben von Geräuschen die von Technologie produziert werden, jedoch werden diese meist als Nebenprodukt verstanden und nicht als weg der Kommunikation.²²

Sound Design spielt bereits in manchen Bereichen der Produktentwicklung eine große Rolle. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Automobilindustrie, welche Sounddesign unter anderem nutzt um die Designidentität ihrer Produkte zu stärken.²³ Dieses Feld fällt zusammen mit zwei weiteren unter den Begriff des Sonic Interaction Designs.

Hinzu kommt die wahrnehmungspsychologische, kognitive und emotionale Erforschung von auditiven Interaktionen sowie die bereits in 2.1.4 (*Steina Vasulka* S. 4) erwähnte Sonification, die Vertonung von Daten.²⁴

2.2.2 Aural Architecture

Im Kontext der Annäherung von zeitgenössischer Architektur und Kunst entstand auch der Wunsch, durch Klang Räume und Umgebungen zu schaffen und zu gestalten. Das erweiterte Feld der *Aural Architecture* beinhaltet Akustische Stadtplanung, Sound Mapping (das erstellen von digitalen Karten mit einem Fokus auf die klangliche Darstellung dieser Orte²⁵), Soundscape Ecology und andere Formen der auditiven räumlichen Arbeit.²⁶

Insbesondere seit 2010 sind in mehreren Großstädten Klangkunstinitiativen entstanden, welche öffentliche Klanginstallationen und akustische Planung, welche über das reduzieren von ungewünschten Geräuschen hinaus geht, fördern.²⁷ Durch das öffentlich Werden von Klangkunst, muss diese sich schließlich auch in die Lokalpolitik und Bürokratie der Stadtverwaltungen einbinden womit *Aural Architecture* eine ähnliche Verbindung zwischen Kunst und Politik herstellen muss wie Architektur und das entwickeln von öffentlicher Infrastruktur.

Einige von Bill Fontanas (2.1.5 Bill Fontana S. 5) Werken wie *Landscape Sculpture with Foghorns* können auch als *Aural Architecture* verstanden werden, da sie den Klang eines öffentlichen Ortes modifizieren. Bill Fontana appelliert außerdem an Architekten, Klangkünstler stärker in die Planung ihrer Gebäude mit einzubeziehen.²⁸

²²Rocchesso et al. 2008 S. 1f

²³Rocchesso et al. 2008 S. 3

²⁴Pulkki and Karjalainen 2016 S. 386

²⁵Thulin 2018 S. 24f

²⁶Ouzounian 2016 S. 1

²⁷Ouzounian 2016 S. 2

²⁸Carré d'Art - Interviewer unbekannt 2014, 5:30

3 Konzeption

Wie in der Einleitung (1 S. 1) erwähnt, stand am Anfang der Arbeit an der Installation, der Wunsch das Schienennetz als akustischen Raum darzustellen. Hieraus entstand die Idee, diese Vertonung anhand der Gefühle von Zugreisenden zu orientieren. Da sich die Installation an bereits existierende Inputs, den Zugverkehr des gewählten Ortes, anpassen muss, wurde ein experimenteller Ansatz zur Entwicklung der Arbeit gewählt.

3.1 Experimente und deren Ergebnisse

3.1.1 Ansätze mit Kontaktmikrofonen



Abbildung 3.1: Kontaktmikrofon an stillgelegtem Gleis

Zunächst bestand der Wunsch die Installation ähnlich wie Bill Fontanas (2.1.5, S. 5) Klangskulpturen zu gestalten. Es sollten portable Stationen entwickelt werden welche mit einem Kontaktmikrofon das Akustische Signal der Schiene über LTE an einen Ausstellungsraum per Livestream übertragen sollten. Dafür wurde folgende Hardware geplant:

Kategorie	Produkt	Preis (ca.)
Internet	Aircard Sierra 320U 4G	23€
Computer	Raspberry Pi Zero	15€
Audio I2S	MikroElektronika MIKROE-506	18€
Mikrofon	Schaller Oyster	36€
Stromversorgung	Hiluckey Solar Powerbank 25000mAh	36€
Gesamt		142€

Der ausgewählte Ausstellungsraum oder *Zuhörpunkt* war das Straßenbahnmuseum Stuttgart im Straßenbahndepot in Bad-Canstatt.²⁹ Je nach Budget würden Stationen angefertigt und pro Station ein Lautsprecher in der großen Halle des Museums angebracht.

Die Stationen würden an Punkten im Baden-Württembergischen Schienennetz angebracht

²⁹Schumacher 2018

um den Lokalbezug zur Landeshauptstadt herzustellen. Im Ausstellungsraum wäre das stetige Vibrieren der Gleise zu hören, welches mutmaßlich durch Wind und Erschütterungen im Boden entsteht, bis ein Zug an einem der Punkte vorbeiführe. Züge auf anderen Gleisen würden die Schiene an der das Kontaktmikrofon befestigt ist dennoch in Schwingung versetzen und am *Zuhörpunkt* zu hören sein. Fährt ein Zug über das Gleis, an dem das Kontaktmikrofon befestigt ist, entsteht ein sehr direktes klangliches Bild des Zuges. Zunächst ein Anschwellen eines Resonanztones in der Schiene, bis schließlich das Schleifen der Räder und das Rumpeln verursacht durch das Gewicht des Zuges zu hören sind.

Diese Geräuschkulisse, würde sich mit den Reflexionen der Lautsprechersignale im Straßenbahndepot und den Geräuschen welche dort stattfinden mischen und so den Raum des Schienennetzes von Baden-Württemberg in einen für Menschen erfassbaren Raum bringen. Dies kann als räumliche Verdichtung angesehen werden, da der Ausstellungsraum deutlich kleiner als der Raum der abgenommenen *Abhörpunkte* ist. Andererseits würde das Innere der Schiene vergrößert, indem dem akustischen Signal welches in dieser entsteht erlaubt wird, einen Raum zu füllen.

Diese Verzerrung von Räumlichkeit, sowohl vom Großen ins kleine, als auch vom Inneren ins Äußere, stellte die Essenz der Idee dar, welche hinter diesem ersten Konzept steckte.

Inspiziert von Bill Fontanas Arbeit, insbesondere *Harmonic Bridge*, bei der die Geräusche einer Fußgängerbrücke in die *Tate Gallery of Modern Art* übertragen wurden, wurde die Möglichkeit der Nutzung von Beschleunigungssensoren in Erwägung gezogen. Für die Wahl des Kontaktmikrofons wurden dann Experimente mit Metallischen Körpern durchgeführt.

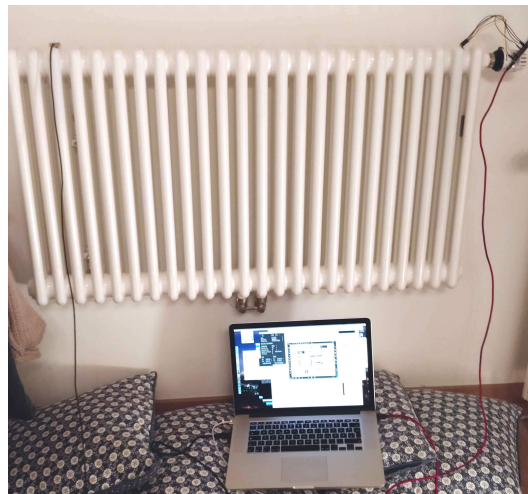


Abbildung 3.2: Piezoelektrisches Mikrofon (links) und Beschleunigungssensor an Teensy (rechts)

Sogenannte *MEMS* (microelectromechanical systems) Beschleunigungssensoren können als Kontaktmikrofon verwendet werden. Klassische Mikrofone messen den Schalldruck. Der Schalldruck der von einem vibrierenden Körper verursacht wird ist proportional zu der Beschleunigung weswegen sich ein Beschleunigungssensor zur Abnahme einer akustischen Quelle eignet.³⁰

Nachdem jedoch klar wurde, dass das Anbringen von technischen Geräten an das Gleis

³⁰O'Reilly, Khenkin, and Harney 2009 S. 1f

unter §315 StGB: “Gefährliche Eingriffe in den Bahn-, Schiffs- und Luftverkehr” strafbar sein könnte, wurden alternativen gesucht.

3.1.2 Ansätze mit Webscraping

Zugfinder.de ist eine deutsche Zug-Positionsanzeige, welche Statistiken über die meisten Züge in Deutschland bereithält. Für den Fernverkehr gibt es eine Deutschlandkarte, welche alle Fernverkehrszüge in einer animierten Netzkarte zeigt. Für alle weiteren Züge gibt es animierte Ansichten der einzelnen Streckenabschnitte.³¹ Die Daten dieser Seite sollten nachdem das erste Konzept gescheitert war die neue Grundlage für die Installation bilden. Hierfür müssen die Daten aus der Website in einem Benutzbaren Format vorliegen.

Nachdem Johannes Schubert, der Entwickler von Zugfinder.de mitteilte, dass keine API Schnittstellen vorhanden sind, fiel die Entscheidung die Daten mittels Webscraping zu extrahieren. Webscraping oder Screenscraping emuliert die Benutzung einer Website durch ein automatisiertes Programm, mit dem Ziel Daten aus dieser Website zu extrahieren.³²

Zunächst wurde ein Prototyp entwickelt, der die Daten einer einzelnen Strecke als Input nutzte. Hierfür wurde eine *Node.js* Anwendung entwickelt. *Node.js* ist eine Javascript Runtime, welche die V8 Javascript engine von Google Chrome nutzt.³³ Es ist also eine Umgebung um Javascript auszuführen, ähnlich wie ein Webbrowser Javascript ausführen würde. *Node.js* hat jedoch den Vorteil nicht den overhead eines Browsers zu haben und mit vielen zusätzlichen Funktionen ausgestattet zu sein, welche in klassischen Browserumgebungen nicht verfügbar sind.

Dieser Prototyp sollte das ursprüngliche Konzept mit fixen punkten im Schienennetz welche als Abhörpunkte fungieren auf andere Weise erreichen. So sollte ein bestimmter Punkt auf einer Strecke abgefragt werden, und wenn sich dort ein Zug aufhält sollten Informationen über diesen per UDP (4.2.3 *Kommunikation* S. 13) an das Klangsinteseprogramm in Max (siehe 4.3 *Max* S. 13) übertragen werden. Es werden außer der Information, dass sich an dem Punkt ein Zug aufhält allerdings noch weitere Informationen über den Zug mitgesendet, da bei einer Synthetischen Klangerzeugung der direkte Klangliche Bezug zu dem spezifischen Zug fehlt.

Bei einer Umsetzung mit Kontaktmikrofonen, würden Zugtyp, Umgebungsgeräusche, Gleisbett und Zustand der Schiene sowie Besonderheiten des Streckenabschnitts (Kurven, Weichen) Faktoren sein, welche den Klang verändern. Um einen Bezug zu dem Zug und dem Abgehörten Punkt herzustellen, werden zur Klangerzeugung Daten genutzt welche vom Kontext abhängig sind.

Als Proof-of-concept wurde eine Node.js anwendung entwickelt, welche ein Http-request an die ausgewählte Strecke auf *Zugfinder.de* schickte und die Antwort in von Javascript benutzbare JSON (*Javascript Object Notation*) und schließlich in ein Array der aktuell auf der Strecke fahrenden Züge umwandelt. Aus diesem Array werden API-Requests für die Google Distance Matrix API, eine API welche aus mehreren Start und Endpunkten eine

³¹Schubert n.d.

³²Ball 2003

³³OpenJS Foundation n.d.

Matrix von Distanzen herstellt,³⁴ generiert, um die Distanzen zwischen Abhörpunkt, Start- und Endbahnhof zu ermitteln. Daraus wird dann eine Angabe in Prozent erstellt, wie viel der Gesamtstrecke der Zug bereits zurückgelegt hat. In diesem Prototypen wurde diese Angabe dann genutzt um einen Bestimmten Abschnitt eines Audiofiles abzuspielen.

Dieses Konzept offenbarte nach dem testen des Prototyps einige Schwächen. Zunächst wurde klar, dass viele Abhörpunkte von Nöten wären, da es anders als bei dem ersten Konzept, zwischen den Zugevents keinerlei Klang gibt und die Ereignisdichte somit sehr gering wäre. Zudem wäre dieser Aufbau in der Wahrnehmung der Besucher nicht leicht mit Zügen in Verbindung zu bringen, und eine Installation, welche sich zumindest Teilweise selbst erklären kann war gewünscht.

3.1.3 Ansätze zur Visualisierung

Um die Installation selbsterklärender zu gestalten, wurden Visuelle Elemente entwickelt. Zunächst sollten die Lautsprecher mit Plaketten ausgestattet werden, welche angeben zwischen welchen beiden Haltestellen der zugehörige Abhörpunkt liegt. Zudem sollten Lichter an den Lautsprechern angebracht werden welche je nach Zugtyp, bei einem vorbeifahrenden Zug in verschiedenen Farben leuchten. So sollte der Blick des Besuchers auf die Lautsprecher gerichtet werden, sodass dieser die Plakette liest. Zudem sollte es die Events noch eindeutiger machen. Beim Testen dieses Ansatzes wurde jedoch klar, dass auch diese Visuellen Hilfen nicht die grundlegenden Probleme mit diesem Prototypen lösen würde.

Es wurde deswegen entschieden eine Karte der Züge anzufertigen, welche sich in Echtzeit aktualisiert. Auf dieser sollten die Abhörpunkte dann eindeutig markiert werden. Im Laufe der Entwicklung dieser Karte wurden Debugging features entwickelt, um mithilfe des Cursors Information über einzelne Züge auszulesen. Während des Debuggings, entstand die Idee, die Cursorinteraktion als Interaktionsmöglichkeit für den Besucher bereitzustellen. Schließlich wurden die Abhörpunkte als Konzept aus der Installation vollständig entfernt, und die Installation wurde Interaktiv. Es ist jetzt nur noch ein Abhörpunkt vorhanden, und dieser wird von einem Besucher selbst gesteuert.

Genauer zur finalen Implementierung dieses Interaktionsprinzips findet sich in Kapitel 4 *Umsetzung* S. 13.

3.2 Finales Konzept

Im folgenden wird das Konzept vorgestellt, welches das Ergebnis der Experimente und Entwicklungen seit der ursprünglichen Idee bis zum Zeitpunkt dieser Arbeit ist.

3.2.1 Motivation

3.2.1.1 Persönliche Beweggründe Henning Schaar lebte in seiner Schulzeit 4 Jahre lang in einer Fernbeziehung nach Mannheim, von Karlsruhe eine Entfernung von ca. einer Zugstunde. Diese wurde dann schließlich durch eine gemeinsame Wohnung in Mannheim aufgelöst. Nicht viel später jedoch begann das Studium in Dieburg, welches wieder über eine Zugstunde entfernt war. Nach Ende der Beziehung gab es einen Wohnortwechsel nach

³⁴Google n.d.

Darmstadt, so dass das Studium nun näher war, doch gibt es weiterhin Freundschaften in Hamburg, einen Arbeitgeber in Stuttgart und eine Band und Familie in Karlsruhe, weswegen Zugfahrten weiterhin zum Alltag gehören.

Diese räumlich verteilte Lebensweise verändert nicht nur das Reiseverhalten, auch die Selbstwahrnehmung wird durch sie beeinflusst. In jedem dieser Orte gibt es andere soziale Kreise, welche sich nicht oder kaum überschneiden und das Selbstbild einer Person wird durch sozial geteilte Merkmale und Gruppenmitgliedschaften maßgeblich beeinflusst.³⁵ So wird die Zugfahrt zu einem Prozess welcher in diesem Fall nicht nur den Aufenthaltsort einer Person ändert, sondern schließlich auch die Wahrnehmung der eigenen Person.

Aus diesen komplexen Gefühlen welche durch das Reisen hervorgebracht wurden entstand ein generelles Interesse an den Gefühlen die Personen beim Nutzen von öffentlichen Verkehrsmitteln haben und der Wunsch diese Künstlerisch festzuhalten.

3.2.1.2 Befragungen Um über den eigenen Erfahrungshorizont hinauszugehen, wurden formlose Befragungen von Kommilitonen, Freunden und Familie durchgeführt. Es wurde nach Gründen und Häufigkeit der Nutzung gefragt, sowie welcher emotionaler Bezug zu Abfahrts- und Ankunftsart besteht, und wie sich diese im Laufe der Reise wandeln.³⁶

Anhand der Antworten wurden die Befragten in drei Kategorien unterteilt:

- **20-45 Minuten, mehrmals die Woche:** Die Person nimmt das Fahrzeug größtenteils in seiner Funktion die Hürde der Distanz zu verringern wahr. Der Innenraum des Zuges wird als Teil des öffentlichen Raumes empfunden. Es ist kein Ort an dem man sich tatsächlich aufhält, sondern vielmehr eine Art Wartezimmer. Die Reise wird als Zeitlich homogen wahrgenommen.
- **1-2 Stunden, ca. einmal die Woche:** Das Fahrzeug wird ähnlich wie ein Gebäude wahrgenommen in welchem man sich temporär einrichtet. Arbeit oder Unterhaltung der man auch zu Hause nachgehen würde wird mitgebracht. Personen die unter diese Kategorie fallen berichteten von *FOMO* (fear of missing out), also ein Gefühl ein wichtiges oder erfüllendes Ereignis zu verpassen welches an dem Ort, an dem sie sich gerade nicht aufhalten erlebt werden könnte.³⁷ Insbesondere wurde berichtet, dass die Reise sich grob in 5 Teile einteilen lässt: Zuerst das Gefühl des Abschieds und das verarbeiten dessen. Wenn dieses Gefühl schwindet, wird, oft in Vorfreude, darüber nachgedacht, was am Ankunftsart wartet. Als drittes kommt ein Gefühl des Zwischenzustandes auf, an dem manchmal ein Gefühl von Langeweile oder des nicht-Empfindens beschrieben wird. Vor Ende der Reise denken viele der Befragten nochmal zurück an den Abfahrtsort und was dort während ihrer Abwesenheit geschieht bevor sie sich schließlich auf die Ankunft vorbereiten und ein Gefühl des Erwartens oder des Aufbrechens über sie kommt.
- **3-5 Stunden einmal alle 6-8 Wochen:** Anders als bei den beiden anderen Kategorien, antizipieren Reisende dieser Art die Reise schon weit im Voraus und das Reisegefühl stellt sich schon oft ein bis zwei Tage vor der tatsächlichen Reise ein. Das Fahrzeug wird

³⁵Rempe 2012 S. 31f

³⁶Schaar 2019

³⁷Bosker et al. 2012

ähnlich wie in der vorangehenden Kategorie als eine Art Gebäude wahrgenommen. Reisende dieser Kategorie, berichten nur selten von FOMO, da der Ankunftsort oft noch gar nicht oder lange nicht mehr besucht wurde und viele ungewöhnliche Erlebnisse bereithält. Oft wird die Zeit der Reise für Dinge genutzt für die im Alltag selten Zeit ist, wie zum Beispiel viel Zeit mit einem Buch zu verbringen. Die Reise verläuft meist ähnlich wie bei der vorangehenden Kategorie jedoch wird der mittlere Teil, des Zwischenzustandes meist als positiv beschrieben. Statt Langeweile oder Leere empfinden Zugreisende oft Entspannung und friedliche Gefühle oder schlafen sogar ein. Insgesamt wird die Reise, wenn keine Probleme auftreten, als angenehmer beschrieben.

3.2.1.3 Inspiration aus kunsthistorischer Recherche

3.2.2 Inhaltliche Beschreibung

3.2.2.1 Reisegeschichten und Dramaturgie

3.2.2.2 Personae und deren Geschichte

3.2.2.3 Zwischenzustände

3.2.2.4 Bedeutung von Raum

3.2.3 Raumkonzept/Aufbau

3.2.3.1 Nutzung von Lautsprechern

3.2.3.2 Nutzung von Graphik

3.2.3.3 Raum als Medium für Schall

4 Umsetzung

4.1 Entwicklung der Klangobjekte

4.1.1 Aufgabe der Klangobjekte

4.1.2 Bezug auf Personae

4.1.3 Dramaturgie

4.1.4 Algorithmen & Klangästhetik

4.2 Webscraping & P5js

4.2.1 Benutzte Datenquellen & APIs

4.2.2 P5 Programmbeschreibung

4.2.3 Kommunikation

UDP ist ein Netzwerk Nachrichtenprotokoll, welches auf Handshakes verzichtet und deswegen einfach zu nutzen ist³⁸

4.3 Max

4.3.1 Kommunikation

4.3.2 Steuerung

4.3.3 Signal Processing

4.4 Hardware

4.4.1 Komponenten

4.4.2 Aufbau

5 Evaluierung

5.1 Beschreibung der Befragung

5.1.1 Fragebogen

5.1.2 Limitierungen

5.2 Gewonnene Erkenntnisse

6 Ausblick

6.1 Mögliche Erweiterungen

6.2 Mögliche Ausstellungsorte

7 Danksagungen

³⁸Fairhurst and Eggert 2008

Literaturverzeichnis

- “Articulate — Bill Fontana: Hear, Now. Articulate.” 2018. <https://www.articulateshow.org/articulate/bill-fontana-hear-now>.
- Ball, Chris. 2003. “Screen-Scraping with WWW::Mechanize. Perl.com.” January 22, 2003. <https://www.perl.com/pub/2003/01/22/mechanize.html/>.
- Bonin, Vincent. 2003. “Steina and Woody Vasulka Fonds : Steina and Woody Vasulka Fonds.” 2003. <http://www.fondation-langlois.org/html/e/page.php?NumPage=422>.
- Bosker, Bianca, Victoria Clark, Dan Herman, Priya Parker, and Marc A. Smith. 2012. “Fear of Missing Out (FOMO).” <http://www.jwtintelligence.com/wp-content/uploads/2012/03/FjWTfOMO-update3.21.12.pdf,%20Zugriff%20über%20Wayback%20Machine%20via%2026.6.2015>.
- Brindle, R. S. 1987. *The New Music: The Avant-Garde Since 1945*. Oxford University Press. <https://books.google.de/books?id=-SiFAAAAIAAJ>.
- Carré d’Art - Interviewer unbekannt. 2014. “Interview de Bill Fontana, à L’occasion de L’exposition Moving. Norman Foster on Art,” <https://www.youtube.com/watch?v=1ZSdvcaQ32Y>.
- Fairhurst, Godred, and Lars Eggert. 2008. “Unicast UDP Usage Guidelines for Application Designers.” November 2008. <https://tools.ietf.org/html/rfc5405>.
- Fontana, Bill. 1996. “BORROWED LANDSCAPES the Sound Sculptures of Bill Fontana 1973 to 1996.” 1996. <https://www.resoundings.org/PDF/fontanasoundsculpture.pdf>.
- . n.d. “Bill Fontana Artists Statement. Resoundings.” Accessed January 11, 2020. <https://resoundings.org/Pages/Artistsstatement.html>.
- Forschungsdatenzentren Der Statistischen Ämter Des Bundes Und Der Länder. 2016. “Mikrozensus 2016.” RDC of the Federal Statistical Office; the statistical offices of the Länder (RDC). <https://doi.org/10.21242/12211.2016.00.00.1.1.1>.
- Föllner, Golo. 2020. “Medien Kunst Netz Schaeffer, Pierre: Études aux chemins de fer.” Text. January 10, 2020. <http://www.medienkunstnetz.de/werke/etude-aux-chemins-de-fer/>.
- Gale, Matthew. 2009. “Objet Trouvé.” Originally in the Oxford University Press, provided by the MoMA. https://web.archive.org/web/20100620150735/http://moma.org/collection/theme.php?theme_id=10135.
- Gayford, Martin. 2008. “Duchamp’s Fountain: The Practical Joke That Launched an Artistic Revolution - Telegraph. The Telegraph.” 2008. <https://www.telegraph.co.uk/culture/art/3671180/Duchamps-Fountain-The-practical-joke-that-launched-an-artistic-revolution.html>.
- Google. n.d. “Get Started Distance Matrix API. Google Developers.” Accessed January 17, 2020. <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/start?hl=de>.

- Joseph, Branden W. 1997. "John Cage and the Architecture of Silence." *October* 81:80. <https://doi.org/10.2307/779020>.
- LaBelle, Brandon. 2010. *Background Noise : Perspectives on Sound Art*. New York: Continuum.
- OpenJS Foundation. n.d. "About. Node.js." Accessed January 17, 2020. <https://nodejs.org/en/about/>.
- O'Reilly, Rob, Alex Khenkin, and Kieran Harney. 2009. "Sonic Nirvana: Using MEMS Accelerometers as Acoustic Pickups in Musical Instruments." *Analog Dialogue*, no. 43 (February):4. <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/mems-accelerometers-as-acoustic-pickups.html#>.
- Ouzounian, Gascia. 2016. "Recomposing the City: New Directions in Urban Sound Art." *Journal of Sonic Studies*, no. 11 (March). <https://www.researchcatalogue.net/view/236505/236507>.
- Pulkki, Ville, and Matti Karjalainen. 2016. *Communication Acoustics: An Introduction to Speech, Audio and Psychoacoustics*. Wiley.
- Rempe, Christina. 2012. "Zur Bedeutung von Individualistischer Und Kollektivistischer Orientierung Für Die Ausprägung Verschiedener Foci Der Identifikation Und Bindung." November 23, 2012. <http://opus.uni-lueneburg.de/opus/volltexte/2012/14227/pdf/DissertationRempeINAL102012.pdf>.
- Rocchesso, Davide, Stefania Serafin, Frauke Behrendt, Nicola Bernardini, Roberto Bresin, Gerhard Eckel, Karmen Franinovic, et al. 2008. "Sonic Interaction Design: Sound, Information and Experience." In *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 3969–72. CHI EA '08. Florence, Italy: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1358628.1358969>.
- Russolo, Luigi. 1967. "The Art of Noise (Futurist Manifesto 1913." Translated by Robert Filliou. *Great Bear Pamphlet*, 16.
- Schaar, Henning. 2019. "Gedächtnisprotokoll - Befragungen Zu Zugreisen."
- Schubert, Johannes. n.d. "Zugfinder.de. Zugfinder 4.0." Accessed January 17, 2020. <https://www.zugfinder.de/>.
- Schumacher, Janey. 2018. "Museum in Bad Cannstatt: Von der Straßenbahnwelt zum Museum. stuttgarter-nachrichten.de." August 5, 2018. <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.museum-in-bad-cannstatt-von-der-strassenbahnwelt-zum-museum.79195a8a-fada-4863-bbbd-cdc3129ed29b.html>.
- Spielmann, Yvonne. 2004. "Steina : Violin Power, 1978." 2004. <http://www.fondation-langlois.org/html/e/page.php?NumPage=485>.
- . 2005. *Video and Computer : The Aesthetics of Steina and Woody Vasulka*. [Montréal, Qc]: Fondation Daniel Langlois pour l'art, la science et la technologie. <http://www.fondation-langlois.org/html/e/page.php?NumPage=461>.

- Statista. 2014. "Führen einer Fernbeziehung in und außerhalb Deutschlands 2014. Statista." 2014. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/312630/umfrage/umfrage-in-deutschland-zum-fuehren-einer-fernbeziehung/>.
- Thulin, Samuel. 2018. "Sound Maps Matter: Expanding Cartophony." *Social & Cultural Geography* 19 (2):192–210. <https://doi.org/10.1080/14649365.2016.1266028>.
- Vasulka, Steina. 1977. *Steina's 'Orbital Obsessions'*. <https://www.nytimes.com/video/arts/design/100000001521593/steinas-orbital-obsessions.html>.
- Worall, David. 2019. *Sonification Design : From Data to Intelligible Soundfields*. Springer International Publishing. <https://hds.hebis.de/hda/Record/HEB451270061>.