

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, consectetuer 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, consectetuer 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	13
3.2.2.1 Reisegeschichten und Dramaturgie	13
3.2.2.2 Personae	13
3.2.3 Raumkonzept/Aufbau	14
3.2.3.1 Nutzung von Graphik	14
3.2.3.2 Nutzung von Druck	15
3.2.3.3 Nutzung von Lautsprechern	17
3.2.3.4 Raum als Medium für Schall	17
4 Umsetzung	18
4.1 Entwicklung der Klangobjekte	18
4.1.1 Aufgabe der Klangästhetik	18
4.1.2 Bezug auf Personae	19
4.1.3 Dramaturgie	20
4.2 Webscraping & Node.js	20
4.3 p5js	22
4.3.1 Kommunikation	22
4.3.2 Visualisierung	22
4.4 Max	23

4.4.1	Kommunikation	23
4.4.2	Steuerung	23
4.4.3	Weiteres Signal Processing	24
4.5	Aufbau	24
4.5.1	Komponenten	24
4.5.2	Anordnung	24
5	Evaluierung	26
5.1	Beschreibung der Befragung	26
5.1.1	Skalen	26
5.1.2	Rad der Emotionen	27
5.1.3	Zusätzliche Fragen	28
5.1.4	Limitierungen	29
5.2	Gewonnene Erkenntnisse	29
5.3	Mögliche Verbesserungen	30
5.4	Mögliche Erweiterungen	31
5.5	Mögliche Ausstellungsorte	31
6	Danksagungen	31
	Literaturverzeichnis	32

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

3.1 Kontaktmikrofon an stillgelegtem Gleis	7
3.2 Piezoelektrisches Mikrofon (links) und Beschleunigungssensor an Teensy (rechts)	8
3.3 Screenshot eines Ausschnittes der Visualisierung in p5: Züge in Farben nach Typ, Haltestellen grau und Cursor weiß umrandet.	15
3.4 Bild für Gabriel	16
3.5 Bild für Julia	16
3.6 Bild für Leonie	17
4.1 Raumlayout mit Lautsprecherpositionen	25
4.2 Säule aus MDF mit eingebautem leuchtenden Trackball	26
5.1 Befragungswerte in schwarz ■ ganzrationale Trendlinie in grau ■	27
5.2 Rad der Emotionen nach Robert Plutchik	28
5.3 Häufigkeit der angegebenen Emotionen als Zahlen im jeweiligen Feld.	30

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 stattfinde, 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 erschafft einen Platz, in dem eine spezielle Art des Hinhörens erlaubt wird.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 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

⁷ LaBelle 2010 S. 15

⁸ LaBelle 2010 S. 25

⁹ Föllner 2020

¹⁰ Brindle 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, Tschechoslowakei 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 gennant 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 welcher 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 sie 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 umgehen. 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 akustischen 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 die öffentliche Präsenz 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 die Architektur oder 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.

Inspiriert 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.

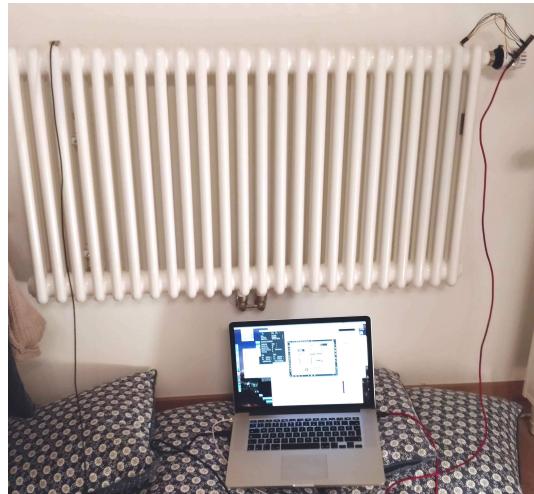


Abbildung 3.2: Piezoelektrisches Mikrofon (links) und Beschleunigungssensor an Teensy (rechts)

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 geeigneten 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 zum Webscraping entwickelt. (*Node.js* vgl. 4.2 *Webscraping & Node.js* S. 20)

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 (vgl. 4.3.1 *Kommunikation* S. 22) an das Klangsyntheseprogramm in Max (vgl. 4.4 *Max* S. 23) 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* schickt 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 Matrix von Distanzen herstellt,³³ generiert, um die Distanzen zwischen Abhörpunkt, Start- und Endbahnhof zu ermitteln. Hieraus 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.

³¹Schubert n.d.

³²Ball 2003

³³Google n.d.

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 würden.

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.

Genaueres zur finalen Implementierung dieses Interaktionsprinzips findet sich in Kapitel 4 *Umsetzung* S. 18.

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 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.³⁴ 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 Ankunftszeit besteht, und wie sich diese im Laufe der Reise wandeln.³⁵

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.³⁶ Insbesondere wurde berichtet, dass die Reise sich grob in fünf Teile einteilen lässt: Zuerst das Gefühl des Abschieds und das Verarbeiten dessen. Wenn dieses Gefühl schwindet, wird, oft in Vorfreude, darüber nachgedacht, was am Ankunftszeitpunkt 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 ähnlich wie in der zweiten Kategorie als eine Art Gebäude wahrgenommen. Reisende dieser Kategorie, berichten nur selten von FOMO, da der Ankunftszeitpunkt 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

³⁴Rempe 2012 S. 31f

³⁵Schaar 2019

³⁶Bosker et al. 2012

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 angenehm beschrieben.

3.2.1.3 Inspiration aus kunsthistorischer Recherche Wie sich die Geräuschkulisse die wir Menschen durch die Industrielle Revolution veränderten und wie dies unser aurikulare Wahrnehmung veränderte wurde durch die Studie der Italienischen Futuristen offensichtlich. Da der Schienenverkehr eine treibende Kraft der Industriellen Revolution war, konnte diese Assoziation bei der klanglichen Gestaltung nicht außer Acht gelassen werden. Beim Erstellen der Klangobjekte, welche zur Herstellung der interaktiven Sounds genutzt werden, wurde aus diesem Grund darauf geachtet, dass ein Bezug zu den Geräuschen des Zugverkehrs zu erkennen ist.

Das Publikum hat bei der Installation eine aktive Rolle bei der Entstehung der Klänge. So ist die Installation meist still, wenn es keine Interaktion durch den Besucher gibt. Hierdurch entsteht eine Verantwortung über die Klangerzeugung, die zu einem großen Teil in den Händen des Publikums liegt. Ähnlich wie in Cages Werken, wird durch die Installation nur ein Rahmen geschaffen, in welchem das Publikum an der Entstehung eines Klangs teilhaben kann. Auch wird durch die Interaktion die Form des Zuhörens modifiziert. Denn wenn der Besucher die Verantwortung über die Erzeugung des Klangs annimmt, ist der Bezug zu den entstehenden Klängen eher vergleichbar mit jenem, welcher auch beim Ausüben eines Musikinstrumentes besteht als mit dem der beim Anhören eines Konzertes herrscht. Anders als bei Cages populären stillen Werken allerdings, ist der Rahmen ein sehr fester, welcher zum Großteil von äußeren Faktoren, nur teilweise durch den Künstler und kaum durch das Publikum kontrolliert wird.

Die Klangobjekte sind größtenteils durch das Modifizieren von Aufnahmen von Zügen entstanden. Das Modifizieren fand jedoch nicht nach einem geordneten Prinzip statt, sondern es wurde viel mehr mit einen Feedback-Loop aus Zuhören, Bewerten und Verändern gearbeitet. Diese Arbeitsweise war zwar bereits vor Recherchieren der experimentellen Ansätze von *Musique Concrète* und Steina Vasulka bekannt, jedoch wurde eine höhere Sicherheit im Arbeiten nach diesem Prinzip durch die Kenntnis über die Bewährtheit dieser Methoden erreicht.

Auch die Idee des *Objet Trouvé* fand Verwendung in der Herstellung der Arbeit. So handelt es sich nicht um einen fertigen Gegenstand welcher ausgestellt wird, jedoch ist die grundätzliche Idee, etwas Alltägliches durch den Prozess des Ausstellens zu einem Kunstwerk zu machen, grundlegend für die Installation. Die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel ist etwas mit dem die meisten Menschen in ihrem Alltag konfrontiert sind. Dem Schienenverkehr jedoch einen Klang zu geben und ästhetisch darzustellen ist nicht der gewohnte Kontext und gibt dem Besucher dadurch die Möglichkeit seinen Bezug zu diesem neu zu definieren.

Der Musikbegriff von Bill Fontana, der darauf beruht, dass Musik kein akustisches Ereignis ist, sondern ein Modus des Zuhörens, geht Hand in Hand mit dem Gedanken von John Cage, den Zuhörer auf eben diesen Modus aufmerksam zu machen. Bei der Umsetzung der Installation werden diese Prinzipien genutzt um die Geräusche von Zügen durch So-

undprocessing im allgemeinen Verständnis musikalischer zu gestalten, jedoch nur genug, um dem Zuhörer, welcher eben dieses allgemeine Verständnis von Musik mitbringt, darauf hinzuweisen, dass die Möglichkeit besteht diese Geräusche, die uns umgeben und häufig als störend empfunden werden, als musikalisch zu verstehen.

Als eine Art *Sound Map* des Zugverkehrs reiht sich *Vernetzt* in den aktuellen Trend der *Aural Architecture* ein, in dem es räumliche Wahrnehmung und urbane Infrastruktur durch interaktiv gesteuerte Sonification musikalisch versteht und darstellt.

3.2.2 Inhaltliche Beschreibung

3.2.2.1 Reisegeschichten und Dramaturgie

3.2.2.2 Personae Aus den Befragungen entstanden zur Herstellung der Klangobjekte Personae. Der Begriff der Personae wird in diesem Fall als Darstellung einer Sammlung derer Eigenschaften einer fiktiven Person genutzt, welche von Außen ersichtlich sind. Sie sind stellvertretend für Eigenschaften die in fast jedem Menschen gefunden werden können und stellen als Ganzes nur eine Facette der Erlebniswelt einer tatsächlichen Person dar.

Es gibt drei Personae und jede hat ihr korrespondierendes Klangobjekt, welches das Material ist, dass die Sonification in *Max* nutzt um die Klänge der Installation zu produzieren. Welches Klangobjekt benutzt wird ist Abhängig vom Zugtypen, wobei die Zugtypen so gewählt wurden, dass sie zur Art der Reise der jeweiligen Persona passen. In der Ausstellung hängen außerdem Steckbriefe zu den Personae mit den korrespondierenden Farben der Züge in der Visualisierung um den Bezug zwischen Persona und gehörtem Klang herzustellen. Im Folgenden soll beschrieben werden, welche Eigenschaften die Personae haben und welche Funktionen diese Eigenschaften in ihrem Verhältnis zu einem Besucher erfüllen:

- **Gabriel** ist das äquivalent zu dem mehrmals in der Woche Kurzstrecken zurücklegenden Zugreisenden. Er ist 35 Jahre alt und hat eine Festanstellung in einem mittelgroßen IT Betrieb ohne den Wunsch diese Position in absehbarer Zeit zu verlassen. Er beginnt und beendet seine Arbeit pünktlich, da ihm sein Familienleben mit seiner Frau und seinen zwei Töchtern, genau wie seine Mitgliedschaft im lokalen Motorcrossverein sehr wichtig sind. Die Zeit im Zug zu und von seinem Arbeitsplatz nutzt er gerne um in Ruhe nachzudenken.

Sein Alter, ist ein Alter in dem die meisten Menschen ein mehr oder weniger gefestigtes Leben haben. Dieses Gefühl der Sicherheit wird weiterhin durch seine Vereinsmitgliedschaft, die Festanstellung und das intakte Familienleben gestärkt. In ihm kann der eigene Wunsch nach Sicherheit gespiegelt werden, jedoch nicht in einem Maße, dass sich einschränkend anfühlen soll.

Er steht bei seinem Arbeitgeber für seine Interessen ein, auch wenn das bedeutet, dass er bei der nächsten Unternehmensverkleinerung eine höhere Gefahr läuft seine Anstellung zu verlieren. Außerdem geht er dem nicht ungefährlichen Hobby des Motorcross' nach. Das Motorcross fahren und seine Position als Informatiker machen seine Liebe zur Technik klar. Dies soll auf ein Ästhetikverständnis hinweisen welches

sich zum Großteil auf geordnete Schönheit bezieht, jedoch nicht ausschließlich, da Motorcross als Freiluftsport auch auf eine Naturverbundenheit hinweist.

- **Julia** entspricht der Zugreisenden, welche ca. einmal in der Woche 1-2 Stunden unterwegs ist. Sie ist 23 Jahre alt und strebt aktuell ihren Bachelor in Literaturwissenschaften an. Ihr Partner ist aktuell im Praxissemester etwas über eine Stunde entfernt von ihrem Wohnort weswegen sie am Wochenende häufig den Zug nimmt. Sie wohnt auch nur 2 Zugstunden von ihren Eltern entfernt welche sie meist in der vorlesungsfreien Zeit aber auch an manchen Wochenenden besucht.

Sie weiß noch nicht wo sie nach ihrem Bachelor hingehen wird. Ein Master in der gleichen Fachrichtung wäre eine Option aber sie interessiert sich neben Literaturwissenschaften für eine Ausbildung in Layout und Graphikdesign, da sie in ihrer Freizeit gerne zeichnet. Die Wahl des weiterführenden Ausbildungsortes wird erschwert dadurch, dass sie sowohl in der Nähe ihrer Familie als auch ihres Partners bleiben möchte.

Der Besucher kann in ihr die Unsicherheit von Wandel und einer ungewissen Zukunft nachempfinden. Jedoch steht sie gleichzeitig für den Wunsch nach Selbstverwirklichung, welcher in dieser Unsicherheit ermöglicht ist und durch ihre künstlerischen Anlagen in Literatur und Bildender Kunst verkörpert wird. Die Angst etwas zu verpassen und alle Bereiche des Lebens miteinander zu vereinen, ohne dabei viele Kompromisse eingehen zu müssen, findet sich in ihrem Abwägen über den neuen Wohnort in Abhängigkeit von Ausbildung, Familie und Liebe wieder. (*FOMO* vgl. 3.2.1.2 *Befragungen S. 11)*

- **Leonie** fährt nur ca. alle 6-8 Wochen mit dem Zug, aber dafür 6-8 Stunden lang. Mit 28 Jahren ist sie seit ca. 2 Jahren im Berufsalltag als Messtechnikerin. Sie genießt nach dem Ende einer langen Beziehung die neu gefundene Unabhängigkeit und ist für ihren Job in eine neue Stadt, weit weg von ihrer Heimat gezogen. Sie übernimmt in ihrem Job viel Verantwortung und eine Beförderung ist aktuell in Sicht. Obwohl sie viel Zeit im Büro verbringt hilft sie am Wochenende auf einem Gnadenhof, da sie schon von klein auf eine besondere Bindung zu Tieren empfindet.

In einer Männerdomäne arbeitend ist sie mit unkooperativen männlichen Vorgesetzten konfrontiert weswegen sie sehr widerstandsfähig ist. Dadurch verkörpert sie die Stärke auch unter schweren Umständen entschlossen voranzuschreiten. In dieser Entschlossenheit und Unabhängigkeit spiegelt sie jedoch auch die Gefühle der Einsamkeit der Besucher wider. In Leonies Arbeit auf dem Gnadenhof können Besucher sich in ihrem Selbstverständnis als vielseitig und manchmal missverstanden wiederfinden.

3.2.3 Raumkonzept/Aufbau

3.2.3.1 Nutzung von Graphik

Die Graphische Darstellung hat die Aufgabe das Interaktionsprinzip deutlich zu machen und Hinweise auf den Inhalt zu geben. Grundsätzlich gibt es 4 verschiedene visuelle Elemente.

Haltestellen werden als graue Kreisflächen dargestellt die so auf der Visualisierung verteilt

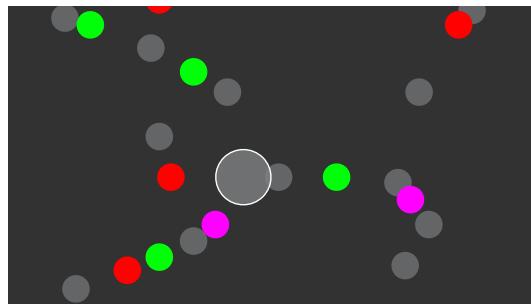


Abbildung 3.3: Screenshot eines Ausschnittes der Visualisierung in p5: Züge in Farben nach Typ, Haltestellen grau und Cursor weiß umrandet.

sind wie sie auf einer Landkarte zu finden wären. Sie sind grau gehalten und liegen auf der hintersten Ebene um darzustellen, dass sie Teil des Hintergrundes sind.

Züge sind je nachdem welcher Persona bzw. welchem Zugtypen sie zugeordnet sind farbige Kreisflächen in grün für Gabriel/regional, rot für Julia/überregional und pink für Leonie/Fernverkehr. Sie bewegen sich in Echtzeit über die Karte.

Dann gibt es den Cursor, welcher als weiße Kreisfläche dargestellt wird. Die Kreisfläche ist durchsichtig und liegt auf der obersten Ebene um zu kommunizieren, dass sie nicht Teil der Karte selbst ist sondern nur der Beobachter dieser Karte, der Rand ist blickdicht um eine Lupe anzumuten. Er ist außerdem größer als die anderen Elemente, um seine Wichtigkeit darzustellen. Er wird vom Nutzer durch einen Trackball in der Mitte des Aufbaus gesteuert.

Berührt der Cursor einen der Züge erscheint das vierte Element: ein wachsender und immer durchsichtiger werdender Kreis der von dem berührten Zug ausgeht. Die Animation dauert so lange wie die Sonification die von diesem Zug ausgeht damit der Nutzer sehen kann, von welchen Zügen aktuell Klänge produziert werden. Zusätzlich ist auf diesem Kreis ein Textelement, welches den Start- und Endbahnhof des Zuges anzeigt. Dies wurde hinzugefügt um einen Hinweis darauf zu geben, dass es sich bei den Kreisflächen um Züge handelt. Da die Installation die Haltestellen des Bundeslandes nutzt in dem sie ausgestellt wird, können Nutzer evtl. sogar Zugverbindungen decken die sie schon genutzt haben, wodurch sie einen persönlichen Bezug zu dem Kunstwerk herstellen können.

Zusätzlich zu der graphischen Darstellung soll der Trackball in der Farbe des zuletzt berührten Zuges leuchten, um den Bezug zwischen Trackball und Graphik zu verdeutlichen.

3.2.3.2 Nutzung von Druck Abgesehen von der Graphischen Darstellung auf der Projektionsfläche gibt es noch die drei Kurzbeschreibungen der Personae, welche mit einem Bild und einer Kreisfläche der korrespondieren Zugfarbe versehen sind und im Ausstellungsraum ausgehangen werden. (vgl. digitaler Anhang [./personabeschreibungen](#))

Die Bilder wurden von Befragten zur Verfügung gestellt, welche ursprünglich als Vorlage für die Personae dienten. In der Entwicklung der Personae bewegten sich die Personae jedoch sehr weit weg von der Ursprünglichen Inspiration. Um auf die Ursprünge der Personae anzuspielen und einen Persönlichen Bezug zu den Personae zu behalten wurden Namen und Bilder der anfänglichen Vorlagen übernommen.



Abbildung 3.4: Bild für Gabriel³⁷

Bei der Auswahl der Bilder wurde beachtet, dass diese zu der später entwickelten Persona passten. Für Gabriel wurde ein Selfie verwendet, welches bei einer Zugfahrt aufgenommen wurde. Die Umgebung des Zuges und die unprofessionelle Aufnahmetechnik, mit dem Kamerawinkel unter der Augenhöhe deutet auf ein nicht inszeniertes im Alltag aufgenommenes Bild hin. Dies spiegelt die von ihm empfundene Einförmigkeit des Reisens wider.



Abbildung 3.5: Bild für Julia³⁸

Für Julia wurde ein inszenierteres Bild verwendet, da sie in der Unsicherheit, die durch ihre ungewisse Zukunft verursacht ist, darauf Bedacht ist, ihre Außenwirkung zu kontrollieren. Außerdem trägt sie eine Brille um die Assoziation zu Lesen und in der Konsequenz auch zu Literaturwissenschaften herzustellen. Auch dieses Bild wurde mit einer Handykamera aufgenommen, um einem Social Media Post anzumuten, was ihren Status als Studierende glaubhaft macht.

Bei dem Bild welches Leonie darstellt, wurde ein Bild gewählt welches von einer Professionellen Fotografin aufgenommen wurde. Es könnte auch als Bewerbungsfoto fungieren, und

³⁷???

³⁸???

³⁹???



Abbildung 3.6: Bild für Leonie³⁹

weckt somit beim Besucher die Assoziation der Professionalität und der damit verbundenen Entschlossenheit der Persona.

3.2.3.3 Nutzung von Lautsprechern Für den Aufbau wurde ein quadrophonischer Aufbau mit Subwoofer gewählt. Ein klassisches 5.1 Setup wurde in Erwägung gezogen, der Lautsprecheraufbau hat aber keinen Grund unsymmetrisch zu sein, da die Richtung der Graphischen Darstellung nur optisch im Vordergrund steht, und keine besonderen akustischen Impulse als von der Darstellung kommend verstanden werden sollen.

Der Subwoofer wird hinter der Leinwand versteckt um das Aussehen der Installation minimalistisch zu halten. Die Positionierung des Subwoofers ist akustisch nicht so kritisch wie die anderen Lautsprecher der Installation da dieser nur Frequenzen unter 80 Hz wiedergeben soll, und diese kaum zu orten sind.⁴⁰

Die Klänge die von den Zügen erzeugt werden, sollen so um den interagierenden Besucher verteilt sein wie sie in der Visualisierung um den Cursor verteilt sind. Die visuelle Darstellung befindet sich jedoch auf der ZY Ebene, welche von einem Surround Aufbau nicht dargestellt werden kann, da dafür Höheninformationen von Nöten wären. Aus diesem Grund wird die räumliche Verteilung von der ZY Ebene auf der Darstellung um 90° vom Besucher weg gekippt um auf der XY Ebene zu liegen.

So wird der Quadraphonische Aufbau genutzt um die XY Ebene akustisch zu füllen. Es werden basierend auf der Distanz der Züge zum Cursor außerdem Halleffekte genutzt um die Illusion eines akustischen Raumes zu verbessern.

3.2.3.4 Raum als Medium für Schall Außerhalb des virtuellen akustischen Raumes gibt es allerdings noch den echten akustischen Raum in dem die Installation aufgebaut wird. Es wurde bei der Gestaltung der Klänge darauf geachtet keine starken Impulse zu verwenden sondern eher langsam anschwellende Klänge zu verwenden um die Aufmerksamkeit des Besuchers nicht auf die Raumakustik zu lenken. Trotzdem spielt der Ausstellungsraum eine Rolle da es keine Lautsprecher außerhalb der Ebene gib, womit alle Höheninformationen

⁴⁰Hall 2008 S. 305

von den Reflexionen des Ausstellungsraumes kommen. Aus diesem Grund gibt es im Soundprocessing die Möglichkeit den virtuellen Hallraum anzupassen. Die Einstellung soll so vorgenommen werden, dass sich der virtuelle Hall und der Raumhall bestmöglich ähneln, damit die Installation sich nahtlos in den Ausstellungsraum einfügt.

Dieses unauffällige Einfügen in den Raum ist gewünscht, da die Installation in ihrer Funktion als Sound Map einen Bezug zu ihrer Umgebung herstellen soll. So wie die Karte sich an das Bundesland des Ausstellungsortes anpasst, soll sich der akustische Raum, der durch sie erzeugt wird, an den Ausstellungsraum anpassen.

4 Umsetzung

4.1 Entwicklung der Klangobjekte

4.1.1 Aufgabe der Klangästhetik

Zunächst sollte ein Bezug zu den Geräuschen des Zugverkehrs zu erkennen sein, um auf das akustische Gedächtnis der Besucher zuzugreifen. Das charakteristische Schleifen der Räder auf den Gleisen ist ein Klang der sowohl durch Aufnahmen von eben diesem Geräusch als auch durch die Auswahl von synthetischen Klängen in die resultierenden Klangobjekte eingebaut wurde. Auch der typische, immer wieder ansteigende, Sinus-ähnliche Ton welcher von Elektromotoren von modernen Zügen produziert wird, wurde emuliert, indem die Frequenz eines Trägertons mit Sägezahn-LFOs moduliert wurde.

Als LFOs (*Low Frequency Oscillators*) werden niederfrequente Signale bezeichnet, die meist genutzt werden um Frequenz, Filter oder andere Parameter eines Synthesizers zu steuern.⁴¹

Schnellere LFOs welche die Frequenz von breitbandigen Trägersignalen modulieren wurden genutzt, um das Vorbeischneiden von Zugwagons und den dabei entstehenden Dopplereffekt zu emulieren.

Der Dopplereffekt beschreibt ein Phänomen, bei welchem sich die Frequenz einer Welle erhöht, wenn der emittierende Körper sich auf den Beobachter zubewegt, da die Welle gestaucht wird. Das Gegenteil ist der Fall bei Körpern die sich von einem Beobachter weg bewegen.⁴² Im Falle von Zugwagons ist dies insbesondere bei Güterzügen bemerkbar, da genug Abstand zwischen den einzelnen Wagons besteht, sodass sie als einzelne akustische Körper wahrgenommen werden können.

Außer dem Bezug auf die Geräusche des öffentlichen Personenverkehrs sollte noch Bezug zu den persönlichen Reiseerfahrungen des Künstlers hergestellt werden. Hierfür wurden die meist gefahrenen Zugstrecken aus allen bisherigen Wohnort gesammelt und die Distanzen dieser Zugstrecken wurden ermittelt.

Zum einen wurden die Distanzen in Kilometern als Frequenzen für Oszillatoren verwendet um je Wohnort eine Art Akkord zu bauen, welche als Toncluster zu beschreiben wären, bei welchem jeder Ton einer Zugstrecke entsprach. Da diese Klänge an sich sehr Dissonant und unangenehm sind, und das nicht der zu erzielende Effekt war, wurde entschieden einen

⁴¹Raffaseder 2010 S. 219

⁴²Schmüser 2013 S. 147

Granularsynthesizer zu verwenden, um auf der Grundlage dieser Toncluster verschiedenste Klangmaterialen herzustellen, welche in der Erstellung der fertigen Klangobjekte verwendet wurden.

Bei Granularsynthese handelt es sich um eine Arbeitsweise mit Klang, bei der kurze Segmente von Klang, sogenannte *Grains*, generiert und manipuliert werden.⁴³ Für Granularsynthese kann eine vorhandene Tondatei genutzt werden um daraus eben diese *Grains* zu gewinnen und diese dann auf unterschiedliche Weise wieder zusammenzusetzen. Die hierfür verwendete Software war das Open Source Projekt *Dronebox* welches in *Max* zu verwenden ist.⁴⁴

Weiterhin wurden die Distanzen genutzt um FM Synthese zu betreiben. Es wurden Netzwerke von sich gegenseitig in der Frequenz modulierende Oszillatoren angelegt, welche dann mit den Distanzen in Kilometern als Frequenzen betrieben wurden. Der letzte Stand des hierfür verwendeten Maxpatches findet sich im digitalen Anhang.

4.1.2 Bezug auf Personae

Für Gabriel wurde ein Klangobjekt entwickelt, welches im Vergleich zu den anderen beiden viel tonalen Inhalt hat. Diese Entscheidung wurde getroffen, da Tonalität ein wichtiger Grundbestandteil der musikalischen Hörgewohnheiten der Besucher ist, und Gabriel für Sicherheit stehen soll. Die Inspiration für den harmonischen und melodischen Inhalt lag eine Aussage einer Befragten zu Grunde. Sie meinte, der öffentliche Personennahverkehr sei für sie ähnlich wie ein Wartezimmer, dies bezog sie darauf, dass es sich dabei um einen geteilten Raum handelt, in welchem man sich kurz genug aufhält um nicht dem Bedürfnis nachzugehen sich einzurichten, sondern eventuelle Unannehmlichkeiten aushält.

Auf die Unannehmlichkeiten des Reisens bezog sich auch Brian Eno in seiner Reihe von Stücken *Music for Airports* von 1978. Es sollte an Flughäfen gespielt werden um die Irritation der Reisenden zu verringern, die Musik sollte dabei nicht aufdringlich, aber dennoch interessant sein.⁴⁵ Dies wird durch ein geringes Tempo und minimale harmonische Bewegung bei jedoch vielseitiger akustischer Textur erreicht.

Von dem melodischen Material von *Music for Airports* inspirierte Melodien wurden geschrieben und durch Verlangsamung und Oktavverschiebungen variiert um den Tonalen Inhalt des Klangobjektes für Gabriel herzustellen. Das Klangobjekt für Gabriel beinhaltet wenig texturelle Variation, um die Einförmigkeit seiner Nutzung von Zügen widerzuspiegeln.

Bei dem Klangobjekt für Julia handelt es sich ausschließlich um Klänge die durch die im Kapitel 4.1.1 *Aufgabe der Klangästhetik* beschriebene FM-Synthese entwickelt wurden. Der persönliche Bezug, der durch die Nutzung der Reisedistanzen hergestellt wird, ist in diesem Fall angebracht, da der Künstler in seiner persönlichen Erfahrung meist zu weiten Teilen mit dieser Persona übereinstimmte. Es wurden schnelle Wechsel in Klangfarbe und Intensität genutzt um die Umstellung zwischen den verschiedenen gelebten sozialen Umfeldern der von ihr besuchten Orte darzustellen.

⁴³Lazzarini 2017 S. 201

⁴⁴Ohland 2019

⁴⁵Peter H. Lisius 2010 S. 633

Das Klangobjekt welches für Leonie steht, wurde durch die in 4.1.1 *Aufgabe der Klangästhetik* beschriebene Granularsynthese der Toncluster aus Zugdistanzen sowie der Tonaufnahmen von Zügen hergestellt. Der persönliche Bezug durch die Zugdistanzen ist hier abgeschwächt durch die weitere Verarbeitung durch die Granularsynthese und das Vermischen mit akustischen Quellen, da der Künstler nur teilweise Übereinstimmungen mit dieser Persona erlebt hat. Auch in diesem Klangobjekt wurden abrupte Wechsel verwendet, jedoch mit längeren Spannungsaufbauten vor diesen. Die Spannungsaufbauten wurden durch immer stärker werdende Überlagerung verschiedener Texturen und ansteigender Lautstärke erreicht. Dieses Vorgehen wurde gewählt um die durch Leonie erlebte Ereignishaftigkeit ihrer Reisen abzubilden.

4.1.3 Dramaturgie

Dem dramaturgischen Verlauf der Klangobjekte liegen die jeweiligen Wahrnehmungen der den Personae zugeordneten Befragten des Reiseverlaufs zugrunde.

Für Gabriel wurde eine im zeitlichen Verlauf nur minimal variierende Entwicklung gewählt um die Zeitlich als homogen empfundene Reise abzubilden.

Für Julia wurde das Klangobjekt in fünf Teile eingeteilt. (vgl. 3.2.1.2 *Befragungen* S. 11) Die einzelnen Etappen wurden nach dem Empfinden des Künstlers durch Klänge wiedergespiegelt, wobei für als unangenehm empfundene Emotionen eher Obertonreiche, also kratzende, und für als angenehme Empfundene Emotionen eher tonale Klänge verwendet wurden. Töne mit Stark variierendem Grundton im Bassbereich wurden verwendet um Bedrohliche Gefühle darzustellen.

Für das Klangobjekt, welches Leonies Reise darstellt, wurde eine ähnliche Einteilung vorgenommen, wobei der Mittlere teil, eher Ruhig gehalten wurde um den in den Befragungen als angenehm empfundenen Mittelteil wiederzugeben. Die Übergänge zwischen den Teilen wurden weniger Abrupt gestaltet um die Verteilung der Gefühle über die längere Dauer der Reise einzufangen.

4.2 Webscraping & Node.js

Node.js ist eine Javascript Runtime, welche die V8 Javascript engine von Google Chrome nutzt.⁴⁶ 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. Zudem haben *Node.js* Anwendungen im Gegensatz zu im Browser ausgeführtem Javascript sehr viel weniger Einschränkungen, zum Beispiel um auf Netzwerkhardware und Festplatte des Host-Rechners zuzugreifen.

Das Webscraping besteht aus drei Node.js Programmen: *getStrecken.js*, *extractStations.js*. und *scraper.js* wobei die ersten beiden zur Erstellung der für den Betrieb erforderlichen Daten zuständig sind und letzteres im Betrieb der Installation genutzt wird.

getStrecken.js wird manuell mit einer Liste von URLs der Strecken auf *Zugfinder.de* welche

⁴⁶OpenJS Foundation n.d.

in der Installation angezeigt werden sollen bespielt. Für jeden dieser URLs macht das Programm ein HTTP Request aus welchem es mit Hilfe des *dom-parsers* die Namen der Haltestellen sowie deren Position auf der Darstellung entnimmt und die um diese Parameter ergänzte Liste unter *strecken.json* speichert. Die Position der Haltestellen ist wichtig für die spätere Darstellung in *p5js*, da dadurch die relative Position der Züge zu den Haltestellen berechnet wird. *dom-parser* ist eine Erweiterung für Node.js um HTML, die Markup Sprache mit der *Zugfinder.de* arbeitet, effektiv zu parsen.⁴⁷

extractStation.js hat die Funktion aus dem durch *getStrecken.js* angefertigten Datensatz eine Karte herzustellen. Es sammelt alle darin enthaltenen Haltestellen in einer Liste, entfernt die Duplikate und formatiert aus dieser neuen Liste einen API Request an die Google Distance Matrix API, welche die geographischen Koordinaten dieser Haltestellen zurückgibt. Diese Koordinaten werden in der Liste der in *strecken.json* vorkommenden Haltestellen ergänzt und als *map.json* abgespeichert.

scraper.js hat die Aufgabe die Positionen der Züge zu ermitteln welche sich auf den in der URL-Liste enthaltenen Strecken befinden. Dieses Programm musste kurze Zeit vor Fertigstellen der Arbeit implementiert werden, da sich die Infrastruktur der Seite *Zugfinder.de* am 24. Januar auf entscheidende Weise änderte. Die Streckenansicht auf *Zugfinder.de* funktioniert durch ein JSON-File welches dynamisch, also nach Laden des eigentlichen Inhaltes der Seite, geladen wird. Vor dem 24. Januar war es möglich auf diese JSON Datei mit einem einfachen HTTP-request, also dem aufrufen eines Links, zuzugreifen. Mutmaßlich aus Sicherheitsgründen implementierte der Entwickler jedoch dann eine Einschränkung, die zur Folge hat, dass nur von der besuchten Streckenansicht ein XMLHttpRequest (kurz *XHR*) genutzt werden kann um das erforderliche JSON zu laden. *XHRS* sind von Microsoft entwickelte Javascript Objekte, die den Zugriff auf Daten über eine URL erlauben und vereinfachen.⁴⁸ In diesem Fall wird jedoch nur eine vollständige Datei zurückgegeben wenn dieses *XHR* einen Cookie enthält welcher beim Besuchen der Seite generiert wird.

Cookies sind Textdateien welche entweder vom Server an den Browser gesendet, oder von einem im Browser ausgeführten Javascript generiert werden. Sie werden unter anderem genutzt um Nutzer zu identifizieren und Statusinformationen über den Besuch der Website zu speichern.⁴⁹ Auf der Seite *Zugfinder.de* werden die Cookies vom Server generiert, weswegen der einfachste Weg weiterhin auf das zugrundeliegende JSON zuzugreifen die Nutzung eines headless Browsers, in diesem Fall *Puppeteer*, ist.

Puppeteer ist eine *Node.js* Library, welche die Automatisierung der Nutzung eines Browsers über Javascript Befehle erlaubt. Sie führt dafür eine oder mehrere Instanzen des Browsers *Chromium* ohne die Darstellung eines Graphischen User Interfaces (kurz *GUI*) aus. Das ausführen ohne GUI bezeichnet man als *headless operation*.⁵⁰

Das Programm öffnet eine Instanz von *Chromium*, besucht die Streckenansicht und wartet dann darauf, dass das *XHR* für die benötigten Zugpositionen gesendet wird. Wenn die Datei heruntergeladen ist, wird sie dem *Node.js* Prozess zugeführt und von dort an den *p5js*

⁴⁷Ershov-konst (Pseudonym) n.d.

⁴⁸Mozilla n.d.

⁴⁹Barth {\textless}abarth@eecs.berkeley.edu{\textgreater} n.d.

⁵⁰*Puppeteer/Puppeteer* 2020

Prozess gesendet (vgl. 4.3.1 *Kommunikation* S. 22) . Dieser Prozess wird für alle in der Liste enthaltenen Zugstrecken durchgeführt, um dann wieder am Anfang der zu beginnen.

4.3 p5js

p5.js ist eine Javascript Library mit dem Ziel, Programmieren für Künstler, Designer und andere zugänglicher zu machen. Es nutzt einen sogenannten *Sketch* in dem alle in der *draw* Funktion enthaltenen Operationen einmal pro angezeigtem Bild ausgeführt werden.⁵¹ Dies kann genutzt werden um Animationen in einem *HTML* Dokument darzustellen.

4.3.1 Kommunikation

Für die Kommunikation zu den anderen Prozessen wird *Open Sound Control* (kurz OSC) verwendet. OSC ist ein offenes Nachrichten Protokoll, welches ursprünglich im UC Berkeley Center for New Music and Audio Technology (CNMAT) entwickelt wurde. Es wurde speziell für die Kommunikation zwischen Computern, Synthesizern und anderen Multimediasystemen entwickelt.⁵²

Die Wahl viel auf OSC, da es sowohl für *p5js*, als auch für *Node.js* und *Max* einfach zu nutzende implementierungen dieses Standards gibt. Für das versenden der OSC Nachrichten wird meist UDP verwendet.

UDP (User Datagram Protocol) ist ein Netzwerk-Nachrichtenprotokoll, welches auf Handshakes verzichtet und deswegen einfach zu nutzen ist.⁵³ Allerdings bedeutet dieser Verzicht auf Bestätigungen auch, dass *UDP* kein besonders sicheres Netzwerkprotokoll ist, weswegen Browser das Senden und Empfangen von *UDP* nicht erlauben. *p5js* läuft allerdings innerhalb eines Browsers, weswegen eine sogenannte Bridge zum Einsatz kam. Diese gibt die Empfangenen *UDP* Pakete über *Socket.io*, einer beliebten *Node.js* zu Browser Kommunikationschnittstelle⁵⁴, an den Browser weiter.

Die hierfür genutzte Bridge, *p5js-osc*⁵⁵ wurde speziell für *p5js* entwickelt und war deshalb leicht in das Programm einzubinden.

4.3.2 Visualisierung

Die Visualisierung besteht wie in 3.2.3.1 *Nutzung von Graphik* (S. 14) beschrieben aus vier Elementen.

Die Haltestellen werden dargestellt, indem die geographischen Koordinaten aus der Datei *map.json* auf die Größe des anzeigenenden Bildschirms skaliert werden. Es wird dann pro berechnetem Punkt auf dem Sketch eine graue Kreisfläche gezeichnet.

Die Züge werden dargestellt, indem die Relative Distanz zu der letzten und der nächsten Haltestelle auf der Darstellung der Strecke auf *Zugfinder.de* berechnet wird. Diese beiden Haltestellen werden dann auf der Darstellung der Karte gesucht und es wird eine Kreisfläche

⁵¹ McCarthy n.d.

⁵² Wright 2002

⁵³ Fairhurst and Eggert 2008

⁵⁴ Socketio 2020

⁵⁵ Kogan 2020

zwischen diesen, relativ zu der berechneten Position, gezeichnet. Die Kreisfläche wird je nach Zugtyp gefärbt, um den Bezug zu den Personae herzustellen.

Der Cursor ist eine Kreisfläche welche an der Stelle gezeichnet wird, an der sich die Maus gerade befindet. Befindet sich der Cursor an der gleichen Stelle wie einer der Züge, so werden die Informationen über diesen Zug per OSC an das Soundprocessing in *Max* gesendet und eine Animation eines größer werdenden Kreises um den dargestellten Zug wird ausgelöst. Zudem werden der letzte und der nächste Halt des Zuges weiß eingefärbt.

4.4 Max

Max (ehemals *Max/MSP*) ist eine graphische Entwicklungsumgebung für Signalverarbeitung und Multimedia welche genutzt werden kann um flexible Echtzeitsignalverarbeitung zu implementieren. Außer der Signalverarbeitung hat *Max* viele weitere Funktionen, welche in der graphischen Umgebung als *Objects* bezeichnet werden, die unter anderem Logikoperationen, Textverarbeitung und vieles mehr erlauben.⁵⁶

4.4.1 Kommunikation

Max erhält von dem *p5js* Prozess über OSC Daten über Züge welche vom Benutzer berührt werden. Diese Daten umfassen eine einmalige ID zur eindeutigen Identifikation des Zugs, Zugnamen, Zugtyp und den aktuellen Fortschritt in der Gesamtreihe des Zuges.

Zudem erhält Max zum verteilen der Züge im Surroundfeld einmal pro Frame die zum Cursor relative Position aller relevanten Züge als Liste.

Aus *Max*, werden außerdem Farbinformationen per MIDI an einen Microcontroller gesendet um die Farbe einer LED zu steuern. (vgl. 4.5.1 *Komponenten* S. 24).

4.4.2 Steuerung

Der Zugtyp bzw. die Zuordnung zu den Personae entscheidet, welche Tondatei abgespielt wird. Für das Abspielen der Tondatei gibt es Wiedergabeinstanzen welche jeweils aus Tonwiedergabe, Panning, also Verteilung im Surroundfeld, Halleffekt und tonaler Effekteinheit bestehen (vgl. 4.4.3 *Signal Processing* S. 24).

Die Tonwiedergabe wird durch die Berührung des Zuges ausgelöst und durch den Fortschritt des Zuges gesteuert. Je nachdem wie weit der Zug in seiner Reise fortgeschritten ist, wird ein Ausschnitt der Tondatei abgespielt, welcher sich relativ zur Länge der Tondatei an der selben Stelle befindet.

Das positionieren der virtuellen Schallquelle im Surroundfeld geschieht anhand der durch die von *p5js* übergebenen relativen Positionen der Züge zum Cursor. Die einmaligen Zug IDs in der Positionsliste werden mit dem aktuell in der Wiedergabeinstanz gespielten Zug verglichen, und falls es eine Übereinstimmung gibt, wird der Winkel zur Positionierung und der Abstand zur Lautstärkeregulierung genutzt, um die Platzierung in einem virtuellen akustischen Raum zu simulieren.

⁵⁶Cycling '74 n.d.

Der Abstand des Zugs wird weiterhin genutzt um den Anteil des Halleffektes zu bestimmen. Ist der Zug weiter weg, so wird der Hallanteil größer. Auch dies soll das Verhalten von realen Schallquellen in einem Raum simulieren.

4.4.3 Weiteres Signal Processing

Die Tonale Effekteinheit wird unabhängig von den Speziellen Zugdaten gesteuert. Sie besteht aus 8 Bandpassfiltern, dessen Frequenzen über *MIDI* gesteuert werden.

Bandpassfilter erlauben den Durchlass eines Teils des Spektrums eines Signals, zentriert um eine Frequenz, während der Rest des Spektrums gedämpft wird.⁵⁷ Bei einem breitbandigen Signal wird diese Zentrale Frequenz als tonaler Ankerpunkt empfunden. So kann wenn Frequenzen, welche Noten entsprechen, genutzt werden durch das Filtern eines breitbandigen Signals die Illusion von gespielten Melodien erzeugt werden.

Dieser Effekt wird hier genutzt um Akkordfolgen zu spielen. Die Akkordfolgen beziehen sich auf die Personae, und wurden passend zu deren assoziierten Emotionen ausgewählt.

Bei Gabriel ist der Anteil des Tonalen Effekt am Stärksten, bei Julia und Leonie wird er nur als Verzierung verwendet.

Zusätzlich werden Global alle Laustsprechersignale Monosummiert um an den Subwoofer gesendet zu werden.

4.5 Aufbau

4.5.1 Komponenten

Der Aufbau der Installation Besteht aus folgenden Elementen:

Stk.	Bezeichnung	Kabeltyp
4	Full range Monitore auf Stativen	XLR zu TRS
1	Subwoofer	XLR zu TRS
1	Full HD Beamer +Leinwand 1680*2000mm	HDMI
3	Personabeschreibungen im Format DIN A4	-
1	Trackball	USB-A
1	Teensy mit RGB-LED	mikro USB-B zu A
1	MDF Möbel, 1016mm Höhe	-
1	Focusrite Scarlett 18i20 Audointerface	USB-C zu A
1	Mac Mini mit <i>Max</i> , <i>pōjs</i> und Internetzugriff	-

4.5.2 Anordnung

Der Mac Mini ist das Herz der Installation. Auf ihm laufen die Software Komponenten, die für Webscraping, Visualisierung und Sonification zuständig sind. An ihn angeschlossen sind über HDMI der Beamer welcher die Darstellung auf die Leinwand projiziert. Über USB sind drei weitere Geräte angeschlossen.

⁵⁷Lazzarini 2017 S. 88

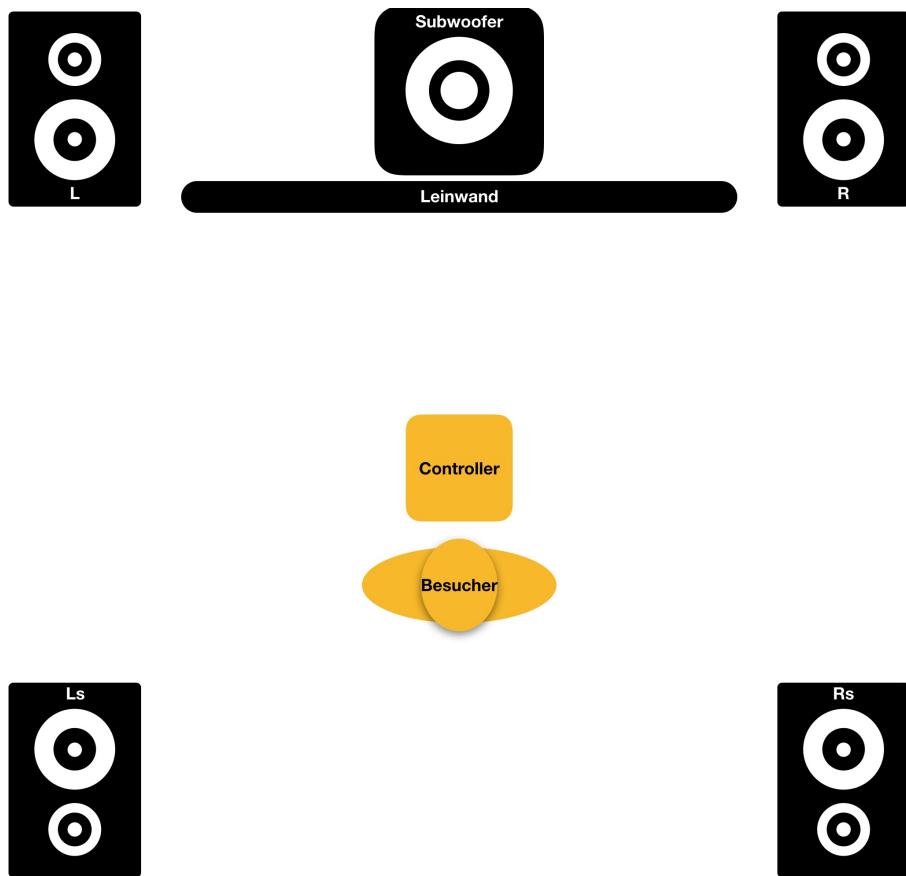


Abbildung 4.1: Raumlayout mit Lautsprecherpositionen

Einerseits das Audiointerface, das die digitalen Audiosignale des Rechners in Analoge Signale umwandelt und diese an die Lautsprecher weitergibt. Zweitens der Trackball welcher dem Nutzer erlaubt die Cursorposition zu verändern.

Als drittes ist ein Teensy angeschlossen. Teensy ist eine Art Microcontroller welcher in der Lage ist über USB als MIDI Gerät angeschlossen zu werden. Für ihn kann Software in einer modifizierten Version der Programmiersprache C entwickelt werden.⁵⁸ In diesem Fall läuft lediglich eine Software auf dem Controller, welche empfangene MIDI Control Change Nachrichten in Spannungen für den roten, grünen und blauen Anteil einer RGB-LED umwandeln.

Das MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) Protokoll ist ein Standard zur Übertragung von musikalischen Informationen.⁵⁹ MIDI Control Messages sind eine besondere Art von MIDI Nachricht, welche bei der Kontrolle von Synthesizern für alle nicht im MIDI Protokoll spezifizierten Funktionen genutzt werden kann.⁶⁰

Teensy und Trackball wurden gemeinsam in eine 1016mm hohe Säule aus MDF mit einem 300mm*300mm Sockel eingebaut. Der Trackball ragt oben aus der Säule heraus und wird von innen mit den durch den Teensy gesteuerten LEDs beleuchtet.

⁵⁸PJRC n.d.

⁵⁹MIDI Manufacturers Association 1996 S. 1

⁶⁰MIDI Manufacturers Association 1996 S. 4ff

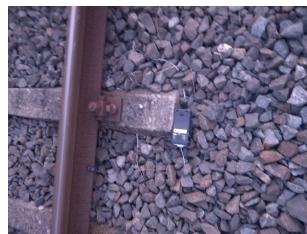


Abbildung 4.2: Säule aus MDF mit eingebautem leuchtenden Trackball

5 Evaluierung

5.1 Beschreibung der Befragung

Der gesamte Fragebogen ist im digitalen Anhang unter *evaluationsbogen.pdf* zu finden.

5.1.1 Skalen

Beim Entwickeln eines Fragebogens für die Evaluierung eines Kunstwerkes ist es schwierig verbalisierte Skalen vorzugeben, da es sich teilweise um Frageinhalte handelt welche Wahrnehmungskomplexe in einfache Quantisierungen einteilen sollen. Verbalisiert man die Skala, also gibt eine Beschreibung zu jedem der Wertungsmöglichkeiten, ist man durch Limitierungen von sprachlichen Formulierungen eingeschränkt.

Eine endpunktbenannte Skala benennt nur die beiden extremen Skalenpunkte und die Skalenpunkte dazwischen werden mit aufsteigenden Zahlen versehen. Sie haben zusätzlich zu der Umgehung sprachlicher Limitierungen noch den Vorteil, dass sie als intervallskaliert angenommen werden können, da der Abstand der einzelnen Skalenpunkte zwischen den beiden Extremen von Befragten als gleichwertig verstanden wird.⁶¹

Bei der Entscheidung ob eine gerade oder ungerade Skala genutzt werden soll, fiel die Wahl auf eine ungerade Skala, da insbesondere bei zweidimensionalen Skalen eine Mittelposition eine legitime Antwortmöglichkeit und eine bewusste Entscheidung sein kann.⁶² Dass der mittlere Skalenpunkt als Fluchtkategorie verwendet werden könnte wurde abgewogen, die Daten der gegebenen Antworten über alle Fragen deuten jedoch eine Normalverteilung an, weshalb vermutet werden kann, dass die mittlere Kategorie nicht als Fluchtkategorie wahrgenommen wurde. (vgl. Abbildung 5.1)

Bei der Auswahl der Dimensionalität der Skala wurde für Fragen über die Wahrnehmung eine zweidimensionale und für Fragen der Selbsteinschätzung eine eindimensionale Skala verwendet.

Eine eindimensionale Skala ist eine Skala, welche nur Antworten in eine Richtung zulässt (z.B. keine Zustimmung bis totale Zustimmung). Eine zweidimensionale Skala hingegen verläuft von einem negativen Wert über einen Mittelpunkt hin zu einem positiven Wert. (z.B. von totaler Ablehnung zu totaler Zustimmung).⁶³

⁶¹Porst 2011 S. 80

⁶²Porst 2011 S. 82

⁶³Porst 2011 S. 89

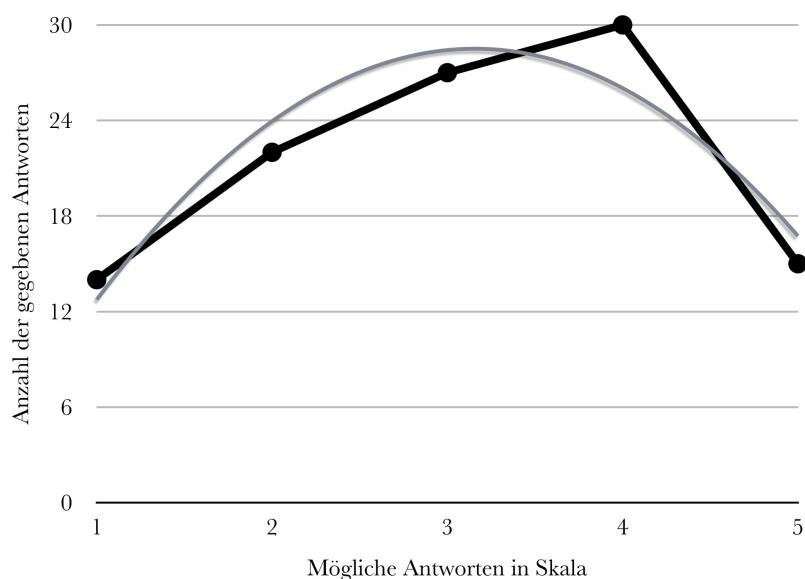


Abbildung 5.1: Befragungswerte in schwarz ■ ganzrationale Trendlinie in grau ■.

Eine Ausnahme hierbei stellt die Frage über das Anstoßen von originellen Gedankengängen. Die Dimensionalität ist augenscheinlich eindimensional, da der minimale Extremwert mit „Keine neuen Gedanken“ beschrieben wird. Der Maximalwert jedoch wird als „etwas vorher noch nicht erfasstes“ beschrieben. Das Maximum bezieht sich hier also speziell auf die Originalität des Gedankens, womit als Mittelpunkt der Skala eine Wirkung definiert sein könnte die zwar Gedankengänge anstößt, diese jedoch nicht als besonders originell empfunden werden.

Die ungenaue Dimensionalität dieser Frage besteht, da es kein sprachlich Darstellbares Gegenteil des Anstoßens eines originellen Gedankens gibt. Diese Ungenauigkeit ist jedoch nicht besonders relevant, da die Zweidimensionalität bei Fragen über die Wahrnehmung nur gewählt wurde, um einen höheren Informationsertrag durch erhöhten Spielraum in den Antwortmöglichkeiten zu erreichen.

5.1.2 Rad der Emotionen

Robert Plutchik suchte nach einer allgemein gültigen Einteilung und Kategorisierung von Emotionen. Er nutzte hierfür Prinzipien aus der psychologischen Beobachtungen von nicht menschlichen Tieren. Er beschreibt hierfür Emotionen im Sinne ihrer Funktion in einem Verlauf von Stimulus und Handlung. Zunächst gibt es einen Stimulus, aus welchem eine Kognition resultiert. Ein Gefühlszustand wird dadurch ausgelöst und eine Aktion wird durchgeführt um den gewünschten Effekt zu erzielen. Der ausgelöste Gefühlszustand wird vom Individuum als Emotion wahrgenommen.

Eine Bedrohung kann beispielsweise ein Stimulus sein, daraus erfolgt dann die Kognition von Gefahr. Der dadurch verursachte Gefühlszustand ist Angst, diese bewegt das Individuum zur Flucht, welche den gewünschten Effekt der Sicherheit erzeugt.

Basierend auf Darwins Forschung zu Emotionen kommt Plutchik zu dem Schluß, dass Emotionen die evolutionäre Fitness steigern können. Er definierte acht Grundemotionen

⁶⁴ Metoaster 2012

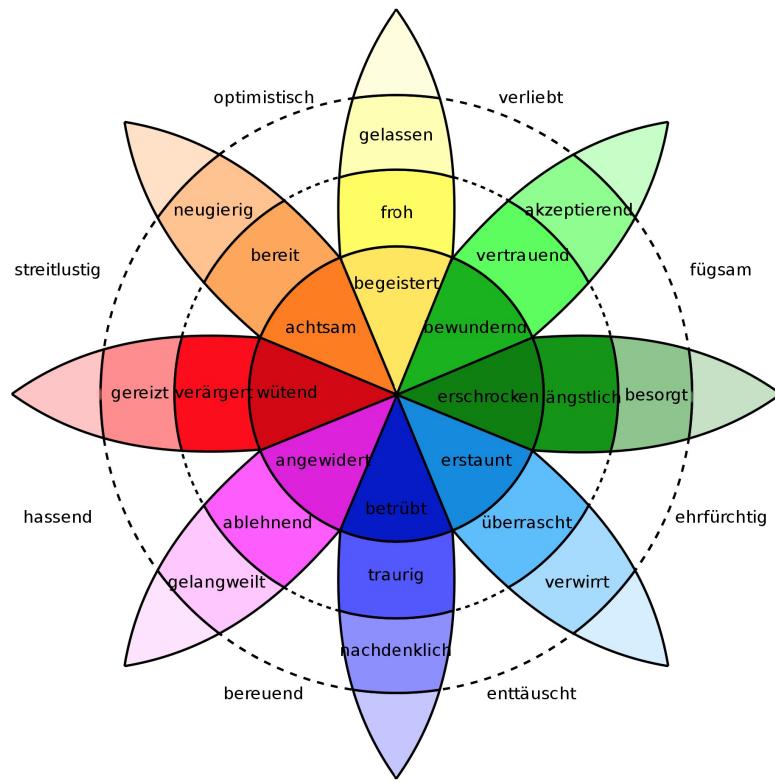


Abbildung 5.2: Rad der Emotionen nach Robert Plutchik⁶⁴

welche auf diese Weise begründet werden können und verteilt sie im Rad der Emotionen von innen nach außen schwächer werdend und nach Farben in acht Strahlen, welche die Grundemotionen darstellen, eingeteilt.

Die in den Leerstellen von Abb. 5.2 zu sehenden Emotionen sind die sogenannten *primary dyads* also Kombinationen aus zwei Grundemotionen. Plutchik erklärt die Vielfalt der erlebten Emotionen unter anderem dadurch, dass viele dieser Kombinationen aus Grundemotionen oder Kombinationen aus Kombinationen sind (*secondary dyads, tertiary dyads, etc.*).⁶⁵

Dieses Rad wurde zur Abfrage der in der Installation erlebten Emotionen genutzt, da die Nutzung dessen das Interesse und die Motivation der Nutzer signifikant erhöht. Dies ist wichtig, da die Motivation des Nutzers beim ausfüllen von Fragebögen wichtig für die Qualität der Antworten ist.⁶⁶

5.1.3 Zusätzliche Fragen

Zu den Fragen, welche durch die Benutzung von Skalen beantwortet werden konnten, wurde noch eine offene Frage mit einem Textfeld für die Antwort gestellt. Hier wurde nach den durch das Kunstwerk angestoßenen Gedanken gefragt.

Für die bessere Einordnung der Antworten wurden Fragen über Tätigkeit, Alter und vorangehende Erfahrungen mit interaktiven Kunstwerken gestellt.

⁶⁵Plutchik 2001 S. 345ff

⁶⁶Warpechowski, Orzeszek, and Nielek 2019

5.1.4 Limitierungen

Zunächst ist die Evaluation dadurch limitiert, dass die Befragten zu einem großen Teil persönliche bekannte des Künstlers waren. Es ist anzunehmen, dass dies dafür sorgte, dass die Daten in die Richtung verzerrt sind, die die Teilnehmer als im Sinne des Künstler empfanden.

Eine kleine Stichprobengröße von 15 sorgt außerdem dafür, dass Ausreißer in den Daten, nicht die Chance haben ausgeglichen zu werden und schlagen sich stark in berechneten Durchschnittswerten wider, wodurch diese weniger brauchbar werden.

Weiterhin war die Umgebung der Evaluation wenig kontrolliert, da sie auf einer öffentlichen Veranstaltung stattfand, die einer Vernissage ähnelte. Dies war zwar gewünscht, da dies eine angemessene Umgebung für das Wahrnehmen einer solchen Installation ist, jedoch bedeutet dies auch, dass unkontrollierbare Faktoren in die Bewertung mit einflossen.

Das Ausschenken von Alkohol im Rahmen der Veranstaltung ist ein potentieller Faktor, welcher die Wahrnehmung der Teilnehmer getrübt haben könnte. Aus diesem Grund wurden die Teilnehmer darum gebeten, die Fragebögen möglichst bald nach ihrer Ankunft auszufüllen, es wurde jedoch nicht kontrolliert, ob dieser Bitte gefolgt wurde.

Weiterhin gab es im Laufe der Veranstaltung eine Zeitspanne, in der die Installation auf Grund eines Softwarefehlers nicht immer auf das Berühren von Zügen reagierte.

5.2 Gewonnene Erkenntnisse

Die Umhüllung wurde sehr unterschiedlich empfunden, mit einem leichten Trend zu weg von als räumlich wahrgenommenen Klang hin zu nicht umhüllenden Klang. Daraus könnte geschlossen werden, dass die Eingebauten Soundprocessings von Hall, Positionierung und Lautstärke durch Distanz, nicht ausreichen oder nicht korrekt konfiguriert wurden um einen räumlichen Klangeindruck zu schaffen.

Bei der Einbindung der Klänge der Installation in den Ausstellungsraum ist ein leichter Trend hin zur Wahrnehmung des Klangs als separat vom Ausstellungsraum festzustellen, was die These, dass die räumlichen Effekte verbesserungswürdig sind bestärkt.

Die Installation wurde von 73% der Befragten als neutral oder schöner bezeichnet. Dies war überraschend, da in der Installation Klänge genutzt wurden, welche stark von konventionellen Hörgewohnheiten abweichen. Jedoch war dies ein willkommenes Ergebnis, denn die Installation soll nicht als hässlich empfunden werden, da sie sowohl positive als auch negative Emotionen darstellen soll.

Das Erlebte wurde außerdem überwiegend als Angenehm bewertet, was einen Hinweis darauf gibt, dass die Herstellung der Klangobjekte das Publikum nicht verstörte und dadurch potentiell die Möglichkeit hat auf den Besucher zu wirken.

Die Frage danach ob Inhalt oder Umsetzung im Vordergrund standen ergab die meisten Extremantworten. Ein möglicher Erklärungsansatz liegt darin, dass die Steckbriefe der Personae nicht einfach zu finden waren, denn die Befragten welche angaben, dass in ihrer

Wahrnehmung die Umsetzung im Vordergrund stand, gab in der emotionalen Zustandsabfrage auch an Gefühle von Verwirrung, Überraschung oder Erstaunen verspürt zu haben.

Ein Großteil der Befragten gab an, die Installation löse keine originellen Gedanken aus, nur ein Viertel gab an diese Gedanken würden sie am nächsten Tag noch beschäftigen. Dies könnte entweder durch eine Mangelhafte inhaltliche Idee der Installation oder durch eine mangelhafte Kommunikation des Inhalts der Installation zu erklären sein.

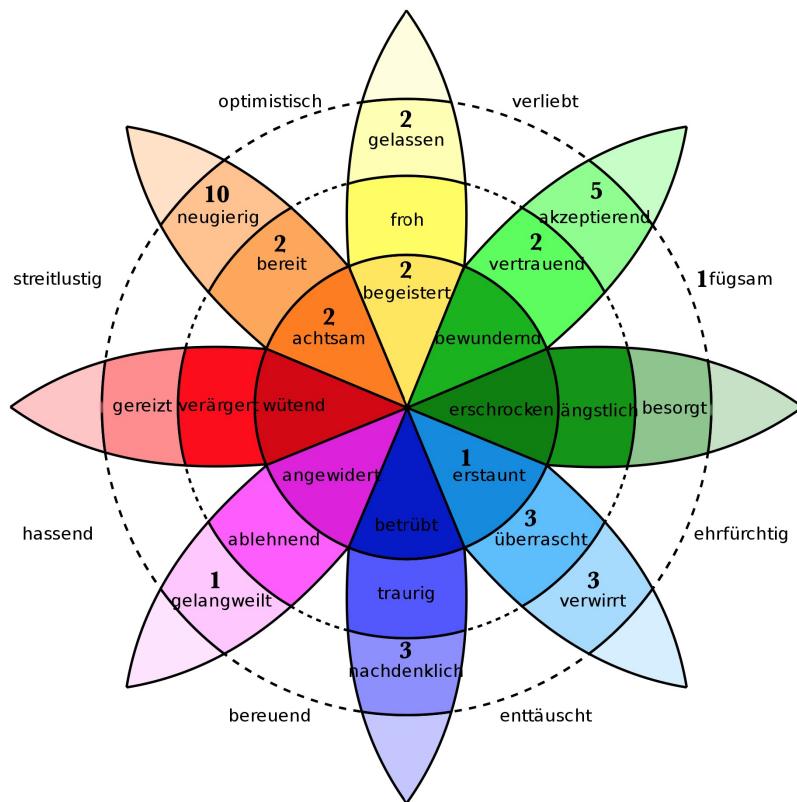


Abbildung 5.3: Häufigkeit der angegebenen Emotionen als Zahlen im jeweiligen Feld.

Anhand der angegebenen Emotionen aus dem Rad der Emotionen (siehe Abb. 5.3) ist zu erkennen, dass Überwiegend positive Emotionen empfunden wurden. Dies widerspricht nicht dem gewünschten Effekt, da die Installation unter anderem darauf abzielte die veränderte Geräuschkulisse durch die Maschinen im nachindustriellen Zeitalter als etwas ästhetisches darzustellen.

Eine Ausnahme bildet die häufige Angabe von Verwirrung, Überraschung und Erstaunen. Diese könnte viele Gründe haben, eine Vermutung jedoch wäre, dass einige dieser Antworten, aus dem Zeitraum stammen, in dem die Installation nicht korrekt funktioniert hat. Eine andere Möglichkeit ist, dass der Nutzer nicht genug Orientierungshilfe erhielt um sich von der Installation willkommen geheißen zu fühlen. # Ausblick

5.3 Mögliche Verbesserungen

Wie in *Gewonnene Erkenntnisse* (5.2 erwähnt ist der Prozess, mit welchem die Züge durch sound processing räumlich werden noch verbesserungswürdig. Eine Option wäre die Nutzung eines Surround-Halls, welcher einen Raum simuliert. In der aktuellen Implementierung hat jeder Zug seinen eigenen Mono-Hall, welcher auf das Ausgangssignal der Tonwiedergabe

gemischt wird. Würde ein Surround-Hall verwendet würden die Klänge auch aus anderen Richtungen reflektiert werden, was eher einem echten akustischen Raum entspräche.

Außerdem könnte die Strukturierung der Software vereinfacht werden. *extractStation.js* und *getStrecken.js* könnten zu einem Prozess zusammengefasst werden, um die Vorbereitung neuer Streckengebiete zu vereinfachen.

Außerdem könnte der *p5js-osc* Prozess in *scraper.js* eingebaut werden, so dass es nur einen *Node.js* Prozess, einen *Max* Prozess und eine *p5js* Instanz gäbe. Außerdem könnten Dinge die aktuell in *p5js* und in *Max* parallel stattfinden, wie die Zuordnung des Zugtyps zu den Personae, Zentralisiert in dem *Node.js* Prozess stattfinden. Dies würde die Flexibilität für zukünftige Änderungen erhöhen und den Betrieb und die Fehlersuche vereinfachen.

5.4 Mögliche Erweiterungen

Wie in 3.2.3.3 *Nutzung von Lautsprechern* S. 17 beschrieben, müssen Benutzer die Visualisierung von der ZY um 90° in die XY Ebene kippen um die akustische Ortung zu verstehen. Ein direkterer Bezug zwischen Spatialisierung der Klänge und Visualisierung könnte hergestellt werden, indem die Visualisierung auf den Boden projiziert würde. In diesem Fall würde sich jedoch anbieten von einer Cursorsteuerung zu einer Steuerung durch die Position des Besuchers auf der Projektionsfläche überzugehen. Dies könnte durch Druckempfindliche Bodenplatten erreicht werden.⁶⁷

Wenn das Kunstwerk dann aber weiterhin mit Lautsprechern funktionieren sollte, würde die Spatialisierung leiden, sobald sich mehrere Benutzer auf der Installationsfläche bewegen. Dies könnte zum Beispiel durch die Nutzung von Kopfhörern, mit Drahtlosen Empfängern gelöst werden. So würde jeder Benutzer eine auf seine Position in der Installation angepasste Spatialisierung erhalten.

Andererseits könnte die Benutzung von Lautsprechern die Chance für Besucher bieten, aus der Herstellung von Klängen durch das Berühren von Zügen einen kollaborativen Prozess zu machen, was unter Umständen wichtiger sein könnte, als eine korrekte Spatialisierung.

5.5 Mögliche Ausstellungsorte

6 Danksagungen

⁶⁷Voisen 2013

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/>.
- Barth {textless}abarth@eecs.berkeley.edu{textgreater}, Adam. n.d. “HTTP State Management Mechanism.” Accessed January 27, 2020. <https://tools.ietf.org/html/rfc6265>.
- 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%202026.6.2015>.
- 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>.
- Cycling ’74. n.d. “Max 8 Documentation.” Accessed January 28, 2020. <https://docs.cycling74.com/max8>.
- ershov-konst (Pseudonym). n.d. “Dom-Parser. Npm.” Accessed January 22, 2020. <https://www.npmjs.com/package/dom-parser>.
- 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 Pres, 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>.
- Hall, Donald E. 2008. *Musikalische Akustik : Ein Handbuch*. Edited by Johannes Goebel. Mainz u.a. http://scans.hebis.de/HEBCGI/show.pl?19714687_oc.pdf.
- Joseph, Branden W. 1997. “John Cage and the Architecture of Silence.” *October* 81:80. <https://doi.org/10.2307/779020>.
- Kogan, Gene. 2020. *Genekogan/P5js-Osc*. <https://github.com/genekogan/p5js-osc>.
- LaBelle, Brandon. 2010. *Background Noise : Perspectives on Sound Art*. New York: Continuum.
- Lazzarini, Victor. 2017. *Computer Music Instruments: Foundations, Design and Development*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-63504-0>.
- McCarthy, Lauren. n.d. “Home P5.js. P5js.org.” Accessed January 27, 2020. <https://p5js.org/>.
- Metoaster, Machine Elf 1735. 2012. *Robert Plutchiks Rad Der Emotionen*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel_de.svg.
- MIDI Manufacturers Association. 1996. “The Complete MIDI 1.0 Detailed Specification.” MMA.
- Mozilla. n.d. “XMLHttpRequest. MDN-Web-Dokumentation.” Accessed January 27, 2020. <https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/API/XMLHttpRequest>.
- Ohland, Jonas. 2019. *Jonasohland/Dronebox-Max*. <https://github.com/jonasohland/dronebox-max>.
- 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>.
- Peter H. Lisius. 2010. “Music for Airports (Review).” *Notes* 66 (3):632–34. <https://doi.org/10.1353/not.0.0264>.
- PJRC. n.d. “Teensy USB Development Board.” Accessed January 22, 2020. <https://www.pjrc.com/teensy/>.

- Plutchik, Robert. 2001. "The Nature of Emotions: Human Emotions Have Deep Evolutionary Roots, a Fact That May Explain Their Complexity and Provide Tools for Clinical Practice." *American Scientist* 89 (4):344–50. <http://www.jstor.org/stable/27857503>.
- Porst, Rolf. 2011. "Arten von Skalen." In *Fragebogen: Ein Arbeitsbuch*, edited by Rolf Porst, 69–94. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92884-5_6.
- Pulkki, Ville, and Matti Karjalainen. 2016. *Communication Acoustics: An Introduction to Speech, Audio and Psychoacoustics*. Wiley.
- Puppeteer/Puppeteer*. 2020. Puppeteer. <https://github.com/puppeteer/puppeteer>.
- Raffaseder, Hannes. 2010. *Audiodesign: Akustische Kommunikation, Akustische Signale Und Systeme, Psychoakustische Grundlagen, Klangsynthese, Audioediting Und Effektbearbeitung, Sounddesign, Bild-Ton-Beziehungen*. 2., aktualisierte und erweiterte. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- 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/DissertationRempeFINAL102012.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."
- Schmüser, Peter. 2013. *Theoretische Physik Für Studierende Des Lehramts* 2. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25395-9>.
- 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>.
- socketio. 2020. *Socket.io*. Socket.IO. <https://github.com/socketio/socket.io>.
- 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>.

Voisen, Sean. 2013. "Designing a Pressure-Sensitive Floor." August 12, 2013. <https://sean.voisen.org/blog/2013/08/designing-pressure-sensitive-floor/>.

Warpechowski, Kamil, Dorota Orzeszek, and Radoslaw Nielek. 2019. "Tagging Emotions Using a Wheel User Interface." In *Proceedings of the 18th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter: Designing the Next Interaction*, 1–5. CHItaly '19. Padova, Italy: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3351995.3352056>.

Worall, David. 2019. *Sonification Design : From Data to Intelligible Soundfields*. Springer International Publishing. <https://hds.hebis.de/hda/Record/HEB451270061>.

Wright, Matt. 2002. "The Open Sound Control 1.0 Specification. [Opensoundcontrol.org](http://opensoundcontrol.org/spec-1_0)." March 26, 2002. http://opensoundcontrol.org/spec-1_0.