



Bitte deutlich leserlich ausfüllen!

Deckblatt einer w i s s e n s c h a f t l i c h e n Bachelorarbeit

| | |
|--|--------------------------------------|
| Vor- und Familienname Hannes Raehse | Matrikelnummer 01513625 |
| Studienrichtung Computermusik und Klangkunst | Studienkennzahl UV 033 104 |

Thema der Arbeit:

Das schwingende Blech:

ein selbst-resonierendes vibrotaktilen Feedback-Instrument

Angefertigt in der Lehrveranstaltung: **ZKF Elektroakustische Komposition**
(Name der Lehrveranstaltung)

Vorgelegt am: **01.06.2023**
(Datum)

Beurteilt durch: **Univ.Prof. Mag. Ph.D. Marko Ciciliani**
(Leiter/-in der Lehrveranstaltung)



Hannes Raehse

(Name in Blockbuchstaben)

01513625

(Matrikelnummer)

Erklärung

Hiermit bestätige ich, dass mir der *Leitfaden für schriftliche Arbeiten an der KUG* bekannt ist und ich die darin enthaltenen Bestimmungen eingehalten habe. Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, den 01.06.2023

| |
|---|
| Signiert von: Hannes Raehse |
| Datum: 01.06.2023 09:53:02 |
|  TRUST <small>Dieses Dokument ist digital signiert! Dieses mit einer qualifizierten elektronischen Signatur versehenen Dokument hat gemäß Art. 25 Abs. 3 der Verordnung (EU) Nr. 910/2014 vom 23. Juli 2014 ("eIDAS") die gleiche Rechtswirkung wie ein handschriftlich unterschriebenes Dokument.</small> |

.....
Unterschrift der Verfasserin/des Verfassers



Hannes Raehse

Bachelorarbeit

**Das schwingende Blech:
ein selbst-resonierendes vibrotaktiler
Feedback-Instrument**

Betreuung durch Univ.Prof. Mag. Ph.D. Marko Ciciliani

Institut für Elektronische Musik und Akustik

Kunstuniversität Graz

2023

Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Univ.-Prof. Ph.D. Marko Ciciliani für die Betreuung und Begutachtung meiner Arbeit. Des Weiteren möchte ich mich herzlich bei meiner Mutter, Dr. Susanne Raehse, David Pirrò, Reza Kellner, Nilufar Amini, meinen Kommiliton*innen und allen weiteren Freund*innen bedanken, die mich auf unterschiedliche Weise unterstützt und bei dieser Arbeit begleitet haben.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| <i>Einleitung</i> | 4 |
| <i>Feedback</i> | 5 |
| Audio Feedback | 5 |
| Einfluss von Kybernetik | 6 |
| Anfänge der Feedbackmusik | 8 |
| Weiterentwicklung der Feedbackmusik | 12 |
| Selbst-resonierende vibrotaktile Feedback-Instrumente (SRIs) | 13 |
| <i>Mein Instrument: Das schwingende Blech</i> | 16 |
| Entwicklung | 16 |
| Systematische Einordnung meines Instruments | 21 |
| Material und Design | 22 |
| Das Spielen des Instruments | 25 |
| Beschreibung der Partitur und des Spielablaufs | 27 |
| <i>Fazit</i> | 29 |
| <i>Literaturverzeichnis</i> | 30 |

Einleitung

Im Oktober vergangen Jahres begann ich mit Feedback zu experimentieren. Was mit einer Reihe von Versuchen begann, endete schließlich in der Entwicklung eines Feedback-Instruments. Während des gesamten Entwicklungsprozesses wurde mir zunehmend bewusst, dass man mit diesem Instrument in einen einzigartigen musikalischen Dialog treten kann, wie ich ihn von anderen Instrumenten bisher nicht kannte. Aus diesem Grund habe ich mich entschlossen in dieser Arbeit nicht nur den historischen und aktuellen Hintergrund meines Instruments zu beleuchten, sondern auch den Entwicklungsprozess vorzustellen, der zu seiner Entstehung führte.

Im Verlauf dieser Arbeit wird daher zunächst allgemein auf das Thema Feedback, Feedbackmusik und selbst-resonierende vibrotaktile Instrumente eingegangen. Anschließend werde ich ausführlich auf die Entwicklung meines Instruments eingehen und dabei sowohl die verwendeten Materialien als auch den detaillierten Entwicklungsprozess darlegen. Zudem werde ich die meinem aktuellen Erfahrungsstand entsprechende optimale Spielweise des Instruments erläutern und eine von mir verfasste Partitur präsentieren. Dadurch soll ein umfassendes Verständnis für das Instrument sowie seine künstlerischen Anwendungsmöglichkeiten vermittelt werden.

Feedback

Audio Feedback

Grundlegend versteht man unter einer akustischen Rückkopplung (im Folgenden als „Feedback“ bezeichnet), dass die Ausgabe eines energiegeladenen Systems zurück in dieses System geführt wird (Magnusson, Kiefer und Ulfarsson 2022). So kommt es beispielsweise zu einem Feedback, wenn ein Geräusch von einem Mikrofon eingefangen, verstärkt, durch einen Lautsprecher wiedergegeben und anschließend von Neuem aufgenommen wird (siehe Abbildung 1). Das Resultat ist ein rekursiver Ablauf, der als Rückkopplungsschleife (im Folgenden als „Feedbackloop“ angegeben) bezeichnet wird. Durch das Feedback kommt es zum sogenannten Larsen-Effekt (Boner und Boner 1966; Sanfilippo und Valle 2013). Mit diesem wird ein akustisches positives Feedback beschrieben, bei dem es zu einer Art „Quietschen“ bzw. „Schreien“ kommt, das unter anderem durch die Resonanzfrequenzen des Mikrofons, der Lautsprecher und des Verstärkers sowie der Raumakustik entsteht (Boner und Boner 1966). Die Grundfrequenz des Larsen-Effekts wird hauptsächlich durch die systeminterne Verzögerung und die Verzögerung, die durch den physischen Abstand zwischen Mikrofon und Lautsprecher entsteht, bestimmt (Kim, Wakefield und Nam 2016).



Abbildung. 1: *Feedbackloop*

Feedback wird oft als störend und unangenehm empfunden, wenn es beispielsweise durch eine ungünstige Aufstellung des Equipments bei einer öffentlichen Rede entsteht. Während in den 1960er Jahren auf der einen Seite Toningenieure untersuchten, wie man Feedback am besten kontrollieren und verhindern kann (Boner und Boner 1966), wurden auf der anderen Seite Künstler*innen auf das musikalische Potenzial aufmerksam. Infolgedessen begann das Experimentieren mit Feedback in den 1960er Jahren populär zu werden (Aufermann 2005; Eldridge et al. 2021; Magnusson et al. 2022; Sanfilippo und Valle 2013).

Einfluss von Kybernetik

Das damals aufkommende Interesse an der Verwendung von Feedback in der Musik war eng mit der in den 1940er Jahren entwickelten strukturwissenschaftlichen Theorie der Kybernetik verbunden (Eldridge et al. 2021; Magnusson et al. 2022; Sanfilippo und Valle 2013). Diese Theorie beinhaltet die interdisziplinäre Beschäftigung mit den Regelungs- und Steuerungsvorgängen von Systemen und die Modellierung und Abstraktion von Eingabe- und Ausgabeeigenschaften. Ein zentrales Konzept in diesem Zusammenhang ist der Feedbackloop, welcher laut Rovescalli (2014) als Grundlage für die Regulation von Systemen dient: *„Abstracting and modeling the characteristics of input and output, a system can be regulated through the gap between the effective action (output) and the planned result (action)“* (Rovescalli 2014, S. 19).

Eine künstlerische Pionierarbeit ist in diesem Kontext die Installation „CYSP 1“ von Nicolas Schöffer (1955) (siehe Abbildung 2), wobei CY für „cybernetic“ und SP für „spatio-dynamic“ steht. In dieser spielte das Konzept von Feedback eine große Rolle (Magnusson et al. 2022; Sanfilippo und Valle 2013). CYSP 1 war eine kybernetische interaktive Skulptur, die selbstregulierende Mechanismen besaß (Shanken 2002). Über Sensoren nahm sie die Schall-, Licht- und Farbqualität aus der unmittelbaren Umgebung auf. Die sich daraus ergebenden Daten steuerten im Anschluss die Bewegung der Skulptur. CYSP 1 ist ein gutes Beispiel für die Verbindung von Kybernetik und Kunst. Gemäß Shanken (2002) wird mit der experimentellen Kunst ab Mitte des 20. Jahrhunderts das Ziel verfolgt sich verstärkt mit der Dimension der Zeit zu beschäftigen und die Kunstwerke in Bewegung zu setzen. Ein Beispiel dafür ist CYSP 1, weil die Fähigkeit besitzt, Signale aus der Umgebung zu empfangen, umzusetzen und sich eigenständig zu bewegen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist dabei die Nutzung des Konzepts des Feedbacks sowie die Förderung der Interaktion zwischen Kunstwerk und Rezipient*in. Zudem liegt der Fokus nun mehr auf dem künstlerischen Prozess, der Umgebung und des Kontexts (insbesondere des sozialen Kontexts) als auf dem eigentlichen Produkt (Shanken 2002).

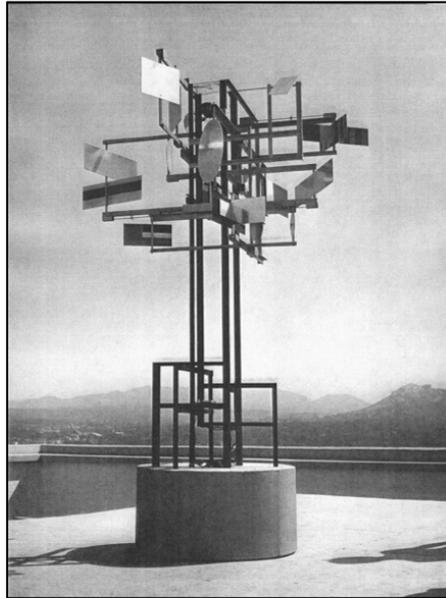


Abbildung 2. *CYSP 1*¹

¹ “CYSP 1 on Foundyou.Online.” n.d. Foundyou.Online. Accessed May 14, 2023.
<https://foundyou.online/artworks/cysp-1>.

Anfänge der Feedbackmusik

Wie oben erwähnt, wurde Feedback in den 1960er Jahren bei der künstlerischen Produktion populär. Auch entdeckten viele Pop- und Rockmusiker*innen in dieser Zeit Feedback als stilistisches Mittel – insbesondere Gitarrist*innen wie Guitar Slim (1950er Jahre), Jimi Hendrix (1960er Jahre), aber auch Bands wie die Beatles (1960er Jahre) und später Patti Smith (1970er Jahre) sowie Lou Reed mit dem Album „*Metal Machine Music*“ (1975) (Eldbridge et al. 2021; Sanfilippo und Valle 2013). Zur selben Zeit begannen diverse Komponist*innen auf unterschiedlichste Art mit Feedback zu experimentieren. Seitdem hat Feedbackmusik auch wegen des sich parallel vollziehenden technologischen Fortschritts eine Vielzahl von Formen angenommen.

Sanfilippo und Valle (2013), Eldbridge et al. (2021) sowie Overholt, Berdahl, und Hamilton (2011) nennen einige exemplarische Beispiele, die die Anfänge des Experimentierens mit Feedback markieren. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Als Pionierin gilt Éliane Radigue, die in ihren frühen Werken in der zweiten Hälfte der 1960er Jahre intensiv mit Feedback zwischen Bandmaschinen sowie zwischen Mikrofonen und Lautsprechern experimentierte (Gluck 2020; Eldridge et al. 2021). In ihren Untersuchungen erforschte sie die Wirkungen unterschiedlicher Abstände zwischen Mikrofon und Lautsprecher auf das Feedback und berührte Bandmaschinen an verschiedenen Stellen, um die Qualität des Feedbacks zu verändern (Gluck 2020). Ein Teil dieser Experimente ist in „*Feedback Works 1969 - 1970*“ (2018) zu hören. „*Feedback Works 1969 - 1970*“ ist eine LP mit Kompositionen, die für Klanginstallationen in den Jahren 1969 und 1970 geschaffen wurden. Diese zeichnen sich durch einen subtilen, meditativen und droneartigen Charakter aus. Die Klänge in den einzelnen Stücken entwickeln sich äußerst langsam und sind geeignet, um Zuhörerinnen und Zuhörer in einen tranceähnlichen Zustand zu versetzen.

Als ähnlich relevant wird Robert Ashley mit seinem Stück „*The Wolfman*“ (1964) angesehen (Sanfilippo und Valle 2013). In diesem werden Live-Stimme und eine vorher aufgenommene Tonbandkomposition gleichzeitig über Lautsprecher wiedergegeben. Das dabei entstehende Feedback wird von der aufführenden Person kontrolliert, indem sie ihren Mund an das Mikrofon hält. Das Ergebnis besteht aus einer

Fülle von kurzen und längeren Klängen, die sich mit einer summenden Stimme verbinden und dadurch zu einem Drone verschmelzen.

Ebenfalls bedeutsam sind die Aufzeichnungen zu „*Electronic Music for Piano*“ (1964) von John Cage (Sanfilippo und Valle 2013). Cage verfasste diese auf Briefpapier während eines Hotelaufenthalts in Stockholm (siehe Abbildung 3). Die Notizen dienen als Anleitung für die Interpretation von Cages früheren Kompositionen „*Music for Piano 4 - 84*“ mithilfe elektronischer Verstärkung durch den Einsatz von Mikrofonen, Verstärkern und Lautsprechern aufzuführen, um Feedback in einem Klavier zu erzeugen. Durch diese Herangehensweise wird das Klavier als Instrument transformiert, indem Feedback bewusst genutzt wird.

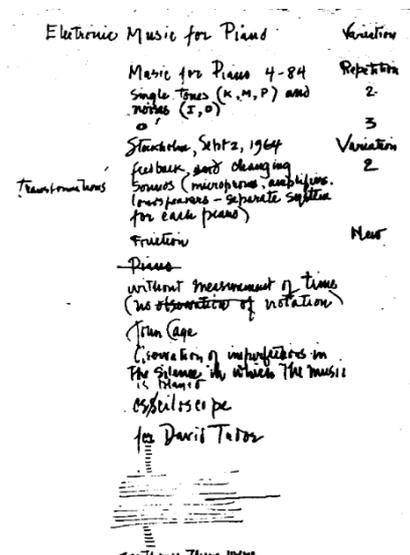


Abbildung 3. Notizen von John Cage für „*Music for Piano 4 - 84*“²

Bemerkenswert ist darüber hinaus Steve Reich mit seiner Komposition „*Pendulum Music*“ (1968) (Sanfilippo und Valle 2013). Diese Komposition kann als Klangskulptur oder performative Kunst betrachtet werden. Für diese werden Mikrofone an ihren Kabeln über Lautsprechern aufgehängt. Jedes Mikrofon hängt über einem Lautsprecher, mit dem es verbunden ist. Die Mikrofone sind so eingestellt, dass Feedback nur dann entsteht, wenn sie sich direkt über den entsprechenden Lautsprechern befinden. Das Stück beginnt, indem die aufführenden Personen die

² Pritchett, James. The piano in my life. Accessed May 19, 2023.

<https://rosewhitemusic.com/piano/2013/12/22/unclear-boundary-david-tudor-john-cage/>.

Mikrofone zurückziehen und dann loslassen. Dadurch schwingen die Mikrofone wie Pendel über den jeweils verbundenen Lautsprechern hin und her. Feedback entsteht jedes Mal, wenn Mikrofon und Lautsprecher aufeinandertreffen. Da die Personen die Mikrofone nicht genau zum selben Zeitpunkt und nicht in exakt derselben Entfernung zum entsprechenden Lautsprecher loslassen, kommt es zu einer Phasenverschiebung. Mit abnehmendem Ausschlag des Pendels verlängern sich die Feedback-Klänge. Abhängig von der Platzierung des Mikrofons und des Lautsprechers sowie den Eigenschaften des Feedbacks entsteht der Eindruck eines sich fortlaufend wandelnden Rhythmus. Am Ende des Stücks geht dieser Rhythmus schließlich in einen meditativen Drone über, weil die Mikrofone immer langsamer schwingen und schließlich über den Lautsprechern hängen bleiben.

Eine weitere wegweisende Arbeit ist „*I Am Sitting in a Room*“ (1969) von Alvin Lucier (Sanfilippo und Valle 2013). In diesem performativen Werk liest Lucier einen Text vor und nimmt ihn gleichzeitig über eine Tonbandmaschine auf. Die Aufnahme wird dann im Aufführungsraum abgespielt und gleichzeitig über eine zweite Tonbandmaschine erneut aufgenommen. Die Aufnahme spielt er anschließend wieder ab und nimmt sie abermals auf. Diesen Vorgang wiederholt er immer wieder. Durch diesen Prozess entstehen Resonanzen, die charakteristisch für den Raum sind, in dem das Stück aufgeführt wird. Diese Raumresonanzen transformieren die Sprachaufnahme allmählich in einen Drone. *I Am Sitting in a Room* lenkt somit die Aufmerksamkeit auf den jeweiligen Raum und verdeutlicht die einzigartigen akustischen Eigenschaften eines bestimmten Ortes. Das Werk betont somit die Bedeutung des Raums als aktiven Part bei der Klanggestaltung und macht deutlich, wie unsere Wahrnehmung von Klang und Sprache von den spezifischen akustischen Eigenschaften eines Raumes mitbeeinflusst wird.

Als ein weiteres relevantes Werk gilt „*Hornpipe*“ (1967) von Gordon Mumma (Sanfilippo und Valle 2013). Für dieses Stück entwarf Mumma die "Cyber-sonic Console", eine kleine Metallbox, die er am Gürtel trug. Diese Konsole bestand aus einem Mikrofon und acht variablen Resonanzschaltungen. Während Mumma auf seinem französischen Horn spielte, wurde die Raumakustik, die durch die Hornklänge angeregt wurde, von dem Mikrofon eingefangen. Die Schaltkreise der Konsole waren so konzipiert, dass sie sich abhängig von den Klängen und der akustischen Reaktion des Raums veränderten, wodurch das Feedback einen dynamischen Charakter erhielt.

Durch die Veränderungen in den Schaltkreisen und im Feedback entstand eine sich ständig verändernde Klangtextur, die den Raum und die Klangqualitäten des Horns miteinbezog.

Ebenfalls wichtig ist David Tudor, der eine Reihe von Werken geschaffen hat, die ausschließlich auf reinem elektronischen Feedback basieren (Sanfilippo und Valle 2013). Beispiele hierfür sind „*untitled*“ (1972) und „*Toneburst*“ (1975). Tudor nutzte eine komplexe Verkettung verschiedener elektronischer Komponenten wie Mixer, Filter und Verstärker, um Klänge zu erzeugen (Nakai 2021). Je nachdem, wie die Komponenten in einem Feedbackloop miteinander verbunden waren, entstanden unterschiedliche Klangstrukturen. Dabei hing das Ergebnis von den spezifischen Verbindungen und Einstellungen der Komponenten ab.

In diesem Zusammenhang ist auch Reed Ghazala und die Kunst des Circuit-Bending zu erwähnen (Sanfilippo und Valle 2013). Reed Ghazala entdeckte im Jahr 1967 zufällig, dass elektronische Klangerzeuger durch technische Modifikationen ihrer elektronischen Schaltung umgestaltet werden können, um neue Klangergebnisse zu erzielen. Diese Entdeckung führte zur Entstehung einer Circuit-Bending-Community. Obwohl das Hauptziel des Circuit-Bendings nicht zwangsläufig das Erzeugen von Feedback ist, beinhaltet es dennoch auch das Experimentieren mit Feedback. Schließlich können durch die Modifikation der Schaltkreise unvorhersehbare elektronische Reaktionen und Klangvariationen auftreten, die zuweilen auf Feedbackloops zurückzuführen sind.

Eine weitere relevante Arbeit im Kontext der Feedbackmusik ist das sich selbststabilisierende Feedback-System „*Pea Soup*“ (1974) von Nicolas Collins (Eldridge et al. 2021; Overholt et al. 2011; Sanfilippo und Valle 2013). Durch den Einsatz von drei Phasenschiebern wird die Tonhöhe des Feedbacks jedes Mal, wenn es anfängt sich aufzubauen, auf eine andere Resonanzfrequenz verschoben (Collins 2011). Das System reagiert auf Bewegungen oder Geräusche im Raum und passt dementsprechend seinen Klang an. „*Pea Soup*“ wurde sowohl als interaktive Installation eingesetzt, die auf die Besucher reagiert, als auch in einer Konzertversion, bei der das Publikum aktiv in das System eingreifen und so den Klang beeinflussen konnte.

Weiterentwicklung der Feedbackmusik

Seit den Anfängen des Experimentierens mit Feedback haben sich neue Herangehensweisen und Methoden entwickelt, die von verschiedenen Einflüssen wie etwa kulturellen, technologischen und ästhetischen Entwicklungen geprägt sind (Eldridge et al. 2021; Overholt et al. 2011; Sanfilippo und Valle 2013). So spielte beispielsweise die zunehmende Verfügbarkeit von Computern ab Ende des 20. Jahrhunderts eine bedeutende Rolle. In diesem Zusammenhang identifizieren Eldridge et al. (2021) in ihrem Artikel vier neuere künstlerische Herangehensweisen mit Feedback.

Darunter fällt zum einen der ökosystemisch postulierte Ansatz von Agostino Di Scipio, für den der Komponist ein Audio-System schaffte, das mit seiner Umgebung interagiert (Di Scipio 2003; Meric und Solomos 2014). Durch die Nutzung von Feedback wird Klang und Klangumgebung manipuliert. Ein Beispiel für diese Herangehensweise sind Di Scipios Kompositionen „Hörbare Ökosysteme“ (2002 - 2005).

Eine weitere Herangehensweise sind nichtlineare, dynamische und interaktive Softwaresysteme (Eldridge et al. 2021). Hier wird auf die Arbeit von Sanfilippo (2020) verwiesen, der ein System vorstellt, das nichtlineare, selbstmodulierende Feedback-Netzwerke nutzt. Im Kontext interaktiver Softwaresysteme wird zudem die Umsetzung von de Campo (2014) erwähnt.

Die analoge Synthese ist eine weitere Herangehensweise, wie beispielsweise das No-Input-Mixing von Marko Ciciliani oder von Toshimaru Nakamuras.

Schließlich gibt es selbst-resonierende vibrotaktile Feedback-Instrumente (self-resonating vibrotactile Instruments, kurz SRIs), die hybride Feedback-Instrumente darstellen. Mit diesen können Musiker*innen durch einen elektromechanischen Feedbackloop körperlich bzw. vibrotaktile interagieren. Auf diese wird im Folgenden genauer eingegangen.

Selbst-resonierende vibrotaktile Feedback-Instrumente (SRIs)

Zu den von Eldridge et al. (2021) erwähnten SRIs lässt sich auch das von mir entwickelte Instrument einordnen, das weiter unten ausführlich vorgestellt und besprochen wird. Ein SRI besteht aus einem Feedbackloop. Das grundlegende Prinzip der Klangerzeugung dieser Instrumente besteht darin, dass das Feedbacksignal von einem elektromechanischen Aktuator durch ein resonierendes Material zum Schallwandler übertragen wird. Der Klang entsteht deshalb nicht nur durch das erzeugte Feedback, sondern auch durch die Wechselwirkung zwischen den mechanischen Schwingungen und den inhärenten akustischen Eigenschaften des resonierenden Materials (Eldridge et al. 2021; Kim et al. 2016). Klangfarbe und Verhalten eines SRI werden deshalb durch die Resonanzeigenschaften des Materials und die Konstruktion des Instruments auf ähnliche Art und Weise wie bei traditionellen akustischen Instrumenten wesentlich beeinflusst.

SRIs werden mit der Intention konstruiert Feedback zu nutzen, um resonierendes Material in Schwingung zu versetzen. In diesem Punkt unterscheiden sie sich deutlich von anderen resonierenden Feedback-Instrumenten, wie etwa dem Magnetic Resonator Piano von McPherson (McPherson 2010) oder nicht-resonierenden Feedback-Instrumenten, wie beispielsweise der E-Gitarre von Jimi Hendrix. Darüber hinaus grenzen sich SRIs in ihrer Spielweise von anderen Feedback-Instrumenten ab. Im Gegensatz zu diesen wird ein SRI durch eine verkörperte und vibrotaktile Interaktion von der Musiker*in gespielt. Diese Art des Spielens eröffnet Musiker*innen eine unmittelbare und haptische Verbindung zur Klangerzeugung, die potenziell neue Ausdrucksmöglichkeiten und ein einzigartiges Spielerlebnis ermöglichen.

Die Entwicklung von SRIs zielt darauf ab der eher distanzierten und nicht-taktilen Herangehensweise von Installationssystemen entgegenzuwirken (Magnusson et al. 2022). Ein zentraler Fokus liegt deshalb auf dem Spielen vor einem Publikum und der Interaktion zwischen Instrument und Musiker*in. SRIs reagieren äußerst sensibel auf den physischen Kontakt seitens der spielenden Person. Dies verleiht ihnen die Eigenschaft eines vibrotaktilen Interfaces, bei dem der Klang nicht nur akustisch wahrgenommen, sondern auch greifbar ist. Der Klang wird somit auch zum Material, wodurch Musiker*innen das Verhalten des Instruments spürbar und aktiv

verändern können (Eldridge et al. 2021; Magnusson et al. 2022). Die Interaktion mit einem solchen Instrument stellt eine anhaltende Herausforderung dar, da die Musiker*in schnell die Kontrolle über den erzeugten Klang verlieren kann, was zu einer gewissen Unvorhersehbarkeit führt. Dementsprechend beeinflusst nicht nur die spielende Person das Instrument, sondern auch das Instrument die spielende Person. Es entsteht dadurch ein Dialog zwischen Instrument und Musiker*in (Eldridge et al. 2021; Magnusson et al. 2022). Um auf das Instrument reagieren zu können, bedarf es einer langsamen, direkten und fortlaufenden haptischen Interaktion. Dieser Austausch ermöglicht es der spielenden Person, verschiedene Arten des verkörperten Spielens zu erforschen und zu erleben. Aufgrund der eben erwähnten Aspekte eröffnen SRIs Musiker*innen vielfältige Möglichkeiten des musikalischen Ausdrucks sowie faszinierende und neuartige Aufführungserlebnisse (Eldridge et al. 2021). Begriffe wie „resistance, conversation, collaboration, agency, autonomy etc.“ gehören nach Magnusson et al. (2022, S. 4) zu den neuen performativen Parametern, mit der sich die Interaktionen mit einem SRI beschreiben lassen.

In den letzten Jahren hat das Interesse an SRIs, insbesondere an Streichinstrumenten, deutlich zugenommen. Eldridge et al. (2021, S. 7-10) geben in ihrem Artikel eine umfassende Liste von SRIs an, die im Zeitraum von 2002 bis 2020 entwickelt wurden. Die Aufzählung enthält Informationen zu jedem SRI, wie Name des Instruments, Entwickler*in, Entwicklungsdatum, Resonanzmaterial, verwendete Schallwandler und Aktuatoren sowie Möglichkeiten der spielenden Person, das Verhalten des Instruments zu beeinflussen.

Eldridge et al. (2021) ordnen die in der Liste vorgestellten Instrumente anhand des verwendeten Resonanzmaterials in drei unterschiedliche Kategorien ein:

In die erste Kategorie fallen demnach Instrumente, bei denen Saiten und Federn als resonierendes Material genutzt werden. Bei diesen Instrumenten kommen normalerweise Körperschallwandler zum Einsatz, um beispielsweise Saiten über eine Oberfläche anzuregen. Die Vibrationen der Saiten oder Federn werden üblicherweise über Tonabnehmer aufgenommen und dadurch in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die spielende Person interagiert mit dem Instrument durch Berühren, Dämpfen oder Anregen der Saiten bzw. der Federn sowie der Oberfläche. Ein bemerkenswertes Beispiel für ein Instrument mit Saiten ist das von Úlfarsson

entwickelte *Halldorophone* (2008). In seiner Form ähnelt es einem Cello. Mithilfe eines Lautsprechers wird der akustische Körper dieses Instruments angeregt, wodurch die Schwingungen auf die Saiten des Instruments übertragen werden und diese anfangen zu vibrieren. Das *Halldorophone* hat in jüngster Zeit an Popularität gewonnen, insbesondere durch seine Verwendung in der Filmmusik von *Arrival* (2016) und *Joker* (2019) (Magnusson et al. 2022; Úlfarsson 2018). Ein Beispiel für ein Instrument mit Federn ist das von Osen entwickelte *Fjaerlett* (2020). Bei diesem Instrument werden die Federn direkt in Vibration versetzt.

Die zweite Kategorie beinhaltet Instrumente, bei denen Luft und Röhren als resonierendes Material verwendet werden. Der Klang wird erzeugt, indem die Luftsäule des Instruments mithilfe eines Lautsprechers angeregt wird. Die spielende Person kann durch das Öffnen und Schließen von Klappen oder Ventilen sowie das Verformen ihrer Mundhöhle verschiedene Töne und Klangfarben erzeugen. Die Mikrofone werden je nach Instrument an unterschiedlichen Stellen angebracht. In dem von Hjálmarsson und Erlendsson entwickelten *Thranophone* (2007/2008) befindet sich beispielsweise das Mikrophon im Mund der spielenden Person und der Lautsprecher im Schallbecher einer Tuba.

Die dritte und letzte Kategorie umfasst Instrumente, in denen Membranen und Oberflächen als resonierendes Material dienen. Bei diesen Instrumenten werden die Schwingungen der Oberflächen mittels Piezo- oder Kontaktmikrofonen aufgenommen, während gleichzeitig die Oberfläche durch einen Körperschallwandler angeregt wird. In diese Kategorie lässt sich zum Beispiel das von mir entwickelte Instrument einordnen.

Neben der Interaktion mit den Resonanzen gibt es bei vielen Instrumenten auch die Möglichkeit die Verstärkung zu kontrollieren (Eldridge et al. 2021). Darüber hinaus existieren Instrumente, bei denen das Signal noch auf eine andere Art manipuliert wird, wie beispielsweise durch einen digitalen Signalprozessor oder analoge Effekte (Eldridge et al. 2021). Die Intensität dieser zusätzlichen Effekte lässt sich entweder durch direkt am Instrument angebrachte Regler oder Schalter oder extern durch Pedale, Mixer oder Computer steuern. Durch diese Signalverarbeitungsmöglichkeiten kann die spielende Person zusätzlich Einfluss auf das Feedback und den resultierenden Klang nehmen.

Mein Instrument: Das schwingende Blech

Entwicklung

Das Instrument wurde im Rahmen der Lehrveranstaltung „Live-Elektronik 1“ konzipiert und entwickelt. In dieser hatten wir die Aufgabe, ein „Solostück für und mit Live-Elektronik“ ausschließlich unter Verwendung analoger Mittel zu entwerfen und bis zur Aufführungsreife anzufertigen. Die erste Phase des Entwicklungsprozesses meines Instruments erstreckte sich über einen Zeitraum von drei Monaten, beginnend im Oktober 2022 und endend im Januar 2023. Sie fand ihren Abschluss am 31. Januar 2023 mit einem Konzert im CUBE des Instituts für Elektronische Musik und Akustik (IEM). Seitdem wird das Instrument von mir kontinuierlich weiterentwickelt.

Zu Beginn der Entwicklungsphase stellte ich mir die Aufgabe mit Feedback zu arbeiten. Aus diesem Grund begann ich mit einem Körperschallwandler und einem Kontaktmikrofon zu experimentieren. Ursprünglich bestand meine Idee darin, den Körperschallwandler an einer Klangschale zu befestigen, um sie durch die Vibration des Körperschallwandlers in Schwingung zu versetzen. Das Kontaktmikrofon, ebenfalls an der Klangschale befestigt, sollte den erzeugten Klang einfangen. Ich leitete das aufgefahene Signal durch einen Mixer zurück in den Körperschallwandler, um einen Feedbackloop zu erzeugen. Zusätzlich schaltete ich zwischen Kontaktmikrofon und Körperschallwandler ein Kompressor, wodurch das Signal dynamisch kontrolliert und in seiner Lautstärke begrenzt wurde. Dies ermöglichte mir ein ausgewogenes und kontrolliertes Feedback, indem übermäßige Lautstärkespitzen abgemildert wurden und das Signal dadurch in einem angemessenen Lautstärkebereich blieb. Um den Klang des Feedbackloops zu verändern, plante ich, die Klangschale langsam mit Wasser zu befüllen. Trotz meiner Bemühungen blieb der Klang unverändert, selbst nachdem ich die Klangschale durch eine Glasschale ersetzt hatte. Angesichts dessen musste ich einen neuen Ansatz entwickeln.

Aus diesem Grund entschied ich mich in einem nächsten Schritt einen Feedbackloop mithilfe des Körperschallwandlers und des Kontaktmikrofons auf einer Holzplatte zu erzeugen (siehe Abbildung 4). Analog zum Signalfluss bei der Klangschale wurde das Signal von dem Kontaktmikrofon durch einen Mixer und einen Kompressor zurück in den Körperschallwandler geleitet. Der Klang sollte hier jedoch durch das Drehen an den Equalizerknöpfen am Mixer verändert werden. Während des

Experimentierens bemerkte ich, dass langsames Drehen der Equalizerknöpfe, also langsamere Gesten, einen interessanteren Einfluss auf das Klangresultat hatten. Diese Erkenntnis war auch von entscheidender Bedeutung für das Spiel meines Instruments. Das klangliche Ergebnis der Holzplatte erwies sich als interessanter im Vergleich zur Klangschale; jedoch vermochte es mich zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig zu überzeugen, da mir eine direkte taktile Interaktion mit dem Klang fehlte. Darüber hinaus gestaltete sich die Kontrolle über den Klang als umständlich und wenig zielführend.

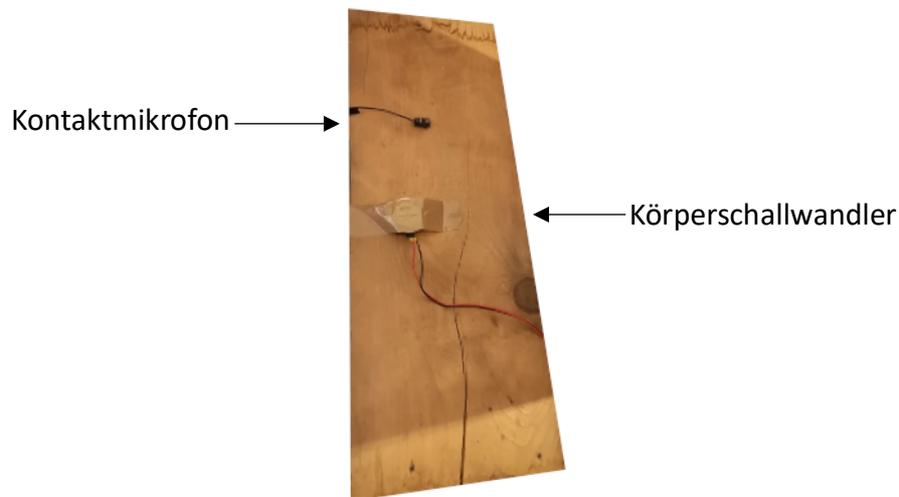


Abbildung 4. *Feedbackloop auf Holzplatte*

Nachdem ich Reza Kellner mein Projekt mit der Holzplatte präsentiert hatte, schlug er vor anstelle der Holzplatte ein Metallblech zu verwenden, das er besitzt und mir zur Verfügung stellte. Diese Empfehlung erwies sich als äußerst wertvoll, da ich dadurch das geeignete Material für die Entwicklung meines Instruments fand. Analog zur Vorgehensweise bei der Holzplatte und der Klangschale befestigte ich am Metallblech das Kontaktmikrofon. Das aufgefangene Signal wurde wieder durch einen Mixer und Kompressor in den Körperschallwandler geleitet, der ebenfalls am Blech befestigt war. Das Material erweckte sofort meine Neugier und lud mich förmlich dazu ein, es in beide Hände zu nehmen. Dabei bemerkte ich, dass ich den Klang des Instruments durch unterschiedlich starkes Zupacken und Biegen des Metallblechs gezielt verändern konnte. Die Art der Interaktion mit dem Metallblech erschien mir deutlich natürlicher und fesselnder als das bloße Drehen von Equalizerknöpfen, wie es bei der Holzplatte der Fall war. Darum entschied ich mich mit dem Metallblech weiter zu arbeiten.

Die taktile Interaktion mit dem Instrument ermöglichte es mir zudem eine breite Palette an Klangnuancen und Ausdrucksmöglichkeiten zu entdecken und zu erforschen. Diese Erkenntnisse waren entscheidend für die Weiterentwicklung des Instruments und beeinflusste maßgeblich meine Vorstellung über das Spielen dieses Instruments. Die bisherige Gestalt des Instruments erwies sich jedoch als sehr unhandlich. Daher traf ich die Entscheidung das Metallblech an einer Seite aufzuhängen, wobei sich ein Mikrofonständer als ideale Lösung erwies (siehe Abbildung 5). Durch diese Anpassung wurde die Spielbarkeit des Instruments verbessert, da es nun stabiler positioniert war und ich mich auf das Spiel konzentrieren konnte. Zudem ermöglichte es mir, das Blech viel langsamer und präziser zu bewegen. Dadurch eröffneten sich neue Möglichkeiten der Klanggestaltung und des Ausdrucks, da ich feinere Nuancen und subtilere Variationen in der Klangveränderung erzeugen konnte. Im Unterschied zu meinen vorherigen Konstruktionen konnte ich nun den Klang nicht nur hören, sondern

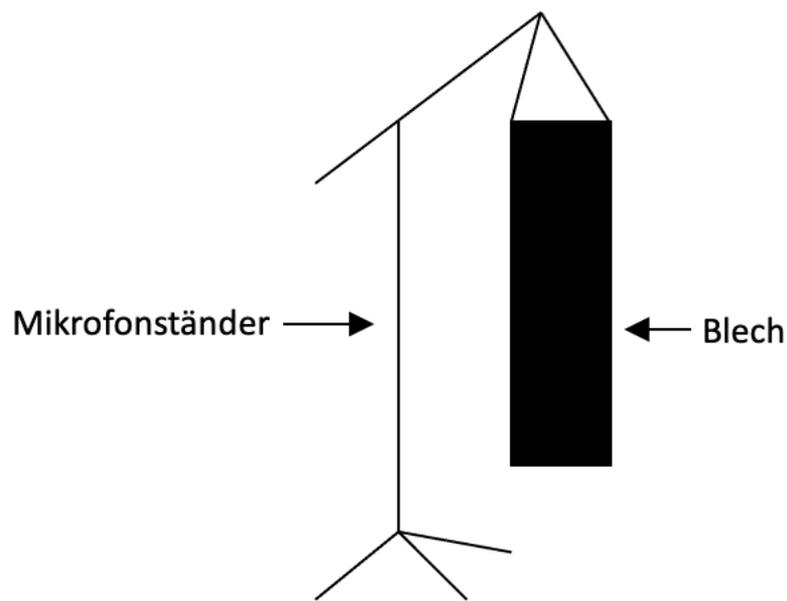


Abbildung 5. Aufgehängtes Metallblech

auch fühlen. Diese haptische Komponente eröffnete eine ganz neue Möglichkeit der Interaktion mit dem Klang. Es ermöglichte mir den Klang nicht nur durch auditive Wahrnehmung zu formen, sondern auch durch taktile Empfindungen und

Berührungen. Dadurch entstand eine intensivere und unmittelbarere Verbindung zwischen mir und dem Instrument und zu den erzeugten Klängen.

Nachdem ich eine praktikable Lösung für den Aufbau des Instruments gefunden hatte und die Spielmöglichkeiten ausgelotet hatte, entwickelte ich daraus eine Komposition, die ich in einer Partitur beschrieben habe. In dieser Partitur, auf die ich weiter unten genauer eingehen werde, liegt der Schwerpunkt auf der Interaktion mit dem Instrument und der Erforschung seiner klanglichen Möglichkeiten. Zudem gibt sie der spielenden Person Freiheit sowie Raum für improvisatorische Entscheidungen.

Die Weiterentwicklung meines Instruments findet auch im Rahmen einer momentan laufenden Lehrveranstaltung statt. Derzeit arbeite ich im Kurs „Live Elektronik 2“ intensiv an der Erstellung eines DSP-Patches in SuperCollider. In dem Patch wird das Signal vom Kontaktmikrofon in mehrere Buffer aufgenommen. Zusätzlich erfolgt eine Aufteilung des Signals in verschiedene Frequenzbänder, wobei die Anzahl der Frequenzbänder der Anzahl der Buffer entspricht. Für jedes dieser Frequenzbänder wird die durchschnittliche Lautstärke (RMS) ausgerechnet. Die berechneten RMS-Werte der einzelnen Frequenzbänder werden im weiteren Verlauf des Patches genutzt, um die Abspielraten der entsprechenden Buffer zu steuern. Das resultierende Klangergebnis wird mit dem originalen, unverarbeiteten Signal vom Kontaktmikrofon im Patch gemischt. Die Mischung wird über Lautsprecher wiedergegeben und gleichzeitig wieder in das von mir konstruierte Metallblech geleitet. Dieser Prozess erzeugt sowohl zusätzliche Klangschichten, die den Klang des Instruments bereichern, erweitern und ihm einen additiven Charakter verleihen.

Im Zuge der Lehrveranstaltungen „Elektroakustische Komposition“ und „Klangkunst“ wird außerdem mein Instrument zu einer Klanginstallation weiterentwickelt. Bei dieser Installation soll die Rolle der spielenden Person durch einen Motor ersetzt werden, um so eine noch langsamere und kontinuierlichere Bewegung der Verformung des Blechs zu ermöglichen. Das Blech wird wie gehabt an einem Mikrofonständer befestigt (siehe Abbildung 5). An der gegenüberliegenden Seite des Blechs wird unten eine Schnur befestigt, welche mit dem anderen Ende an einer Spindel eines Motors angebracht wird. Der Motor selbst wird auf einem separaten Mikrofonständer montiert, der sich gegenüber vom Blech befindet (siehe Abbildung 6). Die Bewegung des Motors wird so programmiert, dass die Schnur langsam und

intermittierend an der Spindel aufgewickelt wird. Dadurch kommt es zu einer Verformung des Blechs, was wiederum den Klang des Instruments beeinflusst. Nach einer bestimmten Zeit ändert sich die Bewegungsrichtung des Motors, und die Schnur wird von der Spindel wieder abgewickelt. Sowohl das Tempo als auch die Unterbrechungen beim Abwickeln gleichen dabei dem Aufwickelprozess. Dadurch entsteht ein endloser Prozess des Auf- und Abwickelns. Durch die langsame Verformung des Blechs entsteht eine stetige, aber nicht zu schnelle Veränderung des Klangs. Ich bin darüber hinaus noch am überlegen, ob ich den Klang durch das oben erwähnte SuperCollider-Patch laufen lasse und ob dadurch der Klang noch vielfältiger und variationsreicher werden könnte.

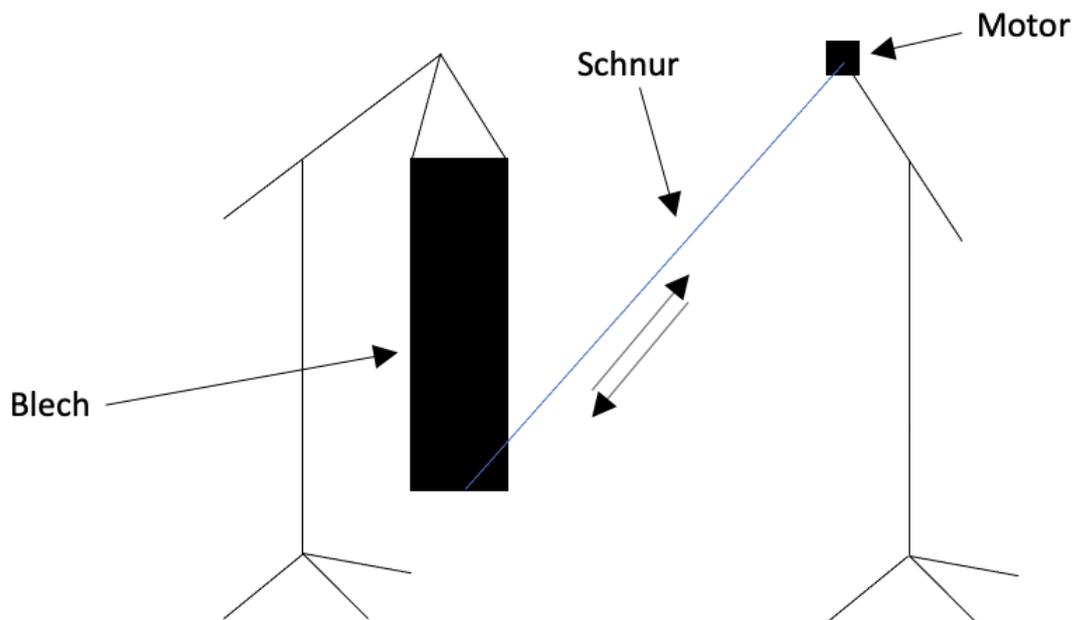


Abbildung 6. Klanginstallation.

Systematische Einordnung meines Instruments

Wie oben erwähnt, handelt es sich bei dem von mir entwickelten Instrument um ein selbst-resonierendes vibrotaktiler Feedback-Instrument (SRI). Gemäß der Kategorisierung von Eldridge et al. (2021) kann mein Instrument als ein SRI eingeordnet werden, bei dem Oberflächen als resonierendes Material genutzt werden. Darüber hinaus lässt sich mein Instrument auch als Idiophon klassifizieren, genauer gesagt als Metallophon. Es fällt dabei in die Kategorie der Aufschlagidiophone, da es durch einen Körperschallwandler angeschlagen wird, um Klänge zu erzeugen. Die Verwendung eines Körperschallwandlers unterscheidet es von anderen Arten von Metallophonen, bei denen beispielsweise Klangplatten mit Schlägeln angeschlagen werden.

Das Instrument greift zudem auf ein ähnliches Prinzip namens Plattenhall zurück, indem ein Signal in eine Stahlplatte eingespeist und anschließend wieder aufgenommen wird. Im Gegensatz zum Plattenhall wird bei meinem Instrument das aufgenommene Signal zurück in die Platte geleitet, was einen Feedbackloop erzeugt. Des Weiteren wird der Plattenhall oft als Effekt genutzt, während mein Instrument als eigenständiges Musikinstrument konzipiert ist. Im Unterschied zum Plattenhall ermöglicht mein Instrument daher eine direkte Interaktion zwischen der spielenden Person und dem Instrument. Diese direkte Interaktion erlaubt es der spielenden Person den Klang und die Ausdrucksmöglichkeiten des Instruments in Echtzeit zu kontrollieren und zu gestalten.

In dem am Schluss genannten Punkt weist mein Instrument Ähnlichkeiten mit der Singenden Säge und dem Flexaton auf. Sowohl bei der Singenden Säge als auch beim Flexaton wird eine Metallplatte verbogen, wodurch sich deren Struktur verändert und somit auch der Klang beeinflusst wird. Mein Instrument basiert auf einem ähnlichen Prinzip. Durch die Verwendung eines sehr dünnen Stahlblechs (weitere Informationen siehe unter Material und Design) kann mein Instrument ähnlich wie die Singende Säge oder das Flexaton gebogen und verformt werden. Der Unterschied zur Singenden Säge und zum Flexaton liegt in der Art der Anregung. Die Singende Säge gehört zur Kategorie der Reibidiophone und wird beispielsweise durch die Reibung mit einem Violinbogen in Schwingung versetzt. Das Flexaton hingegen zählt zu den Schüttelidiophonen und wird durch zwei Klöppel angeregt.

Material und Design

Als resonierendes Material wird bei meinem Instrument ein verzinktes Glatblech, das aus rohem Stahl besteht, verwendet. Es ist insgesamt 1000 mm lang, 300 mm breit und 0,5 mm dick. Wie oben erwähnt ist die Dicke des Stahls für das Instrument essentiell; denn dadurch lässt es sich sehr einfach biegen. In das Blech wurden auf der einen Seite zwei Löcher gebohrt, an denen es an einem Mikrofonständer durch eine wenig dehnbare Schnur befestigt wird (siehe Abbildung 5 und 7).

In der Mitte des Blechs ist der Körperschallwandler BST EX-40/8 der Firma Monacor in Richtung des Mikrofonständers mithilfe von Audioklebepaste angebracht (siehe Abbildung 7). Die Entscheidung für die mittlere Position basiert auf einer Testreihe, bei der ich verschiedene Platzierungen des Körperschallwandlers auf dem Blech ausprobiert habe. Dabei konnte ich feststellen, dass mit der mittleren Position das stabilste und damit am besten kontrollierbarste klangliche Ergebnis erzielt wird. Der Körperschallwandler erhält von dem Verstärker V1.0G der Firma Fosi Audio durch zwei verzinnte elektrische Kupferdrähte das Signal (siehe Abbildung 8). Der Fosi-Verstärker erhält seinerseits das Signal von dem Mixer 1402-VLZ der Firma Mackie über ein doppeltes Klinken-Cinch-Kabel (mono).

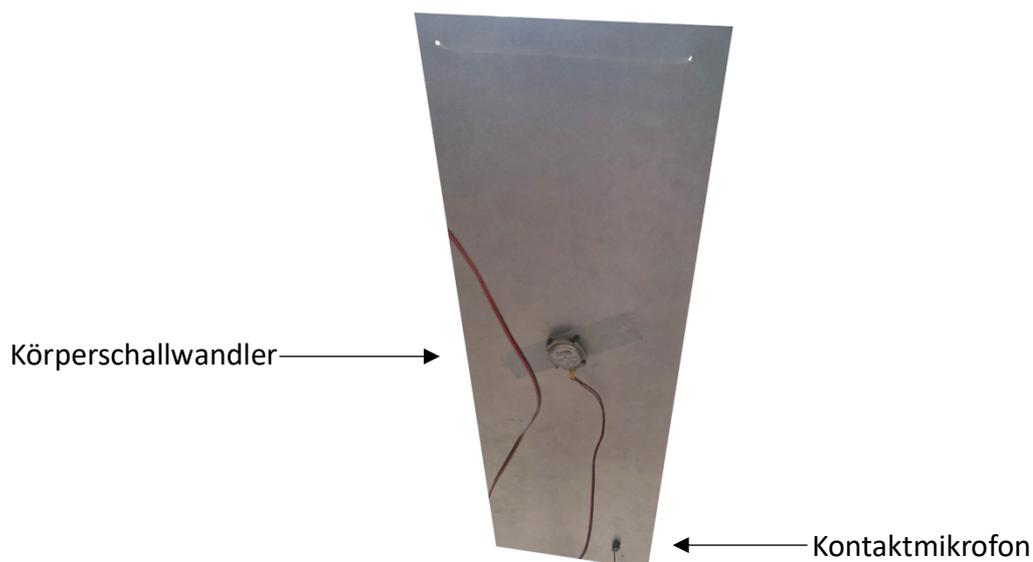


Abbildung 7. Blech, vom Mikrofonständer aus fotografiert.

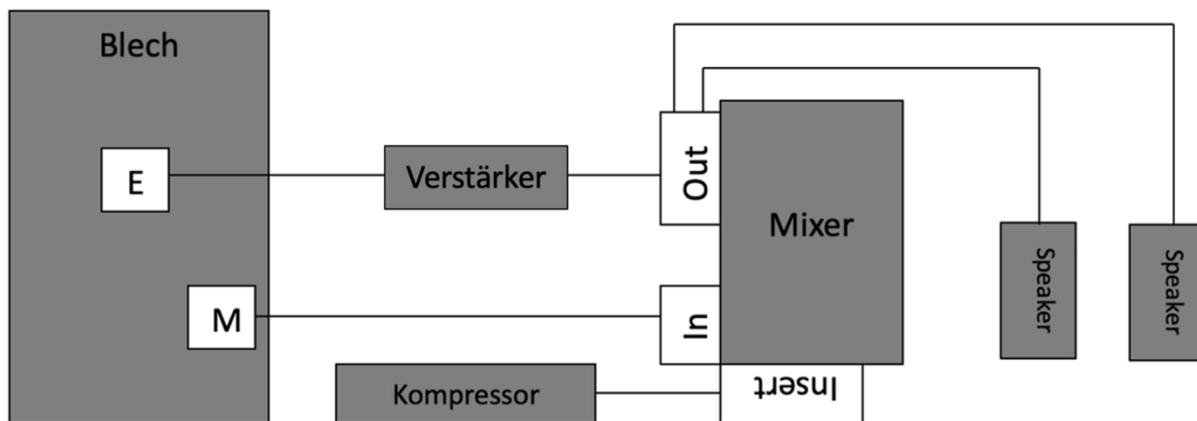


Abbildung 8. *Signalfluss. E = Körperschallwandler und M = Kontaktmikrofon*

Am aufgehängten Blech ist das Kontaktmikrofon C 411 PP der Firma AKG unten rechts, ca. 5 cm entfernt von den jeweiligen Rändern, in Richtung des Mikrofonständers mithilfe von Audioklebepaste befestigt (siehe Abbildung 7). Die Position des Kontaktmikrofons wurde ähnlich wie beim Körperschallwandler nach einer von mir durchgeführten Testreihe festgelegt. Die ausgewählte Position führte zu einem vergleichsweise stabilen und gut kontrollierbaren klanglichen Ergebnis. Das aufgefangene Signal vom Kontaktmikrofon gelangt in den Mixerkanal, an dem der Kompressor 1046 der Firma DBX durch ein Insert-Kabel mit der Insert-Buchse verbunden ist (siehe Abbildung 8).

Der Kompressor kontrolliert die Lautstärkendynamik des Signals und wird folgendermaßen eingestellt: Der Threshold wird auf -40 dBu, das Ratio auf 4:1, der Output-Gain auf 0 dB und der Peak-Stop-Plus-Limiter auf +4 dBu gedreht. Diese Einstellungen gewährleisten, dass das Signal stabil bleibt und nicht unkontrolliert an Lautstärke zunimmt.

Im Mixer sind die Positionen der Equalizer-Regler im Kontaktmikrofonkanal festgelegt, da sie den Klang maßgeblich beeinflussen. Diese Einstellungen habe ich durch Testung verschiedener Positionierungen der einzelnen Equalizer-Regler ermittelt. Dabei war mir wichtig, dass der Klang nicht zu schrill oder aggressiv wirkt, sondern als angenehm empfunden wird. Aus diesem Grund ergaben sich folgende Einstellungen: Der Höhenregler wird auf -15 dB, der Mittenregler auf -12 dB und der Tiefenregler auf +12 dB eingestellt. Sowohl das Volumen des Mikrofonkanals als auch

das Master-Volumen des Mixers wurden auf 0 dB eingestellt. Dies ermöglicht eine individuelle Anpassung der Energie des Signals am Körperschallwandler durch den Fosi-Verstärker.

Bei der Einstellung der Verstärkungsstärke des Fosi-Verstärkers ist es wichtig ein Gleichgewicht zu finden. Die Verstärkung darf auf der einen Seite nicht zu hoch sein, da dies zum Scheppern des Blechs führen kann und es dadurch zu einer unerwünschten Verzerrung des Signals kommt. Auf der anderen Seite darf die Verstärkung nicht zu niedrig sein, da dies zu einem zu schwachen Signal führen kann und kein Klang entsteht. Die Suche nach der optimalen Verstärkungsstärke erfordert daher Fingerspitzengefühl.

Das Spielen des Instruments

Es gibt verschiedene Möglichkeiten mit dem Instrument zu interagieren und es liegt zunächst in der Hand (im wahrsten Sinne des Wortes) der ausführenden Person, wie sie am liebsten in Verbindung mit Instrument treten möchte. Wie bereits erwähnt, ist der Klang des Instruments schwer zu kontrollieren und nicht nur auditiv wahrnehmbar, sondern auch taktil spürbar. Das Spiel mit dem Instrument zeichnet sich durch eine kontinuierliche Exploration der erzeugten Klänge aus. Mit zunehmender Übung gewinnt die spielende Person zwar eine gewisse „Kontrolle“ über das Instrument. Dennoch besteht immer die Möglichkeit, dass sie von unerwarteten Reaktionen des Instruments überrascht wird.

Durch meine Experimente mit dem Instrument habe ich herausgefunden, dass es zwei Methoden gibt, mit denen die spielende Person den Klang beeinflussen kann. Einerseits kann sie auf den Klang durch das Verformen des Blechs einwirken, was zu einer Veränderung des Resonanzverhalten führt. Die Verformung hat einen direkten Einfluss auf die Schallreflexionen im Blech, wodurch andere Frequenzen hörbar werden können. Andererseits kann sie den Klang verändern, indem sie das zwischen den Fingern gehaltene Blech unterschiedlich stark zusammendrückt, wodurch das Blech abgedämpft wird.

Empfehlenswert ist außerdem, dass die spielende Person sich gegenüber dem Mikrofonständer positioniert. Von dieser Position aus hat die spielende Person die Möglichkeit, das Blech unten an der rechten und linken Kante mit den Händen zu greifen. So lässt sich das Blech am besten verformen und zusammendrücken. Dabei nimmt die spielende Person über beide Hände den Klang auch haptisch wahr.

Die Aspekte, die im Abschnitt zu selbst-resonierenden vibrotaktilen Feedback-Instrumenten (SRIs) genannt wurden, lassen sich auf das Spielen meines Instruments übertragen. Wie zuvor beschrieben, entsteht eine Wechselwirkung zwischen der spielenden Person und dem Instrument. Dabei reagiert nicht nur das Instrument auf die Person, sondern auch die Person auf das Instrument. Diese Interaktion führt zu einem Dialog zwischen beiden. Während des Dialogs ist es wichtig, dass die spielende Person langsame Bewegungen mit dazwischenliegenden Pausen macht. Dadurch kann sie nicht nur besser auf das Verhalten des Instruments reagieren, sondern erlangt darüber hinaus auch ein gewisses Maß an Kontrolle. Beim Spielen sollte sie sowohl

auf die auditiven Klänge als auch auf die spürbaren vibrotaktilen Veränderungen an beiden Händen achten. Besonders faszinierend wird der Klang des Instruments, wenn er zwischen verschiedenen Tonhöhen wandert und dabei einzigartige und reizvolle Schwebungen erzeugt. Während des Spiels ist es aus meiner Sicht wichtig gezielt nach solchen Momenten zu suchen. Allerdings sind diese Momente schwierig zu halten und erfordern eine behutsame und langsame Veränderung des Zusammendrückens und der Verformung des Blechs. Mit zunehmender Übung wird es jedoch einfacher, diese Momente zu kontrollieren und somit das klangliche Ergebnis zu verbessern.

Beschreibung der Partitur und des Spielablaufs

Wie eingangs erwähnt, habe ich für das Instrument eine Partitur geschrieben. Allerdings ist es, wie im Abschnitt „*Das Spielen des Instruments*“ beschrieben, eine Herausforderung das Instrument zu kontrollieren. Aus diesem Grund liegt der Fokus der Partitur auf allgemeineren Anweisungen die eine explorative und improvisatorische Auseinandersetzung mit dem Instrument ermöglichen. Die Aufführung ist unter folgendem Link zu finden: <https://www.youtube.com/watch?v=DK6zx8VYK5U>.

In der Partitur wird angegeben, dass zu Beginn der Aufführung die spielende Person in einem Abstand von etwa 40 cm vor dem aufgehängten Blech kniet. Der Start der Aufführung erfolgt mit einer graduellen Erhöhung der Lautstärke des Kontaktmikrofonkanals am Mackie-Mixer von $-\infty$ dB auf 0 dB über einen Zeitraum von 15 Sekunden durch die spielende Person.

Anschließend wird das Blech von der spielenden Person mit einer Hand an der unteren Mitte kurz angefasst und damit abgedämpft (siehe Abbildung 9). Nach einem Loslassen wird es direkt wieder mit einer Hand an der unteren Mitte angefasst. Das Anfassen soll stets langsam und behutsam erfolgen, da sich dadurch der Klang des Instruments schnell verändern kann.



Abbildung 9. *Anfassen des Blechs am Anfang der Aufführung*

Im Anschluss daran hebt die spielende Person das Blech behutsam über einen Zeitraum von etwa zwei bis drei Minuten in eine nahezu waagerechte Position an. Während dieser Phase kann die spielende Person, wenn sie will, aufstehen. Beim

Anheben des Blechs ist es wieder wichtig, dass die Bewegung langsam erfolgt, um einen sanften Übergang zwischen den Klangfarben zu ermöglichen.

Sobald das Blech die waagerechte Position erreicht hat, wird die Person aufgefordert das Blech an der unteren rechten und linken Kante mit den Händen zu halten. In dieser Position soll der Klang des Instruments über etwa eine Minute hinweg durch Verbiegen und unterschiedlich starkes Zusammendrücken des Blechs mit zunehmend schnelleren Bewegungen verändert werden. Anschließend sollen die Bewegungen über eine weitere Minute hinweg allmählich langsamer werden.

Nach Ablauf der Minute wandert eine Hand der spielenden Person zurück zur Mitte des unteren Blechrand, während gleichzeitig die andere Hand ihre Position löst. Das Blech wird nun wieder abgesenkt - mit der doppelten Geschwindigkeit, wie es zuvor angehoben wurde. Sobald das Blech seine Ausgangsposition erreicht hat, wird es von der spielenden Person losgelassen.

Die Aufführung endet schließlich mit einer graduellen Verringerung der Lautstärke des Kontaktmikrofonkanals am Mackie-Mixer von 0 dB auf $-\infty$ dB über einen Zeitraum von 15 Sekunden durch die spielende Person.

Fazit

Als ich letztes Jahr begann mit Feedback zu experimentieren, konnte ich mir nicht vorstellen, dass daraus ein Instrument entstehen könnte. Es war für mich ein faszinierender und kreativer Prozess, bei dem ich durch das Ausprobieren verschiedener Materialien, das Erproben unterschiedlicher Ideen und den Austausch mit meinen Kommiliton*innen und Professor*innen zu meinem selbst-resonierenden vibrotaktilen Feedback-Instrument gelangte.

Am meisten fasziniert mich die Interaktion mit meinem selbst-resonierenden vibrotaktilen Feedback-Instrument und die Zerbrechlichkeit des entstehenden Klangbildes. Es sind gerade diese einzigartigen Eigenschaften, die mich sehr ansprechen. Jeder Moment des Spiels wird zu einer sensiblen Balance zwischen Kontrolle und Unvorhersehbarkeit. Dadurch, dass der Klang nicht nur hörbar, sondern auch spürbar ist, fühle ich mich mit dem Instrument beim Spielen mehr verbunden als beispielsweise beim Tastendrücken oder Knöpfedrehen eines MIDI-Controllers, um beispielsweise mit einem VST-Instrument zu kommunizieren. Ich finde, dass die taktile und dialogähnliche Interaktion eine tiefe Verbindung zum Instrument ermöglicht. Es ist nicht nur die spielende Person, die den Ton angibt, sondern auch das Instrument. Diesen Austausch empfinde ich als äußerst wertvoll und ich denke, dass dies eine besondere Qualität des Instruments ist. Zudem bin ich davon überzeugt, dass das Instrument dadurch neue kreative Möglichkeiten in der musikalischen Gestaltung eröffnet.

Die fortlaufende Weiterentwicklung des Instruments und die Integration in eine Klanginstallation zeigen, dass der Entwicklungsprozess noch lange nicht abgeschlossen ist. Es ist zudem eine Einladung an andere Künstler*innen, Forscher*innen und Entwickler*innen, sich diesem Prozess anzuschließen und gemeinsam die Grenzen der Feedbackmusik zu erweitern.

Literaturverzeichnis

- Aufermann, Knut. 2005. "Feedback and Music: You Provide the Noise, the Order Comes by Itself." *Kybernetes* 34, no. 3/4: 490–96.
<https://doi.org/10.1108/03684920510581675>.
- Collins, Nicolas. „'Pea Soup' – A History.“ Nicolas Collins, October 2011. Accessed April 3, 2023. <http://www.nicolascollins.com/texts/peasouphistoryOLD.pdf>.
- Boner, C. Paul, und C. R. Boner. 1966. „Behavior of sound system response immediately below feedback.“ *Journal of the Audio Engineering Society* 14, no. 3: 200–203.
- De Campo, Alberto 2014. „Lose control, gain influence - Concepts for Metacontrol.“ In *ICMC|SMC*. Athen, Griechenland: International Computer Music Conference Proceedings.
- Di Scipio, Agostino. 2003. „'Sound Is the Interface': From *Interactive* to *Ecosystemic* Signal Processing.“ *Organised Sound* 8, no. 3: 269–277.
<https://doi.org/10.1017/S1355771803000244>.
- Eldridge, Alice, Chris Kiefer, Dan Overholt, und Halldor Ulfarsson. 2021. „Self-Resonating Vibrotactile Feedback Instruments ||: Making, Playing, Conceptualising :||.“ In *NIME 2021*. Shanghai, China: PubPub.
<https://doi.org/10.21428/92fbeb44.1f29a09e>.
- Gluck, Bob. 2020. „An Interview with Eliane Radigue.“ *Array. the Journal of the ICMA*, 21. Oktober 2021, 45–49. <https://doi.org/10.25370/array.v20102475>.
- Kim, Seunghun, Graham Wakefield, und Juhan Nam. 2016. „Augmenting Environmental Interaction in Audio Feedback Systems.“ *Applied Sciences* 6, no. 5: 125. <https://doi.org/10.3390/app6050125>.
- Magnusson, Thor, Chris Kiefer, und Halldor Ulfarsson. 2022. „Reflexions upon Feedback.“ In *NIME 2022*. The University of Auckland, New Zealand: PubPub.
<https://doi.org/10.21428/92fbeb44.aa7de712>.
- McPherson, A. (2010). „The magnetic resonator piano: Electronic augmentation of an acoustic grand piano.“ *Journal of New Music Research* 39, no. 3: 189–202.
- Meric, Renaud, und Makis Solomos. 2014. „Analysing Audible Ecosystems and Emergent Sound Structures in Di Scipio's Music.“ *Contemporary Music Review* 33, no. 1: 4–17. <https://doi.org/10.1080/07494467.2014.906690>.
- Nakai, You. 2021. *Reminded by the Instruments: David Tudor's Music*. 1. Aufl. Oxford: Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780190686765.001.0001>.

- Overholt, Daniel, Edgar Berdahl, and Robert J. Hamilton. 2011. "Advancements in Actuated Musical Instruments." *Organised Sound* 16, no. 2 (June): 154–65. <https://doi.org/10.1017/s1355771811000100>.
- Rovescalli, Andrea. 2014. „The domestivation of kinetic art. The Lumino by Nicolas Schöffler.“ Masterarbeit, Geneva School of Art and Design, 2014.
- Sanfilippo, Dario, und Andrea Valle. 2013. „Feedback Systems: An Analytical Framework.“ *Computer Music Journal* 37, no. 2: 12–27. https://doi.org/10.1162/COMJ_a_00176.
- Sanfilippo, Dario. "Complex Musical Behaviours via Time-Variant Audio Feedback Networks and Distributed Adaptation: A Study of Autopoietic Infrastructures for Real-Time Performance Systems." PhD Diss, The University of Edinburgh, 2020. <https://doi.org/10.7488/era/491>.
- Shanken, Edward A. 2002. „Cybernetics and Art: Cultural Convergence in the 1960s.“ In *From Energy to Information*, herausgegeben von Bruce Clarke und Linda Dalrymple Henderson, 255–278. Stanford: Stanford University Press. <https://doi.org/10.1515/9781503619470-021>.
- Úlfarsson, Halldór. 2018. „The halldorophone: The ongoing innovation of a cello-like drone instrument.“ In *NIME 2018*. Blacksburg, USA: Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression.