



Institut für Elektronische Musik und Akustik
Universität für Musik und darstellende Kunst Graz

Masterarbeit

Above 1700 – Diskrete Spatialisation als Mittel zur Dekonstruktion und Erweiterung von Kompositionen

Name des Verfassers: Paul Wolff, BA MA BA

Matrikelnummer: 01012924

Studienrichtung: Masterstudium Computermusik

Studienkennzahl: UV 066 705

Erstellungsdatum der Arbeit: 01.04.2021

Name des Betreuers: Univ.-Prof. Dr.phil Gerhard Eckel



Wolff, Paul

Familienname, Vorname

01012924

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 01.04.2021

.....
Unterschrift der Verfasserin/des Verfassers

I. Abstract

Im Zentrum dieser schriftlichen Arbeit steht die Komposition *Above 1700*, die für 24 solo Lautsprecher konzipiert wurde.

Im ersten Abschnitt werden diverse – für die Komposition relevante – Themengebiete, wie die Arbeit mit Multikanal-Lautsprechern, die Wahrnehmung von Klang, und die Rolle von Raum, behandelt. Darüber hinaus wird auf Praktiken der Dekonstruktion von bestehenden Audioaufnahmen eingegangen. Diese Themen, werden sowohl musikhistorisch, technisch, als auch ästhetisch beleuchtet und anhand von ausgewählten Beispielen veranschaulicht.

Der anschließende Teil widmet sich dem Stück *Above 1700*. Neben allgemeinen kompositorischen Überlegungen werden Entstehungsprozess, Aufbau, technische Implementierung, sowie die Funktionsweise der Spatialisation-Technik *hashing* näher erörtert. Zudem werden anhand von Screenshots der Wellenformen die musterartigen, zyklisch-repetitiven Eigenschaften der Komposition veranschaulicht.

Gegen Ende werden etwaige Verbesserungen bzw. zukünftige Arbeitsweisen mit *hashing* diskutiert.

Inhaltsverzeichnis

I. Abstract

1. Spatialisation Elektroakustischer Musik	1
1.1 Allgemein	1
1.2 Historischer Abriss von Werken und Systemen	1-3
1.3 Digitale Spatialisations-Systeme	3-4
1.4 Kritik an Spatialisationen	4
2. Lokalisation und Wahrnehmung von Klang	5-6
2.1 Klang als Skulptur	7
3. Die Rolle des Raums	8-9
4. Dekonstruktion und Wiederverwendung von Aufnahmen	10
4.1. Allgemein	10-12
4.2 Pluderphonics	12-13
4.3 Mashups	14-15
5. Kompositorische Ansätze und Schwerpunkte	16
5.1 Hashing als Spatialisations-Technik	16
5.1.1 Allgemein	16-18
5.1.2 Entstehung und Anwendungen	18
6. Above 1700 (für 24 solo Lautsprecher)	19
6.1 Programmtext	19
6.2 Allgemein	20
6.3 Aufbau	20-21
6.4 Programmierung in SuperCollider	21-22
6.5 Grafische Benutzeroberfläche (GUI)	23-24
6.6 Visuelle Darstellungen – Wellenformen	25-26
7. Resümee und Ausblick	27
8. Literaturverzeichnis	28-30
8.1 Onlinequellen	30

1. Spatialisation Elektroakustischer Musik

1.1 Allgemein

Spatialisation, auch Diffusion genannt, ist eine Kompositions- und Aufführungspraxis, bei der Klang räumlich verteilt wird. Traditioneller Weise wird hierfür ein Mischpult verwendet. Doch auch computergesteuerte Spatialisationen haben sich als gängige Methoden etabliert. Mit Diffusion ist es möglich Mono- oder Stereospuren auf eine größere Anzahl von Lautsprechern zu verteilen.¹ Diese Arbeitsweise wird nicht nur für Live-Performances, sondern auch für Postproduktionen fertiger Kompositionen angewandt.² “From a compositional point of view, we speak of ‘sound spatialisation’ as soon as the positions of sound sources, the ambience of a room, or any other spatial or acoustic element is taken into account as a musical parameter of a work. While space has probably always played an important role in music composition, the formalisation of space as a structural parameter is a rather recent phenomenon.”³

1.2 Historischer Abriss von Werken und Systemen

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden unterschiedliche Geräte entwickelt, mit denen Klang dynamisch im Raum verteilt werden konnte.⁴ Bereits zu Beginn der 1930er Jahre entstanden in den damaligen Studios für Elektroakustische Musik die ersten Multikanal-Setups. So entwickelte Harvey Fletcher in den Bell Labs, und Alan Blumlein bei EMI, Systeme die in der Lage waren Klang über zwei, oder mehr Lautsprecher abzuspielen.⁵ In den 1950er Jahren wurden Multikanal-Setups vermehrt für kompositorische Anwendungen herangezogen. Hervorzuheben ist hier das 1951 von Pierre Schaeffer konzipierte System *potentiomètre d’espace*, mit dem es möglich

¹ Vgl. Jaime E. Oliver La Rosa: „Extending Space in Varèse's Interpolations. Extended Stereo Space“, in: *Perspectives of New Music* Vol. 51, Nr. 1 (Winter 2013), S. 263.

² Vgl. Marlon Schumacher und Jean Bresson: „Spatial Sound Synthesis in Computer-Aided Composition“, in: *Organised Sound* Vol. 15, Nr. 3 (2010), S. 272.

³ Marlon Schumacher und Jean Bresson: „Spatial Sound Synthesis“, S. 271.

⁴ Vgl. Jonas Braasch; Nils Peters; Daniel L. Valente: „A Loudspeaker-Based Projection Technique for Spatial Music Applications Using Virtual Microphone Control“, in: *Computer Music Journal* Vol. 32, Nr. 3 (Herbst 2008), S. 55.

⁵ Vgl. Patrick Valiquet: „The Spatialisation of Stereophony. Taking Positions in Post-War Electroacoustic Music“, in: *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* Vol. 43, Nr. 2 (Dezember 2012), S. 404-407.

war eine aufgenommene Tonspur durch mehrere Lautsprecher zu bewegen.⁶ Eine der größten Umsetzungen der damaligen Zeit war das Stück *Poème Électronique* (1958) von Edgard Varèse, welches er in Zusammenarbeit mit Iannis Xenakis und Le Corbusier für den Philips-Pavillon der Weltausstellung in Paris konzipierte. Mit etwa 400 Lautsprechern konnten die Klänge innerhalb des Pavillons arrangiert und bewegt werden.⁷ Doch schon Jahre bevor es die technischen Mittel erlaubten, hatte Varèse die Vorstellung einer räumlichen Musik, bei der Klänge aus den unterschiedlichsten Richtungen des Raums kommen.⁸ Auch der *Rotationstisch* von Karlheinz Stockhausen aus dem Jahr 1959 ist ein frühes Werk, das mit Sound-Spatialisation arbeitet. Der sich drehende, mit Lautsprechern bestückte Tisch, erzeugte neben seiner intendierten Aufgabe den Schall im Raum zu verteilen, auch tonhöhenbezogene Artefakte (Doppler-Effekt). Es ist nicht geklärt, ob dies von Stockhausen beabsichtigt war oder nicht.⁹ Etwa zehn Jahre später bespielte Stockhausen einen Klangraum mit sieben Lautsprecher-Ringen bei der Weltausstellung 1970 und ermöglichte dadurch ein dreidimensionales Hören.¹⁰

Mit der Zeit wurden nicht nur neue, sondern vor allem auch mobile Lautsprechersysteme entwickelt. Eines der größten stellt das *Acousmonium* der GRM (Groupe de recherches musicales) dar. Das Anfang der 1970er Jahre von François Bayle entwickelte System besteht aus verschiedenen Lautsprechern, die sich anhand ihrer individuellen Optik und klanglichen Charakteristika voneinander unterscheiden.¹¹ Ein kleineres und neueres Instrument ist *La Timée*, das Ende der 1990er Jahre am IRCAM realisiert wurde. Es setzt sich aus sechs Lautsprechern zusammen, die in einem Gehäuse verbaut sind und in unterschiedliche Richtungen abstrahlen. Diese Technik macht sich auch der IKO, ein seit 2009 am Institut für Elektronische Musik und Akustik Graz entwickeltes Lautsprechersystem, zu Nutze. Der IKO besteht aus 20 Seiten, die jeweils mit einer Membran bestückt sind. Er ist in der Lage Klang richtungsbezogen und gebündelt zu projizieren.¹² Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch Marco Stroppa

⁶ Vgl. Yuan-Yi Fan und David Minnen: „Move That Sound There. Exploring Sound in Space with a Markerless Gestural Interface“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 23 (2013), S. 31.

⁷ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen in der Computermusik*, Diss. masch., Universität für Musik und Darstellende Kunst Graz, 2016, S.43.

⁸ Vgl. Jaime E. Oliver La Rosa: „Extending Space in Varèse's Interpolations“, S. 263.

⁹ Vgl. Jonas Braasch: „A Loudspeaker-Based Projection Technique“, S. 57.

¹⁰ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.44.

¹¹ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.44-45.

¹² Vgl. Franz Zotter u.a.: „A Beamformer to Play with Wall Reflections. The Icosahedral Loudspeaker“, in: *Computer Music Journal* Vol. 41, Nr. 3 (September 2017), S.50.

mit seinem Werk *Totem Acoustice* aus der Oper *Re Orso*, die im Jahr 2012 erstmals aufgeführt wurde: „Die aus acht Lautsprechern zusammengesetzte Säule hängt mittig über dem Bühnenraum. Die Lautsprecher sind jeweils um 60° gedreht und formen so eine Spirale. Die Klänge können in alle Richtungen abgestrahlt werden und mit verschiedenen Bewegungsmustern sowohl um die Säule herum als auch an der Säule entlang von oben nach unten und in Sprüngen bewegt werden.“¹³

1.3 Digitale Spatialisations-Systeme

Zu Beginn der 1970er Jahre wurde von John Chowning das erste digitale Spatialisations-System, welches auf Amplituden-Panning basierte, entwickelt.¹⁴ Das quadrophone Setup wurde auch für sein Stück *Turenas* verwendet, das mit der Klangsynthese-Software Music IV komponiert wurde.¹⁵ Chowning war es auch, der die Technik ‚discrete surround panning‘ – also Diskrete Spatialisation etablierte. Diskreter Spatialisation zeichnet sich dadurch aus, dass nur eine geringe Anzahl von Lautsprechern gleichzeitig mit einem Signal bespielt werden.¹⁶

Durch die technischen Entwicklungen von Computern und entsprechender Software, wurden Spatialisations-Vorstellungen leichter zu realisieren, und im Zuge dessen auch populärer.¹⁷ Besonders in den frühen 1990er Jahren war auf Grund der digitalen Revolution ein steigendes Interesse zu beobachten.¹⁸ Die entwickelten Tools verfügten über Echtzeit-Möglichkeiten der Reproduktion, Steuerung und Manipulation von spatialen Eigenschaften.¹⁹ Intern arbeiten solche Programme mit unterschiedlichen Techniken wie z.B. Amplituden-Panning (VBAP bzw. DBAP), Wellen-Feld-Synthese (WFS) oder Ambisonic (HOA bzw. Ambisonic B-Format).²⁰ Von diesen genannten

¹³ Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S. 51-52.

¹⁴ Vgl. Jonas Braasch: „A Loudspeaker-Based Projection Technique“, S. 57.

¹⁵ Vgl. Nils Peters u.a.: „The Spatial Sound Description Interchange Format. Principles, Specification, and Examples“, in: *Computer Music Journal* Vol. 37, Nr. 1 (Frühling 2013), S. 16.

¹⁶ Vgl. Jean-Marc Jot: „Real-time spatial processing of sounds for music, multimedia and interactive human-computer interfaces“, in: *IRCAM* (Februar 1997), S. 5.

¹⁷ Vgl. Corey I. Cheng und Gregory H. Wakefield: „Moving Sound Source Synthesis for Binaural Electroacoustic Music Using Interpolated Head-Related Transfer Functions (HRTFs)“, in: *Computer Music Journal* Vol. 25, Nr. 4 (Winter 2001), S. 57.

¹⁸ Vgl. Marlon Schumacher und Jean Bresson: „Spatial Sound Synthesis“, S. 271.

¹⁹ Vgl. Jonas Braasch: „A Loudspeaker-Based Projection Technique“, S. 58.

²⁰ Vgl. Marlon Schumacher und Jean Bresson: „Spatial Sound Synthesis“, S. 271.

Techniken werden Wellen-Feld-Synthese und Ambisonic am häufigsten verwendet.²¹ Trotz der vielen Möglichkeiten gilt einfaches Amplituden-Panning als eine der effektivsten Methoden Klang im Raum zu verteilen.²² Die Funktionsweise der oben beschriebenen Technologien orientieren sich zum Teil an akustischen Eigenschaften des Raumes, oder der psychoakustischen Wahrnehmung.²³ Neben kommerzieller Software bieten Programmierungsumgebungen wie Max/MSP, PureData oder SuperCollider erweiterte und individuelle Möglichkeiten der spatialen Gestaltung.²⁴ So können etwa bestehende Grenzen der Audio-Technologie erforscht und auch gezielt überschritten werden. Durch solche Herangehensweisen werden Artefakte erzeugt, die in weiterer Folge als künstlerisches Klangmaterial dienen können.²⁵ In der Elektroakustischen Musik werden nicht nur bestehende Räume und Klangszenen nachgebaut, sondern vor allem neue und abstrakte Klangumgebungen geschaffen.²⁶

1.4 Kritik an Spatialisationen

Ein Problem von spatialen Kompositionen ist, dass sie meist an bestimmte Räume, Lautsprecher-Setups oder Institutionen gebunden sind, und dadurch nicht zwingend einen schwellenfreien Zugang bieten.²⁷ Darüber hinaus gibt es bei Multikanal-Systemen oft nur einen kleinen Hörbereich, in dem die Musik am besten funktioniert – den sogenannten Sweetspot. Dieser Bereich wird bei Aufführungen häufig von den aufführenden Personen bzw. vom Regiepult beschlagnahmt. Leigh Landy ist der Meinung, dass obwohl Multikanal-Setups mittlerweile häufiger genutzt werden, sich die kompositorischen Konzepte und Arbeitsweisen kaum verändern.²⁸ Harrison äußert einen weiteren Kritikpunkt an der Verwendung von Spatialisation als kompositorisches Mittel: „The issue of whether diffusion is a legitimate continuation of the compositional process or merely a random throwing-around of sound which destroys the composer’s intentions continues to be a matter of great debate.”²⁹

²¹ Natasha Barrett: „Ambisonics and acousmatic space. A composer’s framework for investigating spatial ontology”, in: *Proceedings of the 6th Electroacoustic Music Studies Network Conference Shanghai* (2010), S.3.

²² Vgl. Corey I. Cheng und Gregory H. Wakefield: „Moving Sound Source Synthesis”, S. 65-67.

²³ Vgl. Marije A.J. Baalman: „Spatial Composition Techniques and Sound Spatialisation Technologies”, in: *Organised Sound* Vol.15, Nr. 3 (2010), S. 209.

²⁴ Vgl. Marlon Schumacher und Jean Bresson: „Spatial Sound Synthesis”, S. 272.

²⁵ Vgl. Marije A.J. Baalman: „Spatial Composition Techniques”, S. 210.

²⁶ Vgl. Jonas Braasch: „A Loudspeaker-Based Projection Technique”, S. 58.

²⁷ Vgl. Nils Peters: „The Spatial Sound Description”, S. 11.

²⁸ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.85.

²⁹ Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.60.

2. Lokalisation und Wahrnehmung

Bei der Lokalisation von Klängen sind neben spektralen Eigenschaften (Head-Related Transferfunctions) – den Filterungen von Kopf, Ohrmuschel und Oberkörper – auch Laufzeitunterschiede (Interaural Time Difference) und Pegelunterschiede (Interaural Intensity Difference) zwischen den beiden Ohren dafür verantwortlich, dass ein Richtungshören möglich ist.³⁰ Für gute Lokalisation eignen sich besonders kurze und breitbandige Signale, wie etwa Noise-Bursts. Diese lassen sich im Verhältnis zu Sinustönen oder Klängen mit schmälere Bändern besser orten.³¹ Auch eine diskrete Spatialisation kann in gewissen Umgebungen zu einer Verbesserung der Lokalisation führen.³² Die Wahrnehmung vom akustischen Geschehen erfolgt nicht nur anhand von statischen Objekten, sondern vor allem durch zeitliche Events.³³ Nach Husserl basiert die Wahrnehmung von Zeit und Klang auf einer Abfolge und Aneinanderreihung von subjektiven Momentaufnahmen, so genannten ‚now-points‘. Ausgehend vom letzten Moment entsteht eine Erwartungshaltung für den nächsten Moment. Auch Pierre Schaeffer beschreibt die Entstehung von Klangobjekten auf eine ähnliche Art und Weise. Seiner Meinung nach setzen sich Klangobjekte aus parallelen und sequentiellen akustischen Ereignissen zusammen, und formieren sich zu einer akustischen Einheit. Generell kann festgehalten werden, dass Schallereignisse mit einer Dauer von 0.5-5 Sekunden als in sich abgeschlossene Klangobjekte wahrgenommen werden können. Sind weniger als 20 Events pro Sekunde vorhanden, hören wir diese als einzelne, voneinander getrennte Schallereignisse. Bei mehr als 20 Events pro Sekunde sind wir nicht mehr in der Lage diese getrennt wahrzunehmen.³⁴

Durch Wiederholungen von Patterns können individuelle Eigenschaften von Klängen hervorgehoben und so deren Wahrnehmung beeinflusst werden.³⁵ Unabhängig davon wird das Publikum durch Wiederholungen für die räumlichen und kompositorischen Vorgänge sensibilisiert. „Dieser Ansatz entspräche in etwa der Wiederholung des Themas bei der klassischen Sonate. Ist das Thema eingeprägt, können die motivischen

³⁰ Vgl. Corey I. Cheng und Gregory H. Wakefield: „Moving Sound Source Synthesis“, S. 58.

³¹ Vgl. Corey I. Cheng und Gregory H. Wakefield: „Moving Sound Source Synthesis“, S. 75-76.

³² Vgl. Gerhard Eckel: „A Spatial Auditory Display for the CyberStage“, in: *Proceedings of the International Conference on Auditory Display* (1998), S. 3.

³³ Vgl. William Davy Cole: „Sound Installation and Time: Becoming, Place, and the Case for Performance“, in: *Perspectives of New Music* Vol. 56, Nr. 1 (Winter 2018), S. 19.

³⁴ Vgl. Rolf I. Godøy: „Images of Sonic Objects“, in: *Organised Sound* Vol. 15, Nr. 1 (2010), S.54-58.

³⁵ Vgl. Lelio Camilleri: „Shaping sounds, shaping spaces“, in: *Popular Music* Vol. 29, Nr. 2 (Mai 2010), S. 202-203.

Abspaltungen in der Durchführung besser nachvollzogen werden.“³⁶ Dabei spielt die Erinnerung an das zuvor Gehörte auch bei spatialen Gestalten eine wesentliche Rolle.³⁷ Für eine gute vertikale Ortung stellen neben dem Vorhandensein von Lautsprechern an den entsprechenden Stellen auch Frequenzen über 7 kHz eine wichtige Voraussetzung dar. Zudem können breitbandige bzw. kurze, impulsartige Signale die Lokalisation auf der vertikalen Ebene verbessern. Das Lokalisationsvermögen über dem Kopf und unterhalb des Körpers ist vergleichsweise schlecht ausgebildet. Hohe Frequenzen werden in der räumlichen Ortung tendenziell weiter oben positioniert als tiefe Frequenzen.³⁸ Diese sind im Gegensatz zu höheren Frequenzen schwer zu orten.³⁹ Wie bereits im Kapitel 1.4. erwähnt sind spatiale Kompositionen meist auf ein Zentrum hin – mit gleichmäßigen Abständen zu den Lautsprechern – konzipiert. Ist das der Fall und befindet sich die Hörposition außerhalb dieses Bereiches, kommt es zu einer geometrischen Verzerrung der Klangszene.⁴⁰ “The differences in perception among listeners in the inner room are analogous to perspective distortion. A sound moving along a circular path centered around the inner room would pass more closely to someone sitting close to a wall than to someone sitting in the center. After listening a while, however, all listeners should be able to agree on sound source locations regardless of where they sit in the inner room, at least as well as they could by listening through holes to actual sound sources moving about in a real outer room.”⁴¹ Wenn sich ein Klang im Raum bewegt führt das zu Änderungen der spektralen und dynamischen Eigenschaften. Durch unsere Erfahrung sind wir in der Lage daraus Bewegungen abzuleiten.⁴² Zusätzlich erlangen wir beim Hörvorgang Informationen über die akustische Umgebung, in der wir uns befinden.⁴³ „Klänge werden nicht nur als Eigenschaften einer Schallquelle und damit als Indikatoren für deren Ortung wahrgenommen, sondern sie können sich quasi zu Objekten verselbständigen mit regelrecht körperlichen Eigenschaften.“⁴⁴

³⁶ Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.61.

³⁷ Vgl. Marije A.J. Baalman: „Spatial Composition Techniques“, S. 210.

³⁸ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.66-67.

³⁹ Vgl. Denis Smalley: „Space-form and the acousmatic image“, in: *Organised Sound* Vol. 12, Nr. 1 (April 2007), S.46.

⁴⁰ Vgl. John M. Chowning: „The Simulation of Moving Sound Sources“, in: *Computer Music Journal* Vol. 1, Nr. 3 (Juni 1977), S.48.

⁴¹ F. Richard Moore: „A General Model for Spatial Processing of Sounds“, in: *Computer Music Journal* Vol. 7, Nr. 3 (Herbst, 1983), S. 8-9.

⁴² Vgl. Denis Smalley: „Space-form and the acousmatic image“, S.44-45.

⁴³ Vgl. F. Richard Moore: „A General Model for Spatial Processing of Sounds“, S. 6.

⁴⁴ Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.68.

2.1 Klang als Skulptur

Mit dem Begriff Skulptur werden dreidimensionale Kunstwerke aus unterschiedlichen Sparten beschrieben. Auch in der Musik – vor allem aber in der Elektroakustischen Musik und der Klangkunst – tauchen dreidimensionale, skulpturale oder plastische Bezeichnung für Klangformationen immer wieder auf. So wurde etwa Edgard Varèses Musik von Morton Feldman als ‚floating sculpture‘ bezeichnet.⁴⁵

“Für González-Arroyo wird Klang zum ‚fast‘ berührbaren Objekt im Raum. Dieser Moment wurde nicht nur einmal erlebt, er ist für den Komponisten reproduzierbar. Er selbst stellt sich jedoch die Frage, ob es sich um rein subjektive Wahrnehmung handelt. Er beschreibt weiter die Erkenntnis aus dem Arbeitsprozess, dass ein Zusammenwirken verschiedener Faktoren erforderlich ist, die den oder einen Raum erforschen müssen, damit es zu dieser Wahrnehmung kommt.“⁴⁶ Seiner Meinung nach sollte sich die Elektronische Musik in Zukunft noch mehr mit möglichen skulpturalen Ausformungen von Spatialisation auseinandersetzen.⁴⁷ Bernhard Leitner bezeichnet den musikalischen Ton in seinen Werken sogar explizit als Baumaterial, aus dem skulpturale Formen geschaffen werden können.⁴⁸ Wenn ein skulpturartiges Gebilde durch Klang erzeugt wird, steht dieses in einem unmittelbaren Verhältnis zur PerformerIn, ZuhörerIn, Umgebung, Zeit und Raum.⁴⁹ Stephen Handel zieht Vergleiche zwischen visuellen und auditiven Eindrücken von Objekten: „[...] the relationship between auditory and visual perception, regards the act of looking or listening as a creative process of constructing objects – the appearance of things, ‘and things exist in space and time simultaneously’. [...] ‘the usual distinction that vision gives us objects and audition gives us events is a trap. It misleads us into thinking about vision as a spatial sense and about audition as a temporal sense’. [...] Perhaps it is not surprising, therefore, that acousmatic music can be a quasi-visual, as much as an aural, experience – that visual and sounding space are not easily disengaged from each other.”⁵⁰

⁴⁵ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.41-42.

⁴⁶ Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.45-46.

⁴⁷ Vgl. Ramón González-Arroyo: „Towards a Plastic Sound Object“, in: *Raum. Konzepte in den Künsten, Kultur- und Naturwissenschaften*, hg. von Petra Ernst und Alexandra Strohmaier, Baden-Baden 2013 (1.Auflage), S. 239.

⁴⁸ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.48.

⁴⁹ Vgl. William Davy Cole: „Sound Installation and Time“, S. 29.

⁵⁰ Denis Smalley: „Space-form and the acousmatic image“, S.40.

3. Die Rolle des Raums

Die akustische Beschaffenheit eines Raums spielt eine wichtige Rolle. Denn auch sie beeinflusst die Lokalisation und gibt darüber hinaus Auskunft über Größe, Form und Material.⁵¹ Ein Raum kann entweder anhand dieser genannten physischen Eigenschaften, oder anhand seiner sich daraus ergebenden akustischen Verhaltensweisen, beschrieben werden.⁵² Dafür sind besonders Reflexionen von großer Bedeutung. Sie können in frühe Reflexionen, bis etwa 80 Millisekunden nach dem Direktschall, und Nachhall unterteilt werden. Die frühen Reflexionen beinhalten direkte Reflexionen von Oberflächen in der Nähe von Lautsprechern, Wänden, Boden und der Decke. Im Gegensatz dazu wurden die späteren Reflexionen des Nachhalls schon öfter reflektiert und resultieren dadurch in einem diffuseren Klangbild.⁵³

Raum und Musik haben seit jeher ein untrennbares Verhältnis zueinander. Doch seitdem der Raum vermehrt als musikalischer Parameter behandelt wird, hat sich dieses Verhältnis noch intensiviert. Auch die Aufführungspraxis, und die Wahrnehmung wie Musik gehört und bewertet wird, haben sich dadurch verändert.⁵⁴ „Mit dem Eindringen des Raumes in die Musik tritt letztlich ein neues raum-zeitliches Kompositionskonzept in verschiedenen handwerklichen Ausfertigungen in Kraft [...]“. ⁵⁵ Der musikalische Raum kann auf zwei unterschiedliche Arten verstanden werden. Als mehr oder minder passive Umgebung für Musik, oder als aktive Umgebung die selbst, unter Einbeziehung von Mitteln wie Lautsprecher und Reflexionen, Teil der Musik wird. Eine entstehende Klangsituation besteht aus einer Kombination von reflektiertem Schall (Raumeinhüllung) und direktem Schall der Lautsprecher (Quelleneinhüllung).⁵⁶

Neben den bereits genannten Eigenschaften, kann der Raum auch durch die jeweiligen Hörpositionen des Publikums Einfluss auf die Musik nehmen (vergleichbar mit dem in Kapitel 2 erwähnten Sweetspot). An jeder Stelle des Raums ist der wahrgenommene Klang ein Unikat. Er formt sich aus einem individuellen Verhältnis von zuhörenden

⁵¹ Vgl. Marlon Schumacher und Jean Bresson: „Spatial Sound Synthesis“, S. 277.

⁵² Vgl. Jean-Marc Jot: „Real-time spatial processing of sounds for music“, S. 15.

⁵³ Vgl. Marije A.J. Baalman: „Spatial Composition Techniques“, S. 214.

⁵⁴ [1] Vgl. S.2 http://www.gisela-nauck.de/texte/2008_VortragWuerzburg1.pdf

⁵⁵ [1] S.9 http://www.gisela-nauck.de/texte/2008_VortragWuerzburg1.pdf

⁵⁶ Vgl. Gerriet K. Sharma, *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen*, S.80-81.

und aufführenden Personen, sowie der Umgebung.⁵⁷ Durch ein freies Bewegen im Aufführungsraum können de facto unendlich viele Hörpositionen, und dadurch unendlich viele Varianten einer Komposition entstehen. Bezüglich dieser Ansicht sind die Meinungen einzelner KomponistInnen dennoch sehr konträr:

Henry Pousseur schrieb 1959, dass es denkbar wäre einen Raum zu schaffen, in dem unabhängige Schallquellen – in Form von Lautsprechern und Livemusik – verteilt sind. Die teilnehmenden Personen könnten sich frei bewegen und sich den einzelnen Schallquellen nähern, oder sich von ihnen entfernen. Dadurch wären sie in der Lage eigene Wahrnehmungen der Klänge zu gestalten.⁵⁸ Auch John Cage stand einem freien Verhalten des Publikums im Konzertsaal positiv gegenüber. Neben Herumgehen waren für ihn auch Reden, Flüstern oder Rufen zulässige Verhaltensweisen. Bei einigen seiner Kompositionen wie *Musicircus* (1967), *Reunion* (1968) oder *HPSCHD* (1967-1969) konnte sich das Publikum im Raum bewegen, und dadurch unterschiedliche akustische und visuelle Eindrücke erfahren. Pierre Bulez vergleicht ein Musikstück mit einem architektonischen Gebäude. Um ein Gebäude zu erforschen genügt es nicht, dieses nur von einer Stelle von außen zu betrachten. Man muss durch die einzelnen Räume gehen und die Inneneinrichtung begutachten, um eine vollwertige Erfahrung zu erlangen.⁵⁹

Iannis Xenakis hingegen äußerte sich Mitte der 1990er Jahre kritisch: “The problem is that when people move around they cannot listen in the same way, they do not concentrate on the music. They do not know how to pay attention while walking [...]. Besides, they are distractive, they annoy other people who are listening, when they move.”⁶⁰

⁵⁷ Vgl. William Davy Cole: „Sound Installation and Time“, S. 26.

⁵⁸ [1] Vgl. S.6 http://www.gisela-nauck.de/texte/2008_VortragWuerzburg1.pdf

⁵⁹ Vgl. Maja Trochimczyk: „From Circles to Nets. On the Signification of Spatial Sound Imagery in New Music“, in: *Computer Music Journal* Vol. 25, Nr. 4 (Winter 2001), S. 50-53.

⁶⁰ Maja Trochimczyk: „From Circles to Nets“, S. 50.

4. Dekonstruktion und Wiederverwendung von Musik

4.1. Allgemein

Bei Dekonstruktionen wird aus Bestehendem etwas Neues.⁶¹ „Sobald das durch Montage und Transformation zugerichtete Material seine alte Identität verliert und in der neuen musikalischen Struktur aufgeht, hat es eine neue Funktion und Qualität.“⁶²

Die Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung war schon immer fester Bestandteil der musikalischen Praxis. Über die Zeit haben sich jedoch die Arbeitsweisen entsprechend der jeweiligen Gegebenheiten verändert.⁶³ Schon im 13. Jahrhundert und während musikhistorischen Epochen, wie Renaissance oder Barock, wurden immer wieder Ideen, Konzepte und Melodien von bereits existierenden Werken übernommen und abgewandelt.⁶⁴ Auch Berühmtheiten wie Johann Sebastian Bach oder Charles Ives haben mit bestehendem Material gearbeitet.⁶⁵ Igor Stravinsky tätigte die Aussage: „Ein guter Komponist imitiert nicht, er stiehlt.“⁶⁶ Diese Herangehensweise ist nicht nur für die Musik, sondern auch bei anderen Kunstformen gängige Praxis. Bei der Dekonstruktion von Musik handelt es sich in der Regel um Tonaufnahmen, Notenmaterial, Klänge oder Ideen, die als Inspirationsquelle und Ausgangspunkt für neue Werke herangezogen werden. Dabei können die Klangmaterialien, wie es z.B. beim Sampling üblich ist, als eine Art *Ready-Made* (nach Marcel Duchamp) betrachtet werden. Ähnlichkeiten mit dem Original werden oftmals als spannend empfunden, da sie sowohl das Original, als auch das Neue verkörpern.⁶⁷

Bereits in den 1920er Jahren gab es Ansätze bestehende Audioaufnahmen zu verwenden, um damit Neues zu schaffen. Bei einem Experiment des Dadaisten Stephan Wolpe wurden acht Grammophone mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten,

⁶¹ [2] Vgl. <http://www.deconstruction-in-music.com/j-s-bach/specters-of-bach/400>

⁶² Rolf Großmann: „Collage, Montage, Sampling. Ein Streifzug durch (medien-) materialbezogene ästhetische Strategien“, in: *Sound. Zur Technologie und Ästhetik des Akustischen in den Medien*, hg. von Harro Segeberg und Frank Schätzlein, Marburg 2005, S. 325.

⁶³ [2] Vgl. <http://www.deconstruction-in-music.com/j-s-bach/specters-of-bach/400>

⁶⁴ Vgl. Manuella Blackburn: „Editorial. Borrowing, quotation, sampling and plundering“, in: *Organised Sound* Vol. 24, Nr. 2 (August 2019), S. 119.

⁶⁵ Vgl. Kyle Adams: „What Did Danger Mouse Do? The Grey Album and Musical Composition in Configurable Culture“, in: *Music Theory Spectrum* Vol. 37, Nr. 1 (Frühling 2015), S. 11.

⁶⁶ [3] Vgl. <http://www.plunderphonics.com/xhtml/xplunder.html>

⁶⁷ Vgl. Manuella Blackburn: „Editorial. Borrowing, quotation, sampling and plundering“, S. 115.

gleichzeitig abgespielt.⁶⁸ Ein weiteres frühes Werk ist das Stück *Weekend* (1930) von Walter Ruttmann, das aus einer vorhandenen Lichttonspur gefertigt wurde. Etwa 20 Jahre später machte sich die *Musique concrète* rund um Pierre Schaeffer zur Aufgabe, aufgenommene Klänge (*Objects sonore*) in eine musikalische Form zu übersetzen. So wurden aus den ursprünglichen *Objects sonore* die *Objects musicale*.⁶⁹ Zu nennen ist das 1948 von Pierre Schaeffer komponierten Stück *Étude aux chemins de fer*, in dem er Klänge von Zügen verarbeitete.⁷⁰

Der künstlerischen Bearbeitung von Klängen geht die Möglichkeit der Aufnahme voraus. Die Entwicklung von Aufnahme- und Wiedergabegeräten hatte einen enormen Einfluss auf die Musik. Unterschiedliche Medien, von der Schallplatte über das Tonband bis hin zur CD, wurden neben ihrer intendierten Verwendung – der Wiedergabe – auch als Klangerzeuger neuer Musik umfunktioniert.⁷¹ Der Musikjournalist Kodwo Eshun sagt in einem Interview: „Es ist schon lange klar, dass Plattenspieler nicht bloß Abspielgeräte sind, sondern Maschinen, die der Rekombination von Klängen dienen. [...] Jeder kann Musik aus Musik machen. [...] Es ist etwas, das zum Grundverständnis des späten 20. Jahrhunderts gehört.“⁷²

Neben Ausschnitten von, in Form von Tonträgern veröffentlichter, Musik wird auch häufig auf Klangmaterial von Archiven oder Bibliotheken zurückgegriffen. Ohne die Nutzung von bereits existierendem Material, gäbe es weitaus weniger Musik. Das Sampling ist nicht nur in der Elektroakustischen Musik, sondern vor allem in der Populärmusik, wie man am Beispiel von HipHop erkennen kann, gängige Praxis.⁷³ Wichtig zu erwähnen ist, dass es sich beim Sampling um einen Vorgang zur Gestaltung und Adaptierung eines Samples an sich handelt, und nicht um die Veränderung der ursprünglichen Musik.⁷⁴ „Die Grenze einer Ästhetik des Sampling zu einer Ästhetik

⁶⁸ Vgl. Vladimir Radinović, *Applying sound art research in modern electronic music production Glitch, Loop, Plunderphonics and Sound Collage as tools of production*, Masterarbeit, University of Jyväskylä, 2011, S. 19.

⁶⁹ Vgl. Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 315-316.

⁷⁰ Vgl. Manuella Blackburn: „Editorial. Borrowing, quotation, sampling and plundering“, S. 119.

⁷¹ Vgl. Lelio Camilleri: „Shaping sounds, shaping spaces“, S. 199.

⁷² Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 309.

⁷³ Vgl. Manuella Blackburn: „Editorial. Borrowing, quotation, sampling and plundering“, S. 115.

⁷⁴ Vgl. Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 321.

des DJ-ing oder der analogen Phase der *Musique concrète* ist deshalb nur so schwer zu erkennen, weil Sampling die Elemente vorheriger Strategien mitenthält.“⁷⁵

Bei einigen Werken wird das ‚ausgeborgte‘ Material so weit verfremdet, dass es aus klanglicher Sicht nicht mehr mit dem Original in Zusammenhang gebracht werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieses Szenario in Elektroakustischer Musik sehr oft der Fall ist. Wenn die Klänge nicht synthetisch generiert oder selbst aufgenommen werden, muss das Material von bereits existierenden Aufnahmen stammen. Auch in derartigen Extremfällen der Verfremdung wird oft die Frage von Urheberrecht und Eigentum gestellt. Der Musiker John Oswald behandelt in seiner Musik diese Thematik und führt diese ad absurdum, in dem er auf überdurchschnittlich viele, und zum Teil sehr kurze, Samples zurückgreift. Es gibt keinen Grenzwert wie lange ein musikalisches Sample sein muss, um als solches definiert zu werden. Es kann von ein paar Millisekunden bis hin zu einem kompletten Stück reichen.⁷⁶ „A fragment is contextually inextricable from the whole. There is meaning and value in very short durations – even a few milliseconds [...]“⁷⁷

4.2 Plunderphonics

Plunderphonics bezeichnen eine durch John Oswald geprägte Arbeits- und Kompositionsweise, die auf bereits existierendem Audiomaterial aufbaut. Das Besondere ist, dass die Nutzung der Samples ohne die dafür notwendigen Urheberrechte oder Lizenzen erfolgt. Auch der Begriff *Plunderphonics* selbst referenziert dabei auf Audio-Piracy bzw. Musik-Piraterie.⁷⁸ „John Oswalds *Plunderphonics*, [...] gehen konsequent den Weg der aktiven Um-Gestaltung von Klassikern aus dem Medienpool der populären U- und E-Musik im Sinne einer eigenen Lesart der Vorlage.“⁷⁹ Durch Änderungen der Abspielgeschwindigkeit von Samples, ergeben sich *Accelerandi* bzw. *Riterdandi*, die teils ironische Wirkungen gegenüber dem Original erzeugen.⁸⁰ Oft ist das Ausgangsmaterial klar erkennbar, und dadurch auch der Transformationsvorgang nachvollziehbar. Dennoch gibt es bei einigen

⁷⁵ Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 322.

⁷⁶ Vgl. Manuella Blackburn: „Editorial. Borrowing, quotation, sampling and plundering“, S. 117-118.

⁷⁷ Kevin Holm-Hudson: „Quotation and Context. Sampling and John Oswald's Plunderphonics“, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 7 (1997), S. 21.

⁷⁸ Vgl. Vladimir Radinović, *Applying sound art research in modern electronic music production*, S. 18.

⁷⁹ Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 317.

⁸⁰ Vgl. Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 318.

Stücken Passagen, die so stark manipuliert wurden, dass ein Erkennen der ursprünglichen Quelle nicht mehr möglich ist.⁸¹ Oswald selbst bezeichnet als *plunderphone* die kleinste musikalische Einheit, die als Zitat erkannt werden kann. Laut eigenen Angaben liegt die Grenze bei etwa 10 Millisekunden.⁸² Solche Zitate können nur mit dem Hintergrundwissen ihres eigentlichen Ursprungs als solche identifiziert und verstanden werden.⁸³

Zur Entstehung von *Plunderphonics*: Im Jahr 1989 brachte der kanadische Musiker John Oswald ein Album mit dem Titel *plunderphonics* heraus. Die CD besteht aus 24 Stücken, die durch digitale Verarbeitung von Samples entstanden. Er verschickte die CD an Radiostationen, Bibliotheken und an einige MusikerInnen, auf deren Samples er zurückgriff. Aufgrund von Klagen bezüglich Urheberrechtsverletzungen musste Oswald 308 der ursprünglich 1000 Exemplare abgeben.⁸⁴ Für dieses Album verwendete er unter anderem Audiomaterial von Michael Jackson, Duke Ellington und Ludwig van Beethoven. Das Besondere an seinem Kompositonsvorgang ist, dass er ausschließlich auf existierendes Material zurückgreift.⁸⁵

Die Herangehensweise von John Oswald inspirierte einige KünstlerInnen. Unter ihnen befindet sich etwa Marc Leclair (aka Akufen), der mit extrem kurzen Samples – sogenannten Microsamples – komponiert.⁸⁶ Ebenfalls zu erwähnen ist Gregg Gillis, der es sich zur Aufgabe gemacht hat möglichst viele Samples zu verwenden. Sein aus 14 Tracks bestehendes Album *Feed the Animals* beinhaltet etwa 322 unterschiedliche Samples. Er spricht den einzelnen Samples eine ähnliche Funktion, wie den Bildern in einem Foto-Mosaik zu. Um das gesamte Kunstwerk zu begreifen ist es nicht notwendig die einzelnen Bestandteile zu erkennen.⁸⁷

⁸¹ Vgl. Paul Sanden: „Virtual liveness and sounding cyborgs. John Oswald's 'Vane'“, in: *Popular Music* Vol. 31, Nr. 1 (Jänner 2012), S. 55.

⁸² Vgl. Kevin Holm-Hudson: „Quotation and Context“, S. 21.

⁸³ Vgl. Ragnhild Brøvoig-Hanssen und Paul Harkins: „Contextual incongruity and musical congruity. The aesthetics and humour of mash-ups“, in: *Popular Music* Vol. 31, Nr. 1 (January 2012), S. 91.

⁸⁴ Vgl. Jim Leach: „*Sampling and Society. Intellectual Infringement and Digital Folk Music in John Oswald's 'Plunderphonics'*“, in: *The Arts, Community and Cultural Democracy*, hg. von Lambert Zuidervaat und Henry M. Luttikhuisen, Berlin 2000, S.122.

⁸⁵ Vgl. Paul Sanden: „Virtual liveness and sounding cyborgs“, S. 53.

⁸⁶ Vgl. Rolf Großmann: „*Collage, Montage, Sampling*“, S. 326-327.

⁸⁷ Vgl. Kyle Adams: „What Did Danger Mouse Do?“, S. 11.

4.3 Mashups

Mashups haben ihren Ursprung in der DJ-Kultur von HipHop, Rap und R'n'B. Nach Michael D. Ayers werden bei der Produktion von Mashups zwei oder mehr voneinander unterscheidbare Songs synchronisiert und überlagert. Häufig wird z.B. die Stimme eines Tracks mit der Instrumentalspur eines anderen kombiniert.⁸⁸ Diese Art von Mashup wird als A+B Mashup bezeichnet. Normalerweise wird eine der beiden Spuren nicht verändert, die andere jedoch in Bezug auf Tempo und Tonhöhe angepasst.⁸⁹ Anders als die Plunderphonics von Oswald, verfügen Mashups über eine, für die Populärmusik typische, Songstruktur. Diese Gliederung ergibt sich meist aus den für das Mashup verwendeten Stücken. Eine zentrale Gemeinsamkeit von Plunderphonics, Turntablism und Mashups bildet die explizite Verwendung von Samples und deren Manipulation, um daraus neue Musik zu kreieren. Unterscheidungen finden sich hingegen in der Produktions- bzw. Aufführungspraxis. Plunderphonics werden durch längere Arrangierungsprozesse am Computer erzeugt, Turntablism hingegen ist eine Live-Performance. Mashups können sowohl im Studio, als auch in einem Livekontext entstehen.⁹⁰

Durch die stärkeren Computer und die bessere Möglichkeit der Distribution über das Internet wurden Mashups zu Beginn der 2000er Jahre immer beliebter, und Dank Produzenten wie Soulwax und der 2005 auf MTV laufenden Sendung *Ultimate Mash-Ups* zu einem Pop-Phänomen.⁹¹ Die Produktion von Mashups kann neben einer humoristischen Provokation, auch als Aktivismus für eine größere Verfügbarkeit von gratis Samples verstanden werden.

Doch nicht alle Mashups können als politische Statements gedeutet werden. Der amerikanische Musiker Danger Mouse (Brian Burton), der eines der bekanntesten Mashups – *The Grey Album* – produzierte sagt, dass er mit dem Album kein Urheberrecht verletzen, sondern ein Kunstprojekt schaffen wollte. *The Grey Album* wurde im Jahr 2004 veröffentlicht und verbindet das *White Album* der Beatles (1968) mit dem Gesang von *The Black Album* von Jay-Z (2003). Ein Reiz hinter der Erzeugung

⁸⁸ Vgl. Ragnhild Brøvoig-Hanssen und Paul Harkins: „Contextual incongruity“, S. 89-92.

⁸⁹ Vgl. Kyle Adams: „What Did Danger Mouse Do?“, S. 8.

⁹⁰ Vgl. Paul Sanden: „Virtual liveness and sounding cyborgs“, S. 54.

⁹¹ Vgl. Ragnhild Brøvoig-Hanssen und Paul Harkins: „Contextual incongruity“, S. 90.

von Mashups kann auch jener sein, möglichst unterschiedliche Songs miteinander zu kombinieren. Wie z.B. Punk mit Funk oder aktuelle Charts mit Heavy Metal.⁹²

Ein Beispiel hierfür stellt das von Soulwax erzeugte Mashup *Smells like Booty* dar. Es ist eine Kombination aus dem Song *Smells like Teen Spirit* von Nirvana (1991) und *Bootylicious* von Destiny's Child (2001). Ein weiteres Beispiel ist *Oops! . . . The Real Slim Shady Did It Again*. Dieses Mashup verwendet *The Real Slim Shady* von Eminem (2000) und *Oops! I Did It Again* von Britney Spears (2000).⁹³

Mashups werfen eine nicht leicht zu beantwortende Frage bezüglich Deklaration von Kunstwerken als solche, sowie deren Urheberrecht auf: "[...] It is hard to determine what sort of an artwork a mashup is, and what its producer has done; the producer did not compose any of the source material, and yet the creators of that source material did not compose the mashup."⁹⁴

⁹² Vgl. Ragnhild Brøvoig-Hanssen und Paul Harkins: „Contextual incongruity“, S. 88-90.

⁹³ Vgl. Kyle Adams: „What Did Danger Mouse Do?“, S. 7-9.

⁹⁴ Kyle Adams: „What Did Danger Mouse Do?“, S. 7.

5. Kompositorische Ansätze und Schwerpunkte

Im Zentrum meiner Arbeit stehen neben musikalischen und physikalischen Räumen, auch deren Wechselwirkungen. Dabei treten bestimmte Fragen immer wieder auf, die es entsprechend der vorherrschenden Situation zu beantworten gilt: Wie verhält sich Schall, wenn er von der einen oder anderen Seite des Raumes erklingt, oder sich von A nach B bewegt? Wie wird der Raum dadurch angeregt und in weiterer Folge selbst zum Akteur? Welche Rolle spielen verschiedene Hörpositionen im Raum? Und wie kann ich diese Beobachtungen verwerten?

Neben den Klang-Raum-Beziehungen ist die Arbeit mit Zufallsoperationen und Repetitionen von Rhythmen bzw. musikalischen Abfolgen von zentraler Bedeutung. Die erzeugten Klänge lassen sich am besten mit den Adjektiven flächig, geräuschhaft und ‚glitchy‘ beschreiben.

Ein Schwerpunkt meines kompositorischen Interesses gilt zudem der Adaptierung und unkonventionellen Verwendung von Lautsprecher-Systemen. Dabei fungieren die Lautsprecher nicht nur als reines Medium einer möglichst unverfälschten Wiedergabe von Audiomaterial, sondern werden durch „*hashing*“ – einer radikalen Art der Ansteuerung – selbst zu Klangerzeugern. Im folgenden Kapitel werde ich näher auf die Entstehung und Funktionsweise des *hashings* eingehen.

5.1 Hashing als Spatialisations-Technik

5.1.1 Allgemein

Begriff: *hashing*, auf Deutsch „zerhacken“.

Die Methode des *hashings* ist das Ergebnis eines, sich über die letzten Jahre stetig verändernden und andauernden Prozesses, bei dem Lautsprecher und deren (unkonventionelle) Nutzung als räumlich-kompositorisches Gestaltungsmittel künstlerisch erforscht werden.

Hashing bezeichnet dabei eine spezielle Form der Spatialisation, bei der einzelne Lautsprecher mit einem Mono-File diskret angesteuert werden. Durch harte und abrupte Wechsel zwischen den Membranen wird das Audiomaterial ‚zerhackt‘. Es kommt zu Diskontinuitäten und charakteristischen Artefakten, die in Form von impulsartigen Glitches hörbar werden. Diese Klicks sind allesamt Unikate und abhängig von momentaner Amplitude, Position im Soundfile und spektralen Eigenschaften.

Anhand des folgenden Beispiels (Abb. 1) werden die akustischen Auswirkungen der abrupten Lautsprecherwechsel in Form von Diskontinuitäten im Signal sichtbar:

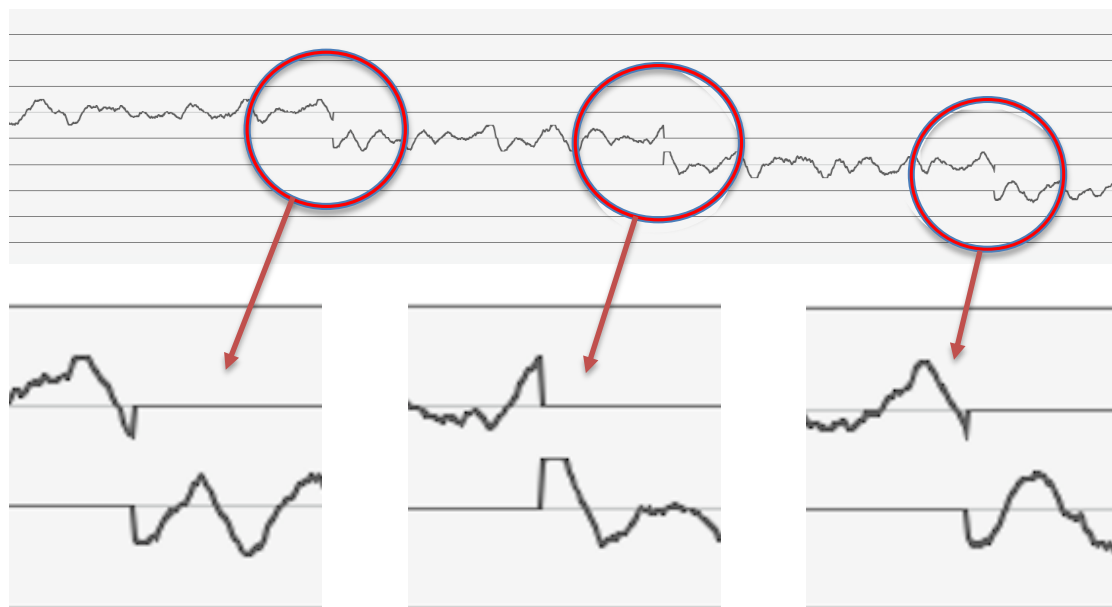


Abb. 1: Offset

Bei schnellen Wechseln zwischen den Lautsprechern, können die ‚zerhackten‘ Einzelteile im Bereich von Millisekunden liegen. Ist das der Fall, ist es nicht mehr möglich diese als eigenständige Elemente wahrzunehmen. Sie verbinden sich zu einer zusammenhängenden, geräuschhaften Textur. Da zu einem Zeitpunkt immer nur ein Lautsprecher aktiv bespielt wird, kann der zugrundeliegende Ansatz als ein Zeitlich-Serieller bezeichnet werden. Aufgrund der minimalistischen Funktionsweise, wird dem klanglichen und räumlichen Verhalten mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Durch Repetition und die Verwendung mehrerer, im Raum verteilter Lautsprecher, können dreidimensionale akustische Objekte erzeugt werden.

Generell kann festgehalten werden, dass für *hashing* ein homogenes, flächiges und breitbandiges Klangmaterial ohne Rhythmus besonders gut geeignet ist. Als Ausgangsmaterial können beliebige Aufnahmen oder fertige Kompositionen herangezogen werden. Im Zuge des *hashings* werden diese einer Dekonstruktion unterzogen, und möglicherweise bis zur Unkenntlichkeit verändert. Das *hashing* als Spatialisation-Technik ist kein Selbstzweck. Der Raum fungiert dabei als aktiver, essentieller und untrennbarer Teil der Komposition. Demnach spielen neben den, durch die Technik gewonnenen klanglichen Ergebnissen, auch die räumlichen Wirkungen eine zentrale Rolle.

Wichtig zu erwähnen ist, dass das *hashing* im Rahmen des Reproduktions-Prozesses selbst erfolgt. Dabei sind Reproduktion und die daraus resultierenden klanglichen Veränderungen unmittelbar miteinander verbunden. Durch diese Herangehensweise lassen sich Parallelen zu anderen künstlerischen Formen und Techniken, wie Turntablism oder Mashups ziehen.

5.1.2 Entstehung und Anwendungen

Das *hashing* wurde im Jahr 2018 im Rahmen des multidisziplinären Theater-Projektes *Ariadne, ein Melodram* an der KUG entwickelt. Um die, durch das *hashing*, geschaffene Rolle der Lautsprecher als aktive Klanggeneratoren noch zu verstärken, wurden zwei der am IEM entwickelten Würfellautsprecher auf der Bühne platziert und im Zuge eines szenischen Aktes mit Alufolie umhüllt. Dadurch wurde eine zusätzliche Membran geschaffen, welche die klangliche Charakteristik der Lautsprecher dahingehend veränderte.

Von den beiden Stücken des Melodramas ausgehend entwickelte sich die Audioinstallation *Orbits 1&2*, die sowohl am Next Generation Festival am ZKM Karlsruhe, als auch bei der Ausstellung, „Wenn die Räume Träumen klingen die Ohren“ im Forum Stadtpark Graz im Jahr 2019 ausgestellt wurde. Die zunächst anhand der Würfellautsprecher erprobte *hashing*-Technik wurde für die Installation am ZKM für 12 einzelne Lautsprecher adaptiert und fortan weiterentwickelt. Bis dato entstanden Werke für Liveperformance und Fixed-Media, sowie Installationen.

6. Above 1700 (für 24 solo Lautsprecher)

Das Stück *Above 1700* wurde im Rahmen des Elevate Festivals am 5.3.2020 im Mumuth Graz uraufgeführt. Für diesen Anlass wurden 24 Lautsprechern des GRM Acousmoniums bespielt. Das Stück hat eine Dauer von 8'56''.

6.1 Programmtext

Eine aus Feedback, Additiver- und Granularsynthese erzeugte flächige Komposition (Above) dient als Klangmaterial. Sie wird mittels hashing – einer diskreten Ansteuerung – auf 24 Lautsprecher im Raum verteilt und im Zuge dessen einer Dekonstruktion unterzogen. Dabei entstehen unterschiedliche repetitive Patterns in Form von dreidimensionalen akustischen Objekten.

Das zugrundeliegende Spatialisations-System hashing verwendet ein simples Amplituden-Panning um die einzelnen Lautsprecher zu adressieren. Aufgrund der harten Wechsel von Membran zu Membran entstehen impulsartige Artefakte, die dem Stück nicht nur eine zusätzliche klangliche Charakteristik, sondern auch eine – bis dato nicht vorhandene – rhythmische Struktur, verleihen. Gleichzeitig führen die Klicks zu einer Verbesserung der räumlichen Lokalisation.

Durch eine Beschleunigung der zyklischen Bewegungen zwischen den Lautsprechern können zudem geräuschhafte Texturen erzeugt werden. Entsprechend der räumlichen Positionierung der Lautsprecher und der jeweiligen Hörposition, kommt es zu individuellen Filterungen der einzelnen Klangevents. Dadurch wird der Raum selbst zu einem zentralen Akteur der Komposition.

Um unterschiedliche Nuancen der Komposition zu erfahren, wird dem Publikum nahegelegt sich frei im Raum zu bewegen.

6.2 Allgemein

Für den künstlerischen Teil dieser Masterarbeit sollte das Stück ursprünglich für den IKO adaptiert, und auf diesen übertragen werden. Doch schon beim ersten Versuch stellte sich heraus, dass der IKO kaum Klicks beim Wechsel der Membrane erzeugte. Auch die Lokalisation über direkten und indirekten Schall (aufgestellte Reflektoren und sonstige Reflexionsflächen im Raum) war nicht präzise genug. Aus diesem Grund habe ich mich dazu entschlossen, mit der Hemisphäre des IEM CUBEs zu arbeiten.

Wie bereits im Programmtext erwähnt, wurde für die Umsetzung von *Above 1700* eine fertige Komposition als Ausgangsmaterial herangezogen, und durch *hashing* in ihrer bisherigen Form verändert. Die vormalige Charakteristik geht dabei nahezu gänzlich verloren. Aus diesem Grund werde ich nicht näher auf die Entstehung und Form der ursprünglichen Komposition eingehen.

Da das Stück für Live-Spatialisation konzipiert wurde, existiert keine endgültige Version, sondern lediglich eine endliche Anzahl von Versionen bzw. Interpretationen. Aus diesem Grund halte ich eine detaillierte musikalische Analyse des Stückes für nicht relevant. Jedoch werde ich sowohl auf kompositorische Überlegungen, als auch auf die technische Umsetzung eingehen. Bei der für diese Masterarbeit eingereichte Aufnahme handelt es sich um eine Version, die ich als repräsentativ erachte.

Ziel der Komposition ist es durch minimalistische Ansätze große klangliche und räumliche Effekte zu erzielen. Dabei soll der Produktionsvorgang möglichst transparent und nachvollziehbar sein.

6.3 Aufbau

Das Stück orientiert sich zeitlich und in Bezug auf seine Form am verwendeten Soundfile, das mit originaler Geschwindigkeit abgespielt wird. Es beginnt mit einem langsamen und gleichmäßigen Wechsel zwischen zwei Lautsprechern und wächst allmählich in der Anzahl der verwendeten Lautsprecher. Jede verwendete Lautsprecherkombination wird mehrmals wiederholt, um diese in ihrer Form und Abfolge als eine abgeschlossene Form zu etablieren. Wird eine Variation einer etablierten Abfolge erzeugt, z.B. indem ein Lautsprecher durch einen anderen ersetzt wird, oder der sich wiederholende Zyklus kürzer oder länger wird, ist diese

Veränderung sehr deutlich erkennbar. Der gesamte Spatialisations-Ablauf stellt eine Improvisation dar, die mit möglichst wenig Tempoänderungen arbeitet.

Die Anordnung der 24 Lautsprecher des CUBE's gliedert sich in drei Ringe, wobei der unterste aus 12, der mittlere aus acht, und der oberste aus vier Lautsprechern besteht. Entsprechend der Lautsprecheranzahl können unterschiedliche Patterns aus einer Kombination von zwei bis maximal 24 Lautsprechern entstehen. Die erzeugten Patterns werden zudem von den räumlichen Positionen der bespielten Lautsprecher, der sich daraus ergebenden Filterungen durch den Raum und der Hörposition beeinflusst. Wird ein einzelner Lautsprecher verwendet, so wird das Signal unverändert und kontinuierlich abgespielt. Es muss festgehalten werden, dass im Gegensatz zu herkömmlichen Arbeitsweisen mit Multikanal-Setups, dezidiert keine fließende Kontinuität des Klangs durch Panning erwünscht ist.

6.4 Programmierung in SuperCollider

Die Komposition wurde mit Hilfe der Programmierumgebung von SuperCollider realisiert. Das entwickelte System basiert auf einem einfachen Amplituden-Panning, das in Echtzeit gesteuert werden kann. Im Laufe des Kompositionsprozesses wurden diverse Steuerungsmöglichkeiten erprobt und das Interface dahingehend erweitert. Mit der Zeit kristallisierten sich einige, für die Komposition essentielle Funktionalitäten heraus. Die anderen Implementierungen wurden verworfen. So wurde etwa Anfangs die SuperCollider Extension-Klasse VBAP (Vector Base Amplitude Panning) für die Verteilung im Raum herangezogen. Einer der Hauptgründe dieser Entscheidung war, dass die Klasse unter anderem einen Parameter namens ‚spread‘ beinhaltet, der das Panning auf mehrere Lautsprecher ausweiten kann, um dadurch weichere und großflächigere Übergänge zu erzeugen. Auch die Option die, beim Wechsel der Lautsprecher entstehenden Klicks, zu glätten oder gar zu eliminieren wurde nach kurzer Zeit verworfen. Das gleiche gilt für die künstliche Filterungen der zerhackten Elemente, oder die Einbeziehung von stillen Elementen, um rhythmische Variationen zu erzeugen. Zudem wurden zwischenzeitlich mehrere Presets für rhythmische Pattern-Variationen verwendet. Diese Presets aus vorgefertigten Rhythmen, waren entweder abhängig, oder unabhängig vom eingestellten Wert des *Duration-Sliders*.

Den Kern der Programmierung stellt ein *SynthDef* dar (siehe Abb. 2). Bei einem *SynthDef* handelt es sich um eine Repräsentation einer Synthdefinition auf der SuperCollider Client-Seite. Beim Evaluieren des *SynthDefs* wird dieser an den Server geschickt und mit den jeweiligen Argumenten abgespeichert. Die übergebenen Argumente können in weiterer Folge verändert werden. Die Server-Seite von SuperCollider verwendet Synthdefinitionen als Vorlage um *Synth-Nodes* zu erzeugen. Die *SynthDef*-Klasse von SuperCollider wird wie folgt beschrieben: “The *SynthDef* class encapsulates the client-side representation of a given def, and provides methods for creating new defs, writing them to disk, and streaming them to a server.”

```
SynthDef(\sample, {arg out = 0, bufnum, amp = 1;
    var sig;
    sig = PlayBuf.ar(1, e, doneAction: 2);
    Out.ar(out, sig * amp)
}).add;
```

Abb. 2: *SynthDef*

Der für die Komposition verwendete *SynthDef* (siehe Abb.2) ist sehr schlicht aufgebaut. Er verfügt über drei Argumente: *out*, *bufnum* und *amp*. Der Ugen *Playbuf.ar* spielt das, in einen Buffer geladene, Monofile von Beginn bis zum Ende ab. Es kommt zu keinen Veränderungen der Abspielrate oder sonstigen Modifikationen. Sobald der Player das Soundfile fertig abgespielt hat, wird der erzeugte Synth durch die *doneAction:2*, gelöscht. Das Argument *bufnum* stellt den Index für den verwendeten Buffer dar und wird nicht verändert.

Verändert werden hingegen die Werte der beiden Argumente *out* und *amp*. Dies erfolgt über einen Eventstreamplayer in Form eines *Pbinds* (siehe Abb.3). Die Einbindung von *Pdefn* ermöglicht eine Echtzeit-Steuerung des *hashings*. Die Bedienung erfolgt über eine grafische Benutzeroberfläche.

```
p = (
    Pbind(
        \type, \set,
        \args, [\out, \amp],
        \id, x.nodeID,
        \amp, Pdefn(\amp),
        \out, Pdefn(\out),
        \dur, Pdefn(\dur)
    );
);
```

Abb.3: *Pbind*

6.5 Grafische Benutzeroberfläche (GUI)

Sobald der Code evaluiert wird, startet die grafische Benutzeroberfläche und mit ihr die Komposition. Mit dem Interface können diverse Parameter der – durch den *Pbind* – entstehenden Patterns in Echtzeit adaptiert werden.

Die grafische Benutzeroberfläche gliedert sich in vier horizontale Reihen, die aus Slidern bzw. Buttons bestehen.

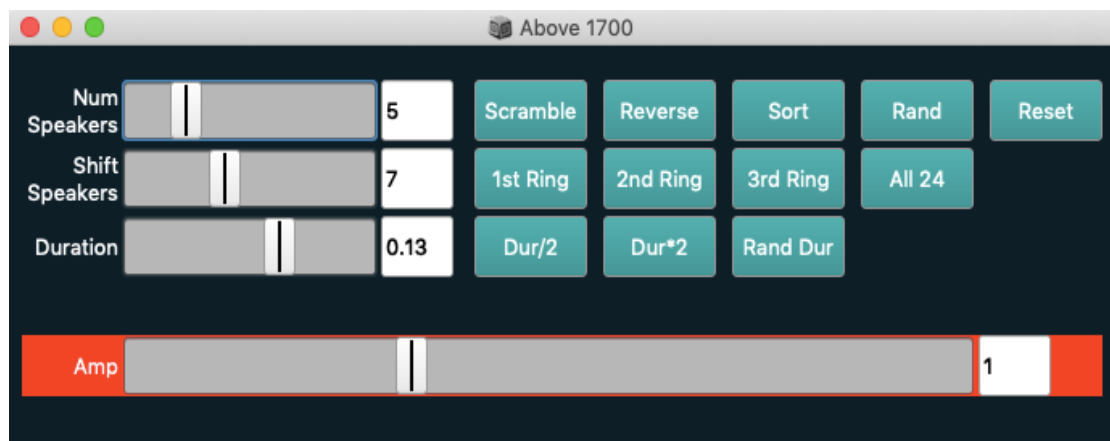


Abb. 4: Grafische Benutzeroberfläche

In der obersten Zeile kann die Anzahl der Lautsprecher (1-24) mit dem Slider *Num Speakers* eingestellt werden. Mit den Buttons rechts davon können die in einem Array gespeicherten Lautsprecher wie folgt verändert werden:

- **Scramble:** Die Lautsprecher werden zufällig angeordnet. Default: [1,2,3,4,5,6,7,8], Scramble: z.B. [2,5,3,1,8,6,7,4].
- **Reverse:** Dreht die Reihenfolge der Lautsprecher um. Default: [1,2,3,4,5,6,7,8], Reverse: [8,7,6,5,4,3,2,1].
- **Sort:** Ordnet die Lautsprecher in einer aufsteigenden Anordnung. Vorher: [2,3,13,18,7,15,4,7]. Nachher: [2,3,4,7,7,13,15,18].
- **Rand:** Ersetzt einen Lautsprecher durch einen anderen. Vorher: [1,2,3,4,5,6,7,8], Nachher: [1,2,3,16,5,6,7,8].
- **Reset:** Setzt die momentane Lautsprecheranordnung auf die Ausgangs-Werte zurück.

In der zweiten Zeile der GUI können die ausgewählten Lautsprecher anhand des *Shift-Speakers-Sliders* alteriert werden. Daraus ergeben sich räumliche Veränderungen. Die Lautsprecher [3, 4, 5, 6, 7, 8] können etwa durch die Lautsprecher [4, 5, 6, 7, 8, 9] ersetzt werden. Der maximale Shift-Wert ist abhängig von der aktuellen Anzahl der ausgewählten Lautsprecher des *Num-Speaker-Sliders*.

Durch Betätigung der Buttons rechts neben dem Slider werden entweder der unterste Lautsprecher-Ring [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], der mittlere Lautsprecher-Ring [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19], der oberste Lautsprecher-Ring [20, 21, 22, 23], oder alle 24 Lautsprecher ausgewählt.

In der dritten Zeile kann die Dauer bzw. die Geschwindigkeit der Patterns eingestellt werden. Der *Duration-Slider* reicht von 5 Sekunden bis zum 1/10000 einer Sekunde. Um genauere Einstellungen bei den kleinen Werten zu erhalten, wird eine exponentielle Kurve verwendet. Die Buttons nebenan können die aktuelle Dauer halbieren bzw. verdoppeln. Zudem können mit dem zusätzlichen Button *Rand Dur* zufällig generierte Dauern im Bereich von 1/100 Sekunde bis 2 Sekunden erzeugt werden.

Das unterste Element der grafischen Steuerung ist der *Amp-Slider*. Mit diesem kann die Gesamtlautstärke des Stückes geregelt werden.

6.6 Visuelle Darstellungen – Wellenformen

Die repetitiven räumlich-zeitlichen Sequenzen, sowie das Verhältnis von Ordnung und Unordnung lassen sich auch visuell, anhand der Wellenformen, erkennen. Jede Zeile repräsentiert dabei das Signal des entsprechenden Lautsprechers [1. Zeile $\triangleq$ 1. Lautsprecher, 2. Zeile $\triangleq$ 2. Lautsprecher ... 24. Zeile $\triangleq$ 24. Lautsprecher].

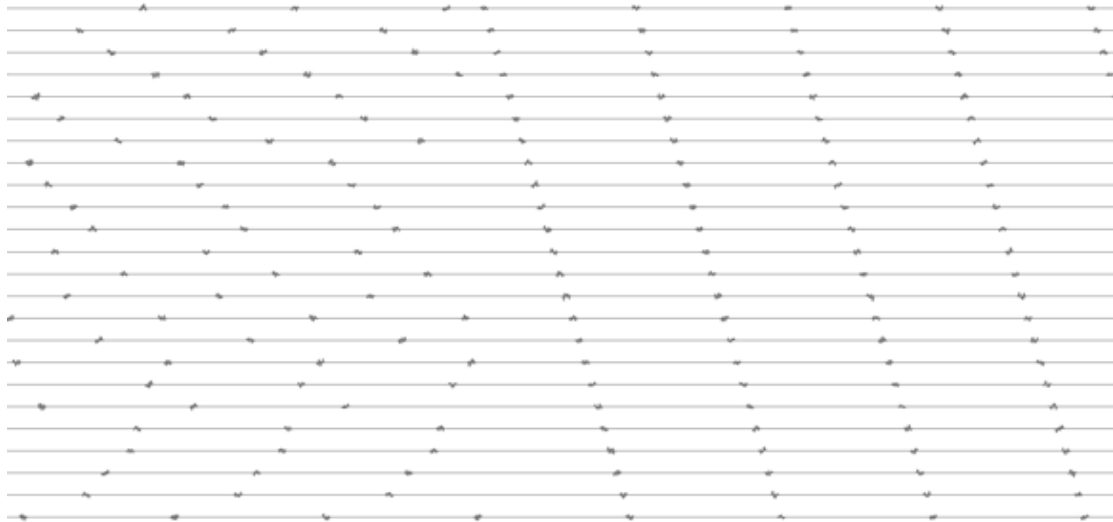


Abb. 5: Verwendung von 24 Lautsprechern, *Scramble* $\rightarrow$ *Sort*.

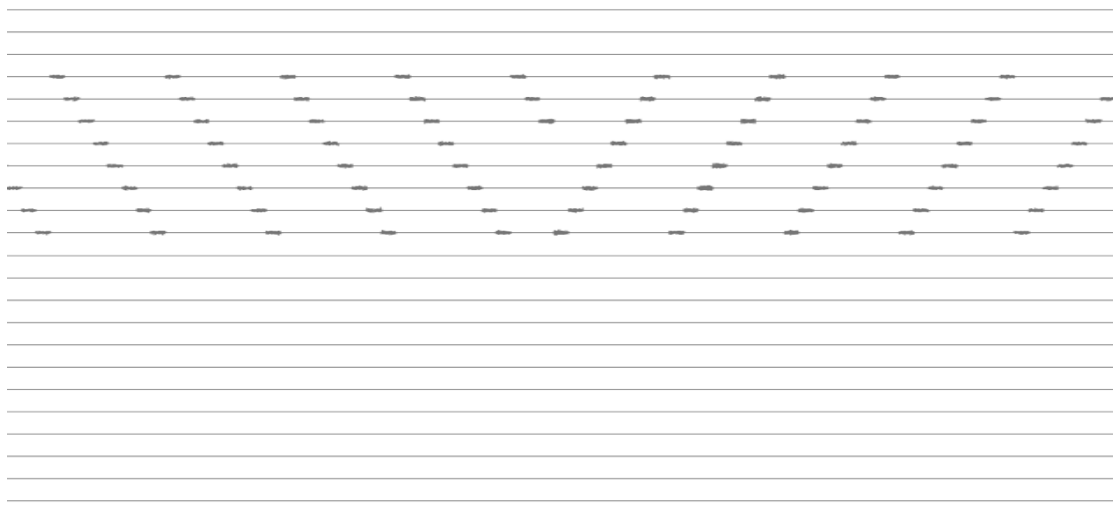


Abb. 6: Verwendung von 8 Lautsprechern, *Sort* $\rightarrow$ *Reverse*.



Abb. 7: Verwendung unterschiedlicher Anzahlen von Lautsprechern.

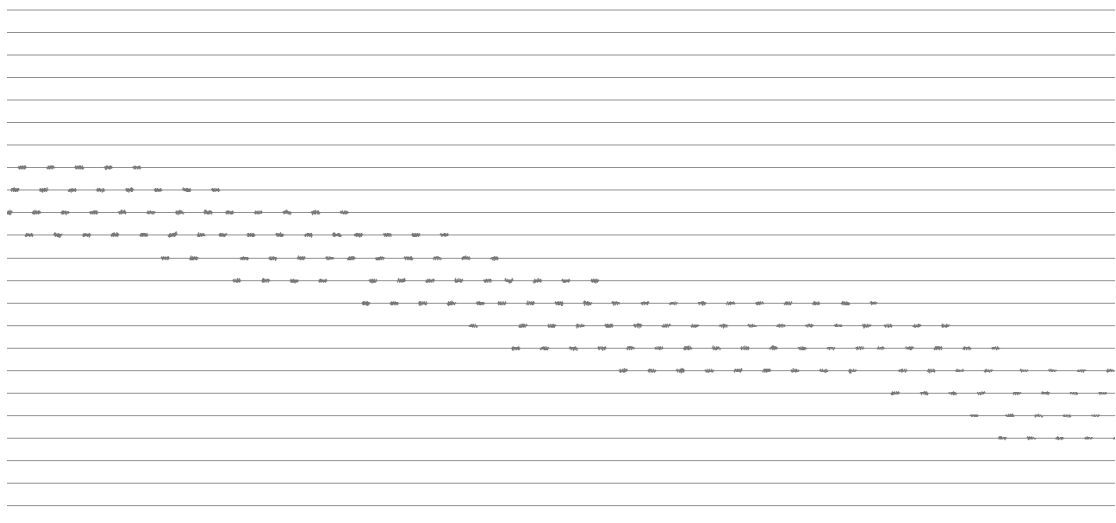


Abb. 8: Verwendung von 4 Lautsprechern, die mit *Shift* verändert werden.

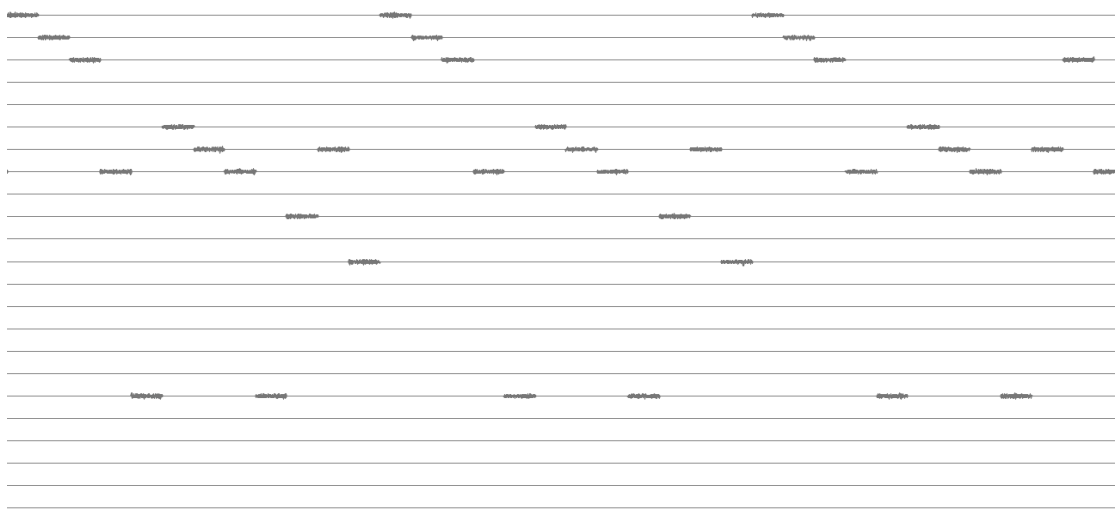


Abb. 9: Verwendung von 9 Lautsprechern.

7. Resümee und Ausblick

Anhand der behandelten Themengebiete wurde versucht die, für meine künstlerische Praxis relevanten, Aspekte zu behandeln. Dabei wurde sowohl auf musikhistorische Entwicklungen der räumlichen Elektroakustischen Musik, als auch auf deren Wahrnehmung durch den Menschen eingegangen. Ebenfalls wurde die Arbeit mit Lautsprechern und Räumen als kompositorische Parameter thematisiert. Auch Formen der Dekonstruktion von Audiomaterial wurden anhand entsprechender Beispiele veranschaulicht. Weiteres wurde die Entstehung und Umsetzung der Komposition *Above 1700* erläutert, und darüber hinaus näher auf die zugrundeliegende Spatialisationstechnik *hashing* eingegangen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass – obwohl die Arbeit mit vielen Lautsprechern durchaus interessante Möglichkeiten bietet – für *hashing* kein großes Setup von Nöten ist. Die charakteristischen klanglichen Artefakte können auch mit einem Stereo-Setup erzeugt werden. Durch die bewusste Reduktion der verwendeten Mittel, die Einbeziehung von Zufall, Repetitiven und räumlichen Eigenschaften, wurde ein in sich transparentes Spatialisations-Tool geschaffen. Trotz – oder gerade wegen – der Einfachheit ergeben sich viele potentielle Anwendungen.

Im momentanen Stadium bietet das *hashing* eine neuartige Möglichkeit um zu experimentieren, räumliche und klangliche Gegebenheiten zu erforschen und diese in weiterer Folge auch in eine musikalische Form zu bringen.

Das *hashing* kann für zukünftige Kompositionen entsprechend adaptiert, erweitert oder noch mehr reduziert werden. Auch eine Nutzung oder Weiterentwicklung durch andere Personen ist durchaus wünschenswert.

8. Literaturverzeichnis

Adams, Kyle: „What Did Danger Mouse Do? The Grey Album and Musical Composition in Configurable Culture”, in: *Music Theory Spectrum* Vol. 37, Nr. 1 (Frühling 2015), S. 7-24.

Baalman, Marije A.J.: „Spatial Composition Techniques and Sound Spatialisation Technologies”, in: *Organised Sound* Vol.15, Nr. 3 (2010), S. 209–218.

Barrett, Natasha: „Ambisonics and acousmatic space. A composer’s framework for investigating spatial ontology”, in: *Proceedings of the 6th Electroacoustic Music Studies Network Conference Shanghai* (2010), S.1-12.

Blackburn, Manuella: „Editorial. Borrowing, quotation, sampling and plundering”, in: *Organised Sound* Vol. 24, Nr. 2 (August 2019), S. 115–120.

Braasch, Jonas; Peters, Nils; Valente, Daniel L.: „A Loudspeaker-Based Projection Technique for Spatial Music Applications Using Virtual Microphone Control”, in: *Computer Music Journal* Vol. 32, Nr. 3 (Herbst 2008), S. 55-71.

Brøvoig-Hanssen, Ragnhild und Harkins, Paul: „Contextual incongruity and musical congruity. The aesthetics and humour of mash-ups”, in: *Popular Music* Vol. 31, Nr. 1 (January 2012), S. 87-104.

Camilleri, Lelio: „Shaping sounds, shaping spaces”, in: *Popular Music* Vol. 29, Nr. 2 (Mai 2010), S. 199-211.

Cheng, Corey I. und Wakefield Gregory H.: „Moving Sound Source Synthesis for Binaural Electroacoustic Music Using Interpolated Head-Related Transfer Functions (HRTFs)”, in: *Computer Music Journal* Vol. 25, Nr. 4 (Winter 2001), S. 57-80.

Cole, William Davy: „Sound Installation and Time: Becoming, Place, and the Case for Performance”, in: *Perspectives of New Music* Vol. 56, Nr. 1 (Winter 2018), S. 11-33.

Chowning, John M.: „The Simulation of Moving Sound Sources”, in: *Computer Music Journal* Vol. 1, Nr. 3 (Juni 1977), S.48-52.

Eckel, Gerhard: „A Spatial Auditory Display for the CyberStage“, in: *Proceedings of the International Conference on Auditory Display* (1998), S. 1-5.

Fan, Yuan-Yi und Minnen, David: „Move That Sound There. Exploring Sound in Space with a Markerless Gestural Interface”, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 23 (2013), S. 31-32.

Godøy, Rolf Inge: „Images of Sonic Objects”, in: *Organised Sound* Vol. 15, Nr. 1 (2010), S.54-62.

González-Arroyo, Ramón: „Towards a Plastic Sound Object”, in: *Raum. Konzepte in den Künsten, Kultur- und Naturwissenschaften*, hg. von Petra Ernst und Alexandra Strohmaier, Baden-Baden 2013 (1.Auflage), S. 239 – 258.

Großmann, Rolf: „Collage, Montage, Sampling. Ein Streifzug durch (medien-) materialbezogene ästhetische Strategien“, in: *Sound. Zur Technologie und Ästhetik des Akustischen in den Medien*, hg. von Harro Segeberg und Frank Schätzlein, Marburg 2005, S. 308– 331.

Holm-Hudson, Kevin: „Quotation and Context. Sampling and John Oswald's Plunderphonics”, in: *Leonardo Music Journal* Vol. 7 (1997), S. 17-25.

Jot, Jean-Marc: „Real-time spatial processing of sounds for music, multimedia and interactive human-computer interfaces”, in: *IRCAM* (Februar 1997), S. 1-22.

Leach, Jim: „Sampling and Society. Intellectual Infringement and Digital Folk Music in John Oswald's 'Plunderphonics'“, in: *The Arts, Community and Cultural Democracy*, hg. von Lambert Zuidervart und Henry M. Luttikhuizen, Berlin 2000, S.122-133.

Moore, F. Richard: „A General Model for Spatial Processing of Sounds”, in: *Computer Music Journal* Vol. 7, Nr. 3 (Herbst, 1983), S. 6-15.

Oliver La Rosa, Jaime E: „Extending Space in Varèse's Interpolations. Extended Stereo Space”, in: *Perspectives of New Music* Vol. 51, Nr. 1 (Winter 2013), S. 262-269.

Peters, Nils; Lossius Trond; Schacher Jan C.: „The Spatial Sound Description Interchange Format. Principles, Specification, and Examples”, in: *Computer Music Journal* Vol. 37, Nr. 1 (Frühling 2013), S. 11-22.

Radinović, Vladimir, *Applying sound art research in modern electronic music production Glitch, Loop, Plunderphonics and Sound Collage as tools of production*, Masterarbeit, University of Jyväskylä, 2011, S. 1-40.

Sanden, Paul: „Virtual liveness and sounding cyborgs. John Oswald's 'Vane' ”, in: *Popular Music* Vol. 31, Nr. 1 (Jänner 2012), S. 45-68.

Schumacher, Marlon und **Bresson** Jean: „Spatial Sound Synthesis in Computer-Aided Composition”, in: *Organised Sound* Vol. 15, Nr. 3 (2010), S. 271-289.

Sharma, Gerriet K., *Komponieren mit skulpturalen Klangphänomenen in der Computermusik*, Diss. masch., Universität für Musik und Darstellende Kunst Graz, 2016, S.1-215.

Smalley, Denis: „Space-form and the acousmatic image”, in: *Organised Sound* Vol. 12, Nr. 1 (April 2007), S.35-58.

Trochimczyk, Maja: „From Circles to Nets. On the Signification of Spatial Sound Imagery in New Music”, in: *Computer Music Journal* Vol. 25, Nr. 4 (Winter 2001), S. 39-56.

Valiquet, Patrick: „The Spatialisation of Stereophony. Taking Positions in Post-War Electroacoustic Music”, in: *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music* Vol. 43, Nr. 2 (Dezember 2012), S. 403-421.

Zotter, Franz u.a.: „A Beamformer to Play with Wall Reflections. The Icosahedral Loudspeaker”, in: *Computer Music Journal* Vol. 41, Nr. 3 (September 2017), S.50-68.

8.1 Onlinequellen

[1] Text einer Webseite: [online verfügbar: URL: http://www.gisela-nauck.de/texte/2008_VortragWuerzburg1.pdf, abgerufen am 01.4.2021].

[2] Text einer Webseite: [online verfügbar: URL: <http://www.deconstruction-in-music.com/j-s-bach/specters-of-bach/400>, abgerufen am 01.4.2021].

[3] Text einer Webseite: [online verfügbar: URL: <http://plunderphonics.com/xhtml/xplunder.html>, abgerufen am 01.4.2021].