

BACHELORARBEIT

Immersion durch Granularität

Experimentelle Mischung eines Chores in Spatial Audio

vorgelegt am 18. März 2024
Jonathan Schmitt

Erstprüfer: Prof. Thomas Görne
Zweitprüfer: Adrian Baron

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Department Medientechnik
Finkenau 35
20081 Hamburg

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wird die Auswirkung der Nutzung räumlicher und zeitlicher granularer Bewegungen auf die Immersionswirkung in einer vierstimmigen homophonen Chormischung untersucht. Dafür werden Chorsängerinnen und Chorsänger einzeln aufgenommen. Es werden Problematiken der Einzelaufnahme eines Chores beleuchtet und Lösungen vorgeschlagen. Die Mischung findet mittels eines vollsphärischen Audiosystems statt. Für eine genauere Untersuchung werden Faktoren definiert, die zu Immersion führen. Es wird festgestellt, dass Granularität sich dafür eignet eine dynamische und diffuse Bewegung in der Mischung eines Chores zu erreichen. Es werden Potentiale für eine Immersionswirkung gesehen, die jedoch weiterhin Bestandteil der Forschung bleiben.

ABSTRACT

In this work, the effect of the use of spatial and temporal granular movements on the immersion effect in a four-part homophonic choral performance is investigated. For this purpose, choir singers are recorded individually. The problems of recording a choir individually are examined and solutions proposed. The mixing takes place using a fully spherical audio system. For a more detailed investigation, factors that lead to immersion are defined. It is found that granularity is suitable for achieving a dynamic and diffuse movement in the mix of a choir. The potential for an immersion effect is seen, but remains part of the research.

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	I
ABSTRACT	I
INHALTSVERZEICHNIS	II
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
1 EINLEITUNG	1
2 WORUM GEHT ES ? – EIN ÜBERBLICK	2
2.1 IMMERSION	2
2.1.1 System & Technologie	4
2.1.2 Sensorik & Wahrnehmung	5
2.1.3 Raum & Räumlichkeit	6
2.1.4 Musikalität & Phänomenologie	7
2.1.5 Aufmerksamkeitsfokus & Abschirmung	8
2.2 GRANULARITÄT	9
2.3 SPATIAL AUDIO	10
2.4 REALITÄTEN	10
2.5 VIELZAHL & ÄHNLICHKEIT	11
3 ORIENTIERUNG & HISTORIE	12
4 THESEN	15
5 PRODUKTION	16
5.1 DAS STÜCK	17
5.2 AUFNAHME & ROHMATERIAL	17
5.2.1 Chor	18
5.2.2 Piano	19
5.3 VORBEARBEITUNG	20
5.3.1 Restauration	20

5.3.2	Angleichung.....	20
5.3.3	Vormischung.....	21
5.4	IDEE DER MISCHUNG	21
5.5	WAHL DER TOOLS	23
5.5.1	DAW.....	23
5.5.2	Audiosystem	25
5.5.3	Audioformat & Routing.....	26
5.6	MISCHUNG & KREATIVENTSCHEIDUNGEN	27
5.6.1	Aufteilung in Mischabschnitte.....	27
5.6.2	Räumliche Granularität.....	28
5.6.3	Zeitliche Granularität.....	30
5.6.4	Anordnung der Partikelwolken im Raum.....	31
5.6.5	Piano	32
5.6.6	Räumlichkeit.....	34
6	Diskussion.....	34
6.1	EINORDNUNG.....	34
6.2	ÜBERPRÜFUNG DER THESEN.....	35
6.3	EINFLUSS DES WERKZEUGS	36
6.4	WAS EINEN CHOR ZUM CHOR MACHT	36
7	LITERATURVERZEICHNIS	39
7.1	GRAFIKEN	41
8	EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....	42

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DAW	Digital Audio Workstation
HOA	Higher Order Ambisonics
LEV	listeners envelopment
MS	Mid/Side-Stereophonie
SP	Sound Particles
VBAP	Vector-Based-Amplitude-Panning
VoG	Voice-of-God-Speaker
XY	XY-Stereophonie

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1	Modelldarstellung der Wirkungsbereiche verschiedener Immersionsfaktoren	3
Abb. 2	Innenansicht des Salzburger Doms, um 1675, Melchior Küssel.....	13
Abb. 3	Aufnahmeaufbau des Grand Pianos.....	19
Abb. 4	DAW Sound Particles.....	24
Abb. 5	Azimutalprojektion der Lautsprecheranordnung in AIIRA.....	25
Abb. 6	Technisches Setup der Regie R3 des Tonlabors der HAW Hamburg.....	25
Abb. 7	Signalflussgraph des Gesamtsystems	27
Abb. 8	Unterteilung des Stückes in 6 Teilabschnitte.....	28

1 EINLEITUNG

Wer schon einmal einem großen Chor in einer Konzerthalle oder großen Kirche gelauscht hat und dabei das Glück hatte in einer der ersten Reihen zu sitzen oder sogar selbst Teil des Chores sein durfte, kennt das Gefühl. Das Gefühl der Stimmgewalt, die einen mitzureißen vermag, vokale Klänge, die einen von allen Seiten umhüllen, das Für und Wider der Stimmgruppen, die sich im Wechsel im Raum entfalten.

Hört man sich nun, beflügelt vom zuvor Erlebten, dasselbe Stück auf der heimischen Stereoanlage oder sogar schon mit Kopfhörern auf dem Weg nach Hause an, so ist der Zauber nicht selten kaum wieder zu finden, wenn nicht gar komplett verflogen. Natürlich spielt die situative Wahrnehmung des Erlebten eine große Rolle. Doch selbst, wenn diese außen vor gelassen wird – das klangliche Erlebnis ist schon rein technisch gesehen (gehört) nicht zu vergleichen.

Wie nun könnte diese Diskrepanz ausgeglichen oder doch wenigstens angeglichen werden? Wäre es nicht schön, hätten wir eine Möglichkeit dasselbe oder ein zumindest gleichwertiges Erlebnis der klanglichen Umhüllung zu erreichen? Könnte das uns nicht ermöglichen sich eher in ein Konzerterlebnis zurückversetzt zu fühlen? Wie ist es möglich ein ähnliches Gefühl von Immersion auditiv zu reproduzieren? Oder weitergedacht: Was passiert, wenn sich eine Chormischung von dem Versuch, eine konzertante Darbietung realistisch zu reproduzieren, löst, um der musikalischen Immersion noch näher zu kommen? Wie kann uns Spatial Audio technisch dabei helfen? Welche neuen kreativen Spielräume und immersive Möglichkeiten ergeben sich dadurch? Und ganz konkret: Wie könnte eine Aufnahme mit einer solchen Zielsetzung praktisch umgesetzt werden, mit welcher Herangehensweise könnte ein Chor aufgenommen und mit welchen Werkzeugen abgemischt werden?

Hier werfen sich einige Fragen auf, begonnen bei der Aufnahmetechnik, über den Prozess und die Werkzeuge in der Produktion bis hin zu neuen, kreativen, realitätsverfremdenden Ansätzen und genrespezifischen Möglichkeiten. Diese Arbeit stellt diese Fragen, untersucht sie technisch in Bezug auf eine immersive Chormischung, zeigt neue Arbeitsweisen auf und macht praktische Vorschläge, um mögliche Antworten und weiterführende Fragen zu aufzudecken.

2 WORUM GEHT ES ? – EIN ÜBERBLICK

In dem untersuchten Gebiet überschneiden sich Themenfelder aus Audiotechnik, Sinneswahrnehmung und Musiktheorie. Dabei fällt auf, dass in der Diskussion um die folgenden Thematiken einige Begriffe im Raum stehen, die je nach Themenfeld unterschiedliche oder mehrere Bedeutungen haben können. Im Folgenden ist daher zunächst eine genauere Betrachtung und gegebenenfalls eine Definition notwendig.

Des Weiteren werden einige bereits bekannte und für diese Arbeit relevante Effekte und Erkenntnisse vorgestellt. Diese Grundlagen helfen später bei dem Aufstellen neuer Thesen sowie anschließend in der praktischen Umsetzung der Chormischung.

2.1 IMMERSION

Ziel dieser Arbeit ist es einen Ansatz zu untersuchen, der durch technische Mittel zu Immersion führen soll. Dafür wird zunächst die Bedeutung des Begriffes diskutiert, und überprüft, inwiefern er sich überhaupt eingrenzen lässt. Es existieren bereits diverse Definitionen und Eingrenzungsversuche, die allerdings je nach Medienbereich und Perspektive sehr unterschiedlich ausfallen können. Es besteht „ . . . the absence of a definitional consensus“ (Agrawal et al., 2020, S. 409). Nach Holzmüller „ . . . [gilt] der Immersionsbegriff . . . als ‚excessively vague‘ (McMahan, 2003, S. 67), als ‚all-inclusive-concept‘ (ebd.), das sich ‚kaum medienübergreifend beschreiben‘ (Hochscherf et al., 2011) lasse“ (2020, S. 5). Im Sinne von McMahan und Hochscherf et al. lässt sich Immersion daher als ein ganzheitliches, vielumfassendes Konzept betrachten.

Ein solch umfassendes Verständnis setzt die begriffliche Abgrenzung und Definition voraus. Dies gilt umso mehr, da viele Fachtermini wie Involvement, Immersion, Illusion, Interaktion, Präsenz usw. teilweise als Synonyme und teilweise mit ähnlichen oder überlappenden Bedeutungen verwendet werden. Dies deutet darauf hin, dass eine einheitliche Definition des vieldeutigen und vielschichtigen Phänomens der Immersion innerhalb der eng definierten Grenzen der aktuellen Medien- und Kommunikationswissenschaften problematisch ist. (Hochscherf et al., 2011, S. 10)

Um dennoch zu differenzieren und sich dem Immersionsbegriff annähern zu können, werden im Folgenden einige Faktoren definiert, die zu Immersion führen oder führen können.

Als Grundlage dafür dienen verschiedene, bereits bestehende Definitionen von Immersion sowie eng verwandter Begriffe, die sich in ihrer Wirkung mit Immersion verknüpfen lassen.¹ Die Unterteilung in diese vielschichtigen *Immersionen* stellt dabei nicht den Anspruch, den Immersionenbegriff als Summe gänzlich abzudecken. Tatsächlich ist davon auszugehen, dass viele weitere Faktoren Einfluss auf die Immersion nehmen können. So werden in der Literatur, neben den in den folgenden Abschnitten beschriebenen Faktoren, auch *Narration*, *Interaktion*, *Emotion* und weitere Begriffe mit Immersion, insbesondere *psychologischer Immersion*, verbunden (Agrawal et al., 2020; Hochscherf et al., 2011; Williams et al., 2022). Auch wenn sich der Ansatz dieser Arbeit auf Immersion durch eine technische Herangehensweise mit Hilfe eines technologischen Systems konzentriert, muss durch die menschliche Wahrnehmung, die menschliche Psyche und die vielen komplexen Zusammenhänge von Immersion das große Gebiet der psychologischen Immersion stets mitbeleuchtet werden.

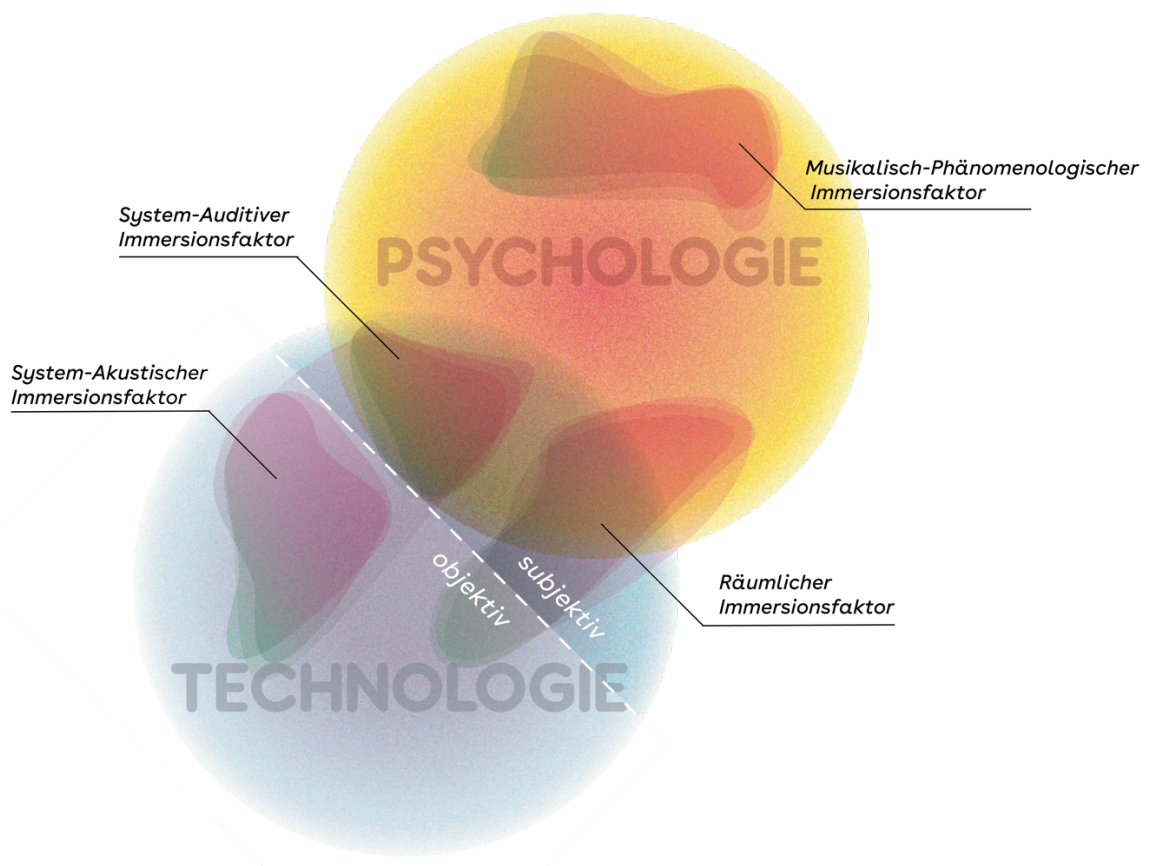


Abb. 1 *Modelldarstellung der Wirkungsbereiche verschiedener Immersionen*
 Quelle: Eigene Darstellung

¹ In der Literatur widersprüchliche oder sich abgrenzende Definitionen oder Effekte werden, soweit möglich, als verschiedene, koexistente Immersionen betrachtet, insbesondere dann, wenn sehr ähnliche kausale Zusammenhänge oder Wechselwirkungen beschrieben werden.

Es ist anzunehmen, dass die hier definierten Immersionsfaktoren in einem anderen Kontext anders voneinander abgegrenzt sein können. Sie sind somit eher als eine Art Modell zu verstehen. Im Rahmen dieser Arbeit wird vielmehr ein Fokus auf jene Immersionsfaktoren gesetzt, die in diesem speziellen Anwendungsfall vorrangig identifiziert werden und deren Unterscheidung für die Vorgehensweise und eine anschließende Bewertung sinnvoll ist.

2.1.1 System & Technologie

In einer „apparativen Konzeptualisierung“ des Immersionsbegriffs spricht Holzmüller vom „immersiven Objekt“ (2020, S. 6). Damit ist die Technologie, bzw. das System gemeint, das die Rezipienten umgibt. Durch die Technik können sie sich eingehüllt oder umhüllt fühlen und dadurch Immersion erfahren. Es ist auch von präsent sein oder „*being transported*“ (Murray, 1997, S. 99), bzw. vom Eintauchen in eine andere Wirklichkeit (Holzmüller, 2020) die Rede, was Murray mit dem körperlichen Gefühl des Eintauchens in Wasser vergleicht (1997). Bei diesem Verständnis handelt es sich also um einen durch technische Gegebenheiten von außen hervorgerufenen Effekt. Das immersive Objekt, in unserem Fall ein Audiosystem, ist also allein schon durch seine objektiven Eigenschaften, wie Anzahl der Lautsprecherkanäle, klanglich abbildbare Raumdimensionen, die angewandte Technologie zur Klangersynthese, etc. ein *systemischer Immersionsfaktor* an sich.

Das Element der Umhüllung findet sich in der Literatur teilweise mit der englischen Bezeichnung „*envelopment*“ (Agrawal et al., 2020) wieder. Agrawal verknüpft den Begriff hierbei ebenfalls mit einer apparativen Sichtweise, die er als „*system immersion*“²(2020) bezeichnet. Je nach Sichtweise wird *envelopment* in der Literatur mit Immersion gleichgesetzt (Field 2002), als eng verwandter Begriff betrachtet oder Immersion als eine mögliche Folgeerscheinung von *envelopment* gesehen (Agrawal 2020). Trotz der unterschiedlichen Verknüpfungen wird weitestgehend übereinstimmend festgestellt, dass apparativ bedingte Umhüllung zu Immersion führen kann (Agrawal 2020; Holzmüller 2020; Slater 2003; Scherzer 2010).

² Agrawal benennt *system immersion* und verweist dabei u.a. auf Slater. In seiner weiteren Argumentation grenzt er *system immersion* von seiner Definition von Immersion klar ab, argumentiert aber weiterhin, dass *system immersion* zu Immersion führen kann.

Auch das von Murray genannte Element der *transportation*, daraus folgend verknüpft das *Woanders-Sein*, findet sich unter dem Schlagwort „*presence*“³ wieder. Auch dieser Begriff wird häufig mit „immersion as a system property“ (Williams et al., 2022, S. 2) in Verbindung gebracht. Slater nennt in diesem Zusammenhang auch „*fidelity*“ (Slater, 2003), hier Realitätstreue, als qualitative Eigenschaft eines Systems für Immersion. Es ist also von Bedeutung wie authentisch ein System eine Realität darstellen kann. Zusammengefasst macht ein glaubwürdig vermitteltes Gefühl des Woanders-präsent-seins ein System also ebenfalls immersiv (Hochscherf et al., 2011, S. 12).

Da in dem hier betrachteten Fall die systemische Immersion lediglich akustisch stattfindet lässt sich eine weitere Eingrenzung vornehmen. Die beschriebenen systembezogenen Zusammenhänge aus Umhüllung und Präsenz werden im Fortfolgenden *system-akustischer Immersionsfaktor* genannt. „Der Idealtypus eines maximal immersiven Werkes nach diesem Modell lässt die Medialität, die Gemachtheit bzw. die Rahmung des Werkes ganz hinter dem Erlebten verschwinden“ (Holzmüller, 2020, S. 6). Damit spricht Holzmüller eine Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus als eine Folge des system-akustischen Immersionsfaktors an⁴.

2.1.2 Sensorik & Wahrnehmung

Je nach Blickwinkel steht die Technologie an sich oder die Wirkung des Systems auf die Rezipienten im Zentrum der Betrachtung. In letzterem Fall wird eine von einem System ausgehende immersive Wirkung auch als „sensorische Immersion“ (Scherzer 2010) oder „*perceptual immersion*“ (McMahan, 2003) oder „*spatial immersion*“ (Williams et al., 2022) bzw. „*quality of spatial audio*“ (Lindau et al., 2014) verstanden. Durch den Einsatz von technischen Mitteln werden die Sinne der Rezipienten stimuliert (Holzmüller, 2020). Der *systemische Immersionsfaktor* muss also auch unter der Sichtweise einer „rezeptions-ästhetischen Konzeptualisierung“ (ebd., S. 7) betrachtet werden. Diese Sichtweise hat eine neu hinzukommende subjektive Komponente der Immersion zur Folge. Rezipienten als Subjekte vollbringen durch eine aktive und bereitwillige Teilhabe eine immersive

³ *presence* wird als Begriff sowohl in objektiven als auch in subjektiven Konzeptualisierungen von Immersion genannt. Er lässt sich somit nicht ausschließlich einer Auslegung zuordnen.

⁴ s. a. Kap. 2.1.5 Aufmerksamkeitsfokus & Abschirmung

Wahrnehmungsleistung (ebd.). In Anlehnung an eine von Eaten und Lee in diesem Zusammenhang genannte „*auditory immersion*“ (2019) wird weiterhin in den *system-auditiven Immersionsfaktor* unterschieden.

Da die menschliche Wahrnehmung ein kognitiver Prozess ist, überschneiden sich an dieser Stelle Psychologie und Technologie, wie in Abb. 1 verdeutlicht. Verschiedene Faktoren für Immersion vermengen sich miteinander und hängen voneinander ab, Ursache und Wirkung verschwimmen. Dies zeigt sich in einer kontroversen Diskussion in der Literatur darüber, wo psychologische Immersion und immersive Wirkung eines Systems zu trennen sind, und ob dies überhaupt möglich ist (Agrawal et al.; Holzmüller; Hochscherf).

2.1.3 Raum & Räumlichkeit

Der wahrgenommene Raum kann als ein kognitives Konstrukt betrachtet werden, das auf zwei Wahrnehmungsaspekten beruht. Erstens dem Klangraum, der von Schallquellen aufgespannt wird, die als auditive Objekte wahrgenommen werden (vgl. systemische Immersionsfaktoren) und zweitens dem architektonischen Raum, der durch Reflexionen von Raumbegrenzungen und starren Objekten wahrgenommen wird (Karadoğan & Görne, 2019). Dabei muss der hier als architektonisch beschriebene Raum nicht realer Natur sein. Daher wird im Folgenden in diesem Zusammenhang von Räumlichkeit gesprochen, also dem auditiven (architektonischen) Raum, indem sich Klangquelle und Rezipient in der Mischung befinden.

Schon durch ein beispielsweise verhalltes Signal einer Mono-Klangquelle lässt sich eine solche Räumlichkeit beschreiben. Allerdings: Je mehr räumliche Dimensionen dargestellt werden können, desto detailgetreuer kann die Räumlichkeit aufgelöst werden „. . . and it is this potential for immersion from all directions, rather than the number of discrete channels in the audience zone *per se* which is responsible for audience involvement.“ (Field, 2002, S. 2). Das (akustische) System ist dabei nur *eine*, wenn auch wichtige, Komponente für die Qualität von Räumlichkeit.

In diesem Zusammenhang wird von *environmental envelopment*, auch bekannt als *listener envelopment (LEV)* gesprochen, womit das Gefühl von „. . . being surrounded by the reverberant sound field . . .“ (Agrawal et al., 2020, S. 409) verbunden wird. Wobei LEV und *envelopment* (Kap. 2.1.1) zu unterscheiden sind. „Enveloping reverberance can help create highly immersive experiences and augment spatial impression. In multichannel

audio reproduction, envelopment [gemeint ist LEV] can be created through spatial distribution of reverberation“ (Agrawal et al., 2018, S. 2). Riedel et al. verknüpft LEV direkt mit einer „immersive auditory quality“ (2023, S. 1). Somit beschreiben Field, Agrawal et al. und Riedel et al. Immersion durch Räumlichkeit, womit ein Weiterer, der *räumliche Immersionsfaktor*, erkannt wird.

„Reverberation has certain physical, perceptual, and cognitive properties which can be used to describe the sound field“ (Agrawal et al., 2018, S. 1). Scherzer (2010) wiederum beschreibt einen „tondramaturgischen Raum“, der sich aus Räumlichkeit und Narration zusammensetzt. Der Einfluss von Räumlichkeit auf so viele verschiedene Felder deutet an, dass sich der Wirkungsbereich des räumlichen Immersionsfaktors sehr weit erstreckt; von der objektiven Systemakustik, über die subjektive Systemwahrnehmung bis hin in das Feld der psychologischen Immersion.

2.1.4 Musikalität & Phänomenologie

[T]he selection and generation of spaces can be best assessed in a system-independent manner by considering the qualities of ‘reality’^[5] which are most important to communicating with the audience. This can highlight an aesthetic divide between a practical useful number of channels, and the point where adding more in the same plane serves to increase spatial detail, but not necessarily envelopment. Creating envelopment is perhaps more of a sound design art than an engineering problem. (Field, 2002, S. 4)

Field spricht hier einen Faktor der Immersion an, der sich allein durch Klang, bzw. Klangkunst ergibt. Diese Beobachtung ähnelt der Sichtweise von Frances Dyson, die Klang *an sich* als immersives Medium betrachtet.

Three dimensional, interactive, and synesthetic, perceived in there and now of an embodied space, sound returns to the listener the very same qualities that media mediates: that feeling of being here now, of experiencing oneself as engulfed, enveloped, enmeshed, in short, immersed in an environment. Sound surrounds. (Holzmüller, 2018, S. 9, zitiert nach Dyson, 2009)

Dyson beschreibt damit auch eine wahrnehmungspsychologische Eigenschaft von Klang: eine mögliche Verbindung zwischen dem verkörperten Raum und der

⁵ Field differenziert verschiedene Realitäten, s. Kap. 2.4

Immersionsumgebung, also dem abstrakten, alternativen Erfahrungsraum. „Der alternative Erfahrungsraum kann dinglich oder werkhaf mit klar umrissenen Grenzen sein, oder aber ein offener ästhetischer Kontext, dessen Grenzen zur Alltagswelt verfließen.“ (Holzmüller, 2020, S. 9)

Nach Holzmüller lässt sich musikalische Immersion beschrieben als „ . . . die Phänomenologie – also die Qualität des Musikerlebens – des Im-Klang- bzw. In-der-Musik-Seins“ (2020, S.10). Eine Immersionwirkung von Musik erstreckt sich dabei über verkörperte und abstrakte Räume und lässt diese verschwimmen. Sie macht sich nicht an technologischen Begebenheiten fest, sondern äußert sich als eine wahrnehmbare Qualität. Sie wird als *musikalisch-phänomenologischer Immersionsfaktor* zusammengefasst.

2.1.5 Aufmerksamkeitsfokus & Abschirmung

Das Gefühl von Immersion kann auch als Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus, der sogenannten „*shift of attention*“, bezeichnet werden. Diese kognitive Konzeptualisierung, bei der sich der Aufmerksamkeitsfokus weg von der realen Umgebung, hin zu einem medial vermittelten Erlebnis bewegt, ist teil diverser Interpretationen des Immersionsbegriffs (Williams et al., 2022). Teilweise wird diese Beobachtung sogar als zentrales Konzept von Immersion betrachtet (Thon, 2008).

Bemerkenswert bei dieser Betrachtungsweise ist, dass nicht nur psychologische, sondern auch systemische Immersionsfaktoren diesen *shift* bewirken können.

[P]erceptual or sensory immersion . . . [is] a facilitator for psychological immersion, since overpowering sensory information or blocking the stimuli from the immediate environment does not guarantee psychological immersion but can prevent ‘an exogenous shift of attention’ (Thon, 2008) away from the activity, consequently leading to psychological immersion. This can explain why the current trend for creating supposed immersive audiovisual experiences is largely based on this idea of eliciting immersion (e.g., virtual reality, interactive audiovisual experiences, spatial audio, etc.). (Agrawal et al., 2020, S. 405)

Auch Murray (1997) verbindet in ihrer auf Technologie fixierten Immersionsvorstellung den Begriff *attention* mit Immersion. Somit ist dieses Phänomen mit allen vorgängig festgestellten Immersionsfaktoren verknüpft. Schon allein die von Agrawal thematisierte Ab-

schirmung der Sinne von der Umgebung kann diesen *shift* begünstigen. Gerade eine solche Abschirmung kann insbesondere durch das technische System bedingt sein, und wird u.a. bei dem Konzept binauraler Medien durch einen (nach außen abschirmenden) Kopfhörer als Medium deutlich.

Das Konzept des *shift of attention* nimmt also eine wichtige Rolle ein bei der Verknüpfung von Immersionsfaktoren, insbesondere zwischen Systemischen / Technologischen und Psychologischen. Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, wie weitreichend verschiedene Immersionsfaktoren zusammenhängen.

2.2 GRANULARITÄT

Granularität hat seinen etymologischen Ursprung im lateinischen *granum* für *Korn, Körnchen*. Es ist im Duden definiert als „Anzahl von Untergliederungen eines Elements“ (Dudenredaktion). In dieser Arbeit ist mit *Granularität* im audiotecnischen bzw. musikalischen Kontext die Aufgliederung eines Klangkörpers oder Klangereignisses in seine Bestandteile gemeint. Auf einen Chor übertragen beschreibt es die Aufspaltung in seine Stimmgruppen (grobkörnig) oder seine einzelnen Vokalstimmen⁶ (feinkörnig).

In der Mischung äußert sich Aufspaltung durch die einzelne Platzierung der Vokalstimmen, bzw. Stimmgruppen im Raum, hier als *räumliche Granularität* bezeichnet. Um die gewünschte *granulare Struktur* im Klang zu erhalten, wird auf statisches Panning weitestgehend verzichtet. Stattdessen wird mit dynamischem Panning, also der Bewegung der Vokalstimmen zueinander, gearbeitet. Damit ist explizit auch Bewegung gemeint, die örtlich zu begrenzt, zu schnell, oder sich zu stark überlagernd ist, um sich einem Klangpartikel⁷ klar zuordnen zu lassen, oder gar nicht mehr bewusst als Bewegung wahrnehmbar ist.

Daneben ist eine weitere, hier *zeitliche Granularität* genannte, Unterteilung gemeint. Dabei wird eine musikalische Melodielinie (z.B. die Sopranstimme im Chor) bruchstückhaft nacheinander auf verschiedene Klangpartikel verteilt. In der Praxis stellen diese Klangpartikel dann Individualstimmen (z.B. verschiedene Sopransängerinnen) dar.

Auch wenn die zeitliche Granularität, in ihrer Art ein Signal zu zerteilen und aus diesen Fragmenten einen neuen Klangkörper zu bilden, der Granular Synthese, wie man sie aus

⁶ Gemeint ist: die Einzelstimmen der singenden Individuen;
nicht gemeint ist: Chorstimmen (Sopran, Alt, Tenor, Bass, etc.)

⁷ Der Begriff Klangpartikel wird in Kap. 5.5.1 genauer definiert

dem audiotechnischen Kontext kennt, ähnlich ist, ist sie dennoch nicht mit ihr zu verwechseln. Sie läuft bedeutend langsamer ab, was zur Folge hat, dass die Fragmente so lang sind, dass sie theoretisch noch als eigenständiges Klangereignis erkennbar sind. Sind sie das auditiv nicht mehr, liegt das nicht an ihrer zeitlichen Länge, sondern an der Überlagerung vieler Fragmente.

2.3 SPATIAL AUDIO

Spatial Audio fungiert als Sammelbegriff für verschiedene technische Ansätze zur (Re-)Synthese räumlicher Klangfelder, die entweder als Ohrsignale über Kopfhörer übertragen oder über einen größeren Hörbereich mit wenigen bis mehreren hundert Lautsprechern synthetisiert werden (Spors et al., 2012). Es geht also nicht um ein konkretes audiotechnisches System, sondern um Technologien, die Raum und Räumlichkeit authentisch oder plausibel darstellen können (Lindau et al., 2014). Zu den Technologien gehören die binaurale Synthese, die Mehrkanal-Lautsprecherwiedergabe sowie die Schallfeldsynthese mit Ansätzen wie der Wellenfeldsynthese oder der Higher Order Ambisonics (HOA) (ebd., 2014).

Hier sei erwähnt, dass sich diese Arbeit mit einer Spatial Audio Mischung befasst, die sich aus zuvor aufgenommenen Mono- und Stereosignalen zusammensetzt. Der Ansatz einen Chor direkt mittels einer Spatial Audio Technologie aufzunehmen, wie es z.B. mit einem Mehrkanal-Mikrofonarray oder einem HOA-Mikrofon möglich ist, ist ein anderer und wird hier nicht beschrieben.

2.4 REALITÄTEN

Egal, ob Immersion als *transportation / presence* oder *shift of attention* verstanden wird, stellt sich die Frage, wie sich diese neu synthetisierte Wirklichkeit anfühlen, bzw. anhören kann. Im Kontext Sound Design spricht Field dabei von verschiedenen *Realitäten* und nimmt eine Vierteilung vor (2002, S. 2), welche sich wie folgt übernehmen lässt:

- The representation of the real world
- The hyper-real
- Imagined, but realistic spaces
- The sur-real

Nachfolgend werden diese Realitäten verkürzt mit den Attributen *real*, *hyperreal*, *realistisch* und *surreal* beschrieben. Sie können durch Raum und Räumlichkeit dargestellt werden. Dabei hat die Wahl der Realität, die in einer Mischung hervorgerufen werden soll, direkten Einfluss auf das Panning sowie auf die Synthese einer Räumlichkeit.

2.5 VIELZAHL & ÄHNLICHKEIT

Ein Chor setzt sich aus meist mehreren Stimmgruppen zusammen, die sich wiederum aus einer Vielzahl an Vokalstimmen zusammensetzen. Innerhalb einer Stimmgruppe wird häufig derselbe Text und dieselbe Melodiestimme (Akkorde) gesungen. Setzt man eine für einen Chor meist angestrebte gleiche Betonung und Aussprache voraus, dann sind sich die Vokalstimmen also äußerst ähnlich. Sie unterscheiden sich lediglich in Nuancen, hauptsächlich in ihrer Klangfarbe. Auch verschiedene Stimmgruppen können, je nach kompositorischer Entscheidung, homophon auftreten, also sich gleichende oder sehr ähnliche melodisch, rhythmisch und textlich überschneidende Gemeinsamkeiten aufweisen.

George A. Miller findet 1956 heraus, dass der Mensch bis zu 7 ± 2 Sinnesreize, genauer Informationseinheiten, voneinander unterscheiden kann. Seine Untersuchung basiert dabei auf einer Vielzahl an Tönen, die sich in ihrer Tonhöhe unterscheiden. Diese spielt er Rezipienten vor, die diese unterscheiden sollen. Dabei stellt sich heraus: Je ähnlicher sich die Töne sind, desto kleiner ist deren Anzahl, die von den Rezipienten unterschieden werden kann. Und umgekehrt: je kleiner die Ähnlichkeit, bzw. je mehr unterscheidbare Attribute den Stimulationen hinzugefügt werden, desto größer ist die Anzahl der unterscheidbaren Reize. (Miller, 1956)

Diese Beobachtung lässt sich auf die auditive Erfahrung eines Chorkonzertes übertragen, bei der der Chor als eigener Klangkorpus wahrgenommen wird. „In der großen Gruppe verschwindet die Identität des einzelnen Klangobjekts und es entsteht ein neues, zusammengesetztes Klangobjekt: Aus den Stimmen wird der Chor . . . “. (Görne, 2017, S. 93)

Görne beschreibt im Kontext der Unterscheidung einzelner Klänge im Sound Design für Film weitere Beobachtungen: „Wenn . . . zu viele konkrete Klangobjekte räumlich oder zeitlich zu dicht angeordnet sind, wenn also das Muster räumlich oder zeitlich zu kleinteilig wird, dann werden die Klangobjekte in der Summe wieder einen unspezifisch flächigen Klang ergeben.“ (2017, S. 90) Da auch im hier speziellen Anwendungsfall *Chor in einer Spatial Audio Mischung* eine Szene aus einzelnen, umgebenden Klängen synthetisiert wird, lässt sich dieses Erkenntnis aus dem Sound Design übertragen.

Dies deckt sich mit den Feststellungen Diana Deutschs, die Prinzipien der Wahrnehmung kategorisiert, die zur Gruppierung von Einzelementen führen. Klänge, die Ähnlichkeit in räumlicher und zeitlicher Lage, Tonhöhe, Dynamik und Rhythmik aufweisen oder eine Vervollständigung oder Fortsetzung voneinander sind, werden mit demselben Ursprungsereignis assoziiert. (Deutsch, 1999)

Die Verschmelzung der Vokalstimmen zum Chor hängt demnach von den Faktoren Anzahl der Stimmen, Ähnlichkeit der Stimmen sowie von räumlicher Anordnung und zeitlicher Anordnung der Stimmen ab, außerdem von musikalischen Parametern, wie Tonhöhe, Rhythmus, Lautstärke und der Verknüpfung musikalischer Linien untereinander.

3 ORIENTIERUNG & HISTORIE

Die Ursprünge klassischer choraler Musik der westlichen Welt, liegen schon Jahrhunderte zurück. Komponisten lebten und wirkten zu einer Zeit, in der völlig andere technische Maßstäbe herrschten. Das gilt auch für den Klang ihrer Werke.

Wesentliche Bedingungen des Immersionserlebnisses sind nicht unbedingt, wie die Debatte seit dem frühen 20. Jahrhundert suggeriert, an die technischen Realisationsmöglichkeiten gebunden, sondern an die Musik selbst. Deswegen lassen sich auch unabhängig und historisch vor der technischen Entwicklung mobiler Audiomedien verschiedene Strategien beobachten und beschreiben, musikalisch immersive Muße-Erlebnisse zu evozieren. (Holzmüller, 2016, S. 9)

Nicht nur die notierte Musik als solche, sondern auch Raum und Räumlichkeit als umhüllendes, klangbildendes, kreatives Element fließen in die Komposition, sowie in das musikalische Erlebnis der Rezipierenden mit ein. (ebd.; Işıkhan, 2020)

Bereits aus der Zeit der Renaissance gibt es Überlieferungen von mehrstimmigen oder mehrhörigen kirchenmusikalischen Darbietungen, bei denen Sänger / Stimmgruppen / Chöre an verschiedenen Stellen der Kirche positioniert sind. Neben der Empore hinter dem Kirchenpublikum erweitern sich die Aufstellungspositionen über die seitlichen Emporen bis hin zu Kanzel, dem Bereich hinter dem Altar und sogar im Kirchenraum selbst (Holzmüller, 2016). Antiphonale, also wechselstimmige, und polyphone, also mehrstimmige, Gesänge sind ein verbreitetes Stilmittel der choralen Musik dieser Epoche. Kompositionen großer Namen wie Claudio Monteverdis *Vespro della Beata Vergine*, Johann

Sebastian Bachs *St. Matthew's Passion*, Wolfgang Amadeus Mozarts *Requiem* oder Hector Berlioz' *Symphonie fantastique* bedienen sich dieser Techniken und nutzen Raum als musikalisch umhüllendes Element für Chor, sowie auch für Orchester. (Işıkhan, 2020; Kermit-Canfield, 2013)



Abb. 2 Innenansicht des Salzburger Doms, um 1675, Melchior Küssel
Chorsänger und Musiker sind auf unterschiedlichen Emporen platziert
Quelle: DomQuartier Salzburg; www.domquartier.at/hintergrundgeschichte/innenansicht-dom/

Eines der ersten dokumentierten Werke stellt Gregorio Allegris *Miserere*, eine Psalmvertonung um das Jahr 1630, dar. Allegri arbeitet mit dem Effekt des in Norditalien um diese Zeit auftretenden *coro spezzati*, einem geteilten Chor (Byram-Wigfield, 1996). Obwohl die zwei Teile, ein vier- und ein fünfstimmiger Chor, in heutigen Interpretationen gerne an zwei unterschiedlichen Positionen im Raum platziert werden, geht aus der Überlieferung nicht klar hervor, ob dies von Allegri so konzipiert ist (Holzmüller, 2016). Eine solche räumliche Aufteilung der *cori spezzati* durch andere Komponisten dieser Zeit, wie Andres Gabrieli, Giovanni Gabrieli und Giovanni Bassano ist jedoch überliefert. (Işıkhan, 2020)

Bereits 60 Jahre zuvor findet in London 1571 die Uraufführung von Thomas Tallis' *spem in alium* statt: Eine Motette für 40 Einzelstimmen, die sich auf acht fünfstimmige Chöre aufteilen. Die Besonderheit hierbei ist, dass alle acht Chöre um die Rezipienten herum aufgestellt werden (Işıkhan, 2020). Eine moderne Interpretation des Stücks liefert Janett Cardiff 2001 mit *The Forty Part Motet*, die das Stück auf einer Medientechnischen Installation hörbar werden lässt. Sie platziert 40 Lautsprecher in einem Oval um den Zuhörerraum der Rezipienten. Dabei gibt jeder Lautsprecher eine einzelne Chorstimme wieder. (Işıkhan, 2020; Cardiff, 2024)

Iannis Xenakis ist ein moderner Komponist des 20. Jahrhunderts, dessen Werke vielzählig und vielfältig sind. Er verfolgt unkonventionelle, technisch-mathematische Ansätze und experimentiert unter anderem auch mit der Anordnung von Schallquellen, des Weiteren jedoch auch mit Bewegung im Raum. In *Terretektorh* ordnet er das Orchester Scheibenförmig um den Dirigenten herum an, wobei die 88 einzelnen Instrumente quasi-stochastisch auf der Fläche verteilt werden. Die Rezipienten befinden sich ebenfalls auf dieser Scheibe, wobei sie sich jedoch frei zwischen den Musikern bewegen können. Der Klang bleibt stationär, das Subjekt bewegt sich. Eine weitere Form der Bewegung von Klang findet statt, indem er Melodielinien, bzw. Klänge und Rythmuslinien aufteilt und durch den Raum von Instrument zu Instrument wandern lässt. Diese durch Granularität geprägte Bewegung findet sich sowohl in den Stücken *Terretektorh*, als auch in *Persephassa*, einem Stück für sechs Percussionisten, wieder. In *Eonta* arbeitet Xenakis mit einer dritten Form, der physischen Bewegung von Blechbläsern zueinander. Neben der räumlichen Bewegung spielt hier auch die Drehung der Richtwirkung der Instrumente eine Rolle. (Kermit-Canfield, 2013; Harley, 2004)

Blicken wir vor diesem musikhistorischen Hintergrund auf Spatial Audio, sticht als entscheidender Vorteil dieser Technologie heraus, dass eine sich neu ergebene Möglichkeit, den kompletten Raum um die Rezipienten herum medial zu bespielen, vor allem musikalisch kreativ genutzt werden kann und sollte. Das Potential von Spatial Audio in der Musik ist demnach nicht einfach nur auf eine erweiterte räumliche Auflösung von Klangquellen begrenzt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird untersucht, ob durch das Einfließen der hier vorweg beleuchteten Ansätze, also der Verteilung der Klangquellen, Granularer Effekte und Bewegung im Raum, verknüpft mit den Möglichkeiten moderner Spatial Audio Tools, ein erweitertes Immersionserlebnis geschaffen werden kann.

4 THESEN

Die in der Historie betrachteten räumlichen und zeitlichen Aufteilungen von Klang, Stimmen und Chören nutzen Raum als kreatives und gleichzeitig umhüllendes Element. Dabei sind in den meisten Fällen Klangbewegungen oder die Standorte der verschiedenen Klangquellen konkret auszumachen. Anders hingegen bei Thallis und dessen Interpretation Cardiffs, bei deren Werken so viele verschiedene Standorte sowie Stimmen im Raum verteilt werden, dass sich ein diffuser Klangteppich bilden kann, und das schon bei einer Beschränkung auf die horizontale Ebene. Spatial Audio ermöglicht die Nutzung einer kompletten 360° Sphäre und somit auch die Möglichkeit einzelne Stimmen in einer räumlich granularen Anordnung darauf zu platzieren. Durch Xenakis Methoden der Bewegung ist eine weitere Verfeinerung der räumlichen Granularität möglich, indem sich einzelne Stimmen zueinander bewegen oder sich die gesamte Szene im Verhältnis zu den Rezipienten bewegt. Eine weitere Ebene der Granularität lässt sich durch ein zeitlich aufgetrenntes Springen der Stimmen im Raum realisieren, ähnlich Xenakis Idee der Aufteilung einer Melodielinie auf verschiedene Instrumente.

Der Anzahl der Stimmen sowie Geschwindigkeit und Intensität der Bewegung sind zunächst keine Grenzen gesetzt. Es könnten so viele Stimmen, Bewegungsabläufe und/oder räumliche Stimmensprünge zeitgleich stattfinden, dass eine genaue Ortung aufgrund von Überlagerung, Menge und Ähnlichkeit der Vokalstimmen wie bei Thallis nicht mehr möglich ist. Dies führt zu der ersten These:

1. Granularität kann bei einer klassischen Chor-Mischung in Spatial Audio für dynamische Bewegung vieler Quellen im Raum eingesetzt werden, die nur unterschwellig und / oder diffus wahrgenommen wird.

Einzelne Bewegungslinien verlieren sich dabei. Dennoch kann eine Dynamik, manifestiert als Struktur im Klang, vorhanden sein. Dies würde sie vom Ansatz, alle Stimmen statisch im Raum zu platzieren, unterscheiden. Es ist zu untersuchen, ob sich dieser Unterschied positiv auf ein Immersionsgefühl niederschlägt.

2. Die gesteigerte Dynamik in der räumlichen Bewegung hat Einfluss auf den systemauditiven Immersionsfaktor. Dieser kann das Immersionsgefühl direkt beeinflussen.

Das technologische System als Ganzes mitsamt seiner immersiven Faktoren wirkt auf die Rezipienten. Einerseits schirmt es sie von anderen akustischen Eindrücken (aus allen Richtungen) ab und verlagert die Aufmerksamkeit auf die neu vermittelte Beziehung aus Raum und Räumlichkeit. Hier kann der *shift of attention* greifen. Andererseits kann auch ein abstrakter musikalischer Raum dadurch unterstützt werden.

3. Das Zusammenspiel der systemakustischen und systemauditiven Faktoren wirkt sich auf den Aufmerksamkeitsfokus und a) *dadurch*, sowie b) *direkt* auf den musikalisch-phänomenologisch Immersionsfaktor aus.

Sollten sich diese Thesen komplett oder teilweise bestätigen, könnte durch Spatial Audio und Granularität an mehreren Punkten zusätzlich Immersionspotential entstehen. Inwieweit dieses Potential genutzt werden kann, hängt von vielerlei Faktoren ab wie: Komposition des Stückes (wie wird Raum und Granularität mitgedacht), musikalische Qualität des Chores, technische Qualität der Aufnahme, gestalterische Qualität der kreativen Ideen in der Mischung (Dramaturgie, Bewegung, Anordnung, Räumlichkeit etc.), Qualität der Umsetzung (technische Möglichkeiten und Handling der Tools in der Postproduktion), technische Qualität des Wiedergabemediums (Anzahl der darstellbaren Dimensionen, Genauigkeit der Raumauflösung), Subjektive Wahrnehmung der Rezipienten.

Im Rahmen dieser Arbeit ist eine Beleuchtung der verschiedenen Thesen in Bezug auf all diese Faktoren nur in begrenztem Umfang möglich. Die Herangehensweise im folgenden Kapitel soll ein Vorschlag sein und vor allem Punkte aufdecken, die tieferer Untersuchungen bedürfen.

5 PRODUKTION

Die formulierten Thesen werden Anhand einer praktischen Herangehensweise untersucht. Dafür wird ein Chorstück mit Klavierbegleitung aufgenommen und anschließend in einer experimentellen Arbeitsweise abgemischt. Der Prozess wird dokumentiert, wobei der Fokus auf der Beschreibung der kreativen Entscheidungsfindung liegt. Der gestalterische Ansatz dabei ist mit technischen Mitteln verschiedene Umsetzungen von Granularität in der Mischung zu verwirklichen. Das gestalterische Ziel ist ein höchstmögliches Immersionsgefühl.

Alle Entscheidungen und Einschätzungen in diesem Prozess unterliegen subjektiver Bewertung, da keine Hörversuche mit verschiedenen Versuchspersonen durchgeführt werden. Das Ergebnis dieser Mischung ist daher als ein möglicher Weg zu verstehen, der nicht versucht an jeder Abzweigung stets die *richtige* oder *beste* Entscheidung zu treffen. Vielmehr steht im Fokus diejenigen Punkte im Prozess aufzuzeigen, an denen sich Fragen aufwerfen und Entscheidungen aufdrängen.

5.1 DAS STÜCK

There Always Something Sings ist eine von Dan Forrest komponierte Vertonung eines Gedichtes von Ralph Waldo Emerson aus dem 19. Jahrhundert. Inhaltlich beschreibt es eine hoffnungsvolle Sicht auf die Welt, die davon ausgeht, dass allen Dingen, allem Guten sowie allem Schlechtem, immer eine Melodie/Musik inne ist – *etwas, das singt*.

Arrangiert für eine vierstimmige Chorbesetzung aus Sopran, Alt, Tenor und Bass mit Pianobegleitung wurde das Stück von Sarah Quartel 2020. Es hat eine Dauer von etwa 3'00" – 3'30" und orientiert sich musikalisch an der Stimmung des Textes. Es vermittelt ein positives Gefühl der Leichtigkeit, das durch einfache Harmonien und eingängige Melodiefolgen ausgedrückt wird. Neben eines Pianointro und eines kurzen Zwischenspiels in der Mitte des Stücks gibt es zwei Solostellen des Chores, zudem eine Passage, in der sich die Männerstimmen und Frauenstimmen abwechseln. In der überwiegenden Dauer des Stückes singen alle vier Chorstimmen gleichzeitig mit Klavierbegleitung. Wo Stimmen nicht instrumental eingesetzt werden, ist das Stück homophon. Die Ähnlichkeit in Text und Melodiefolge ist dabei hoch.

5.2 AUFNAHME & ROHMATERIAL

Die Rohaufnahmen werden bereits im Frühjahr 2021 gemacht. Sowohl die einzelnen Chormitglieder als auch das Klavier werden jeweils separat aufgenommen. Aufgenommen wurde mit einem RME *Fireface UC* und einem Computer mit der DAW *Cubase 10* von Steinberg. Die ursprüngliche Idee dabei ist daraus einen Stereomix zu erstellen. Dieser soll sich klanglich an einer Konzertsituation in einer Kirche orientieren, da es zu diesem Zeitpunkt für den Chor durch die Pandemie nicht möglich ist aufzutreten und das Konzert mitzuschneiden. Bereits während der Aufnahmen entwickelt sich aber die Idee ebenfalls eine Mischung in Spatial Audio anzufertigen und dabei speziell die Möglichkeiten zu nutzen, die sich durch die Einzelaufnahmen ergeben.

5.2.1 Chor

Da neben der Tonaufnahme ebenfalls Video aufgezeichnet wird, werden die Mikrofone in etwa 1,5m Abstand zu den Singenden aufgestellt, um nicht im Video sichtbar zu sein. Gearbeitet wird mit einer zweifachen Monomikrofonierung aus jeweils einem Kleinmembranmikrofon. Es handelt sich dabei um ein Schoeps MK 4 mit Nierencharakteristik, sowie die Hyperniere MKH 416 von Sennheiser. Aufgrund des großen Abstandes zwischen Singenden und Mikrofon werden für die Mischung ausschließlich die mit dem MKH 416 aufgenommenen Spuren genutzt, da hier durch die Richtcharakteristik ein größerer Hallradius erreicht werden kann und somit mehr Direktschall im Signal vorhanden ist, was sich positiv auf den Klang auswirkt. Aufgenommen werden zehn Sopran-, 15 Alt-, neun Tenor- und fünf Bassstimmen. Um der unterschiedlichen Gewichtung der Stimmgruppen entgegenzuwirken, werden teilweise mehrere Takes aufgezeichnet und einzelne Basssänger gedoppelt. Außerdem werden im Tenor von einigen Sängern sowohl die Unterstimmen Tenor 1 als auch Tenor 2 eingesungen. Am Ende ergeben sich so 50 Vokalstimmen.

Aufgenommen werden die Einzelstimmen in einem Atelierraum. Um die Reflexionen an den Wänden und damit die Nachhallzeit zu verringern, werden große Stoffbahnen, die gleichzeitig als Greenscreen für die Videoaufnahme fungieren sowie Moltonbahnen an den Seiten in den Raum gehängt. Die gesamte Aufnahmesituation ist als Kompromiss zwischen Tongewerk, Videogewerk sowie der dem Chor zu dieser Zeit zu Verfügungen stehenden Lokalitäten zu betrachten.

Zudem wird im Vorfeld für jede Stimmgruppe eine Referenzstimme im Studio aufgenommen. Dies hat zum Zweck, dass die Chormitglieder sich im Vorfeld an diesen Stimmen orientieren können, da zu diesem Zeitpunkt eine Zusammenkunft des Chores nicht möglich war. Genutzt werden dabei die Aufnahmen mit einem Schoeps MK 4. Auch während der Aufnahme hören die Singenden die Referenzstimmen mittels Kopfhörer. Die Referenzaufnahmen sind ebenfalls Teil der Endmischung und erhöhen die Anzahl der Vokalstimmen auf 54, die sich schlussendlich aus 11 Sopran-, 16 Alt-, 16 Tenor- und 11 Bassspuren zusammensetzen.

5.2.2 Piano

Das Piano wird ebenfalls in einem Atelier aufgenommen. Auch hier wird zur Reduktion der Nachhallzeit mit Greenscreens und Moltonbahnen gearbeitet, die vor Schallharte Wände und auf den Boden gelegt werden. Aufgenommen wird ein Grand Piano, welches in 3 verschiedenen Verfahren aufgezeichnet wird. Eine XY-Stereomikrofonierung mit zwei Microtec Gefell M930 Großmembrankondensatormikrofonen wird mittig über dem Piano realisiert. Eine weitere Stereomikrofonierung im Mid/Side-Verfahren (MS) wird durch ein Schoeps MK8 und MK4 in 2 m Entfernung und auf den geöffneten Korpus gerichtet abgenommen. Die dritte Mikrofonierung besteht aus 2 unabhängig zueinander aufgestellten Schoeps MK 4 Kleinmembrankondensatormikrofonen. Das eine wird auf der kurzen Seite des Pianos an den hohen Seiten oberhalb eines Schalllochs im Metallkorpus, das andere am Fuß der langen Seite aufgestellt, um die tiefen Seiten abzunehmen. Die beiden Mikrofone haben einen Abstand von etwa 160cm zueinander. Die Idee der dritten Mikrofonierung ist bewusst ein anderes Klangbild zu erzeugen und die XY-, bzw. MS-Stereomikrofonierung bei Bedarf dadurch zu erweitern.



Abb. 3 *Aufnahmeaufbau des Grand Pianos*
Quelle: Eigenes Foto

5.3 VORBEARBEITUNG

Durch das Einzelaufnahmeverfahren der Vokalstimmen und den damit einhergehenden Problemen, die im Folgenden beleuchtet werden, ist eine intensive Vorbereitung der Vokalstimmen notwendig, die sich in drei Bereiche unterteilen lässt. Die Vorbereitung findet ebenfalls mit Cubase 10 statt.

5.3.1 Restauration

Aufgrund der vielen sich addierenden Aufnahmen und dem darüber hinaus akustisch sub-optimal nach außen hin abgeschirmtem Aufnahmerraum sind auf der Summe aller Vokalstimmen ein sehr hohes Grundrauschen sowie vereinzelt Störgeräusche zu hören. Letztere werden händisch durch das ersatzlose Ausschneiden von Spurabschnitten beseitigt. In der Summe der Vokalstimmen sind die Auswirkungen davon nicht wahrnehmbar. Das Grundrauschen wird mit dem iZotope Plugin *RX 10 Voice-Denoise* minimiert. Bereits ein leichtes, kaum wahrnehmbares Eingreifen in jede Einzelspur bewirkt ein deutliches Absenken des Grundrauschpegels. Herausstechende Raummoden werden durch schmalbandige Equalizer eingedämmt.

5.3.2 Angleichung

Trotz der Referenzstimmen während der Aufnahme stellen sich große Timing-Unterschiede der Singenden ein. Insbesondere bei scharfen Konsonanten, sowie Ein- und Absetzen der Vokalstimmen muss daher nachgeholfen werden, da der Chor sonst nicht als musikalische Einheit funktioniert. Mit Hilfe des *Audioausrichtungs*-Tools in Cubase wird stark in die Vokalstimmen eingegriffen. *Audioausrichtung* ist ein automatisierter Algorithmus, der mit einer Kombination von *Time-Shifting* und *Time-Stretch* arbeitet und über einen *Genauigkeits*-Parameter in Prozent verfügt. Hier wird mit Werten zwischen 60-80% gearbeitet, was ein ausreichendes Ergebnis liefert und den Chor gleichzeitig noch organisch klingen lässt. Übrige Differenzen der Vokalstimmen werden händisch bearbeitet. Auf eine Pitch-Korrektur wird verzichtet.

5.3.3 Vormischung

Neben dem Verwenden mehrerer Takes derselben Person, bietet sich zudem auch die Möglichkeit einzelne Stimmen aus der Mischung zu entfernen. Das wurde in zwei Fällen aus musikalischen Gründen getan und stellt einen Vorteil in der Produktion, der bei einer klassischen Aufnahme eines Chores nicht genutzt werden kann.

Es werden breitbandige Equalizer eingesetzt, um die Stimmen der einzelnen Stimmgruppen im Frequenzbereich voneinander abzuheben. Zudem wird eine Loudness-Angleichung auf -34 LUFS je Vokalstimme vorgenommen, um auf der Summenmischung in einen Bereich von -23 bis -20 LUFS über das gesamte Stück integriert zu gelangen. Damit wird ein nach *EBU R 128* für klassische Musik anvisierter Loudness-Pegel gesichert.

5.4 IDEE DER MISCHUNG

„ . . . Musik ästhetisiert und narrativiert nicht nur, sie ermöglicht das Eintauchen erst, indem sie eine neue Raumzeitlichkeit aufspannt.“ (Holzmüller, 2016) Holzmüller verknüpft eine Immersionswirkung von Musik direkt mit verkörperten, metaphorischen, und abstrakten Räumen, sowie mit einer verschobenen Zeitwahrnehmung. Der Akustische (verkörperte) Raum soll in dieser Mischung auf technische und kreative Weise vielfältig genutzt werden, um die Konstruktion und Gestaltung weiterer Räume der Musik zu unterstützen. Granularität in Raum und Zeit wird als Werkzeug dafür eingesetzt. Diese soll sich auf die eingangs festgestellten Immersionsfaktoren auswirken. Anvisiert wird eine hohe Immersionswirkung der Mischung.

Ausgangspunkt für die Idee einer Mischung in Spatial Audio ist eine aus dem Material bereits angefertigte Stereomischung mit der realistischen Räumlichkeit einer virtuellen Kirche. Dazu wurden die Stimmgruppen ähnlich einer direktionalen Bühnenaufstellung vor den gedachten Rezipienten platziert. Es soll in der Mischung dieser Arbeit jedoch der gesamte zur Verfügung stehende Raum zur Anordnung der Vokalstimmen genutzt werden. In Bezug auf eine Spatial Audio Mischung klassischer türkischer Musik von Karadoğan und Görne 2019 wird ein ähnlicher Ansatz beschrieben. “Naturally, this leads to a different aesthetics than the common practice in stereo, surround and even 3D audio production, where a typical aesthetic goal is creating a virtual stage, populated with the instruments and voices and surrounded by a proper architectural space“ (S. 3). Daraus folgt

in der Mischung eine *Loslösung von Direktionalität*, da es keine richtungsvorgebende Bühne mehr gibt.

Im Gegensatz zu Allegri und Thallis besteht keine Bindung an eine reale Verteilung der Stimmen im Raum. Hier kann sich von dem Gedanken eines realistischen Ortes gelöst werden. Eine dargestellte Realität kann nun surrealer Natur sein und sich in ihrer Erscheinung gänzlich auf das Ziel der Immersion fokussieren. Durch die Loslösung von Direktionalität und Realismus öffnet sich der gesamte akustische Raum und kann zur Umhüllung der Rezipienten genutzt werden.

Daraus resultiert des Weiteren die Möglichkeit verschiedenster Stimmbewegungen im Raum. Eine Loslösung von dem Ansatz einer statischen Mischung ist die Folge. Bewegung lässt sich dabei einerseits realisieren, als eine konkret wahrnehmbare und verfolgbare Eigenschaft des Klangs, wie Xenakis sie häufig nutzt.

Konträr dazu soll hier vor allem eine Bewegung im Zentrum der Betrachtung stehen, deren Bewegungslinien aufgrund von Vielzahl, Ähnlichkeit und Überlagerung nicht mehr differenziert unterschieden werden können. Dieser Ansatz geht aus der ersten These hervor.

Riedel et al. experimentiert mit zeitlicher Granularität sehr kurzer Intervalle kleiner 200ms und stellt dabei fest, dass die Klangquellen im Raum nicht individuell aufgelöst und lokalisiert werden können. Der wahrgenommene Klang wird als diffus und umhüllend empfunden (2023). Die Mischung verfolgt, ähnlich Riedel et al., die Schaffung einer diffusen, immersiven Klangstruktur. Allerdings wird versucht diese durch Überlagerung von Bewegung in verschiedene Richtungen zu erschaffen. Auch ein Aufteilen von Melodielinien auf verschiedene Vokalstimmen soll untersucht werden. Dabei sind die granulareren Intervalle jedoch deutlich langsamer als die von Riedel et al., schneller und vielschichtiger aber als die von Xenakis. Die Idee ist durch die so umgesetzte Granularität mit dem Grenzbereich der Verschmelzung der Vokalstimmen und der auditiven Auswirkungen davon zu experimentieren.

Um der Mischung musikalisch trotzdem eine Differenziertheit zu verleihen, also eine Verschmelzung aller Stimmen zu jeder Zeit zu vermeiden, fließen weiterhin auch konkret unterscheidbare Anordnungen und Bewegungen der Stimmgruppen mit ein. Hier soll auf die Nutzung kreuzmodaler Metaphern zurückgegriffen werden, um wiederum abstrakte Räume zu unterstützen. „ . . . [U]nsere Wahrnehmung suggeriert eine innere musikalische

Räumlichkeit, die sich sprachlich in dreidimensionalen Metaphern wie ‚Tonraum‘, ‚Tonraumerweiterung‘, ‚Höhe‘ für hochfrequente, ‚Tiefe‘ für niederfrequente Töne etc. niederschlägt“ (Holzmüller, 2016).

Zu erwähnen ist, dass durch den technischen Ansatz und den experimentellen Charakter der Mischung die Verknüpfung mit einer inhaltlichen Dramaturgie von Musik und Text eine untergeordnete Rolle spielt. So soll ein eventueller Konflikt aus technischer Idee und Inhalt des Stückes vermieden werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, dass sich durch den Eingriff in den kreativen Raum von der Ursprungsidee der Komposition entfernt wird. Dies kann zu einer anderen Wirkung des Stückes führen.

5.5 WAHL DER TOOLS

Die für die Mischung genutzten Werkzeuge sollen die experimentelle Herangehensweise und die unkonventionellen Ideen der Mischung unterstützen. Dies hat eine teilweise ebenfalls experimentelle Wahl der Tools zur Folge.

5.5.1 DAW

Neben der DAW *Cubase 10*, die ausschließlich zur Aufnahme und Vorbearbeitung verwendet wird, entsteht die Mischung hauptsächlich in dem Sound-Design-Tool *Sound Particles* (SP) des gleichnamigen Entwicklers in der Version 2.1.4. Die DAW arbeitet mit Partikelsystemen. Dies hat den Vorteil, dass nicht jedes Audioevent bzw. nicht jede Audiospur einzeln bearbeitet wird. Stattdessen stellt eine Spur eine *Partikelwolke* mit beliebig vielen einzelnen *Klangpartikeln* dar. Bearbeitungen werden nur einmalig pro Partikelwolke durchgeführt und auf alle Klangpartikel angewandt. SP stellt dafür einige Effekte zu Verfügung, die Alleinstellungsmerkmale sind dabei vor allem die Prozesse zur Randomisierung und Spatialization im dreidimensionalen Raum. Durch automatisierbare Parameter der Zufalls- und Raumverteilung können viele Klangpartikel zur selben Zeit auf komplexe Art und Weise im Raum angeordnet oder bewegt werden. Es stehen dabei diverse Bewegungsalgorithmen zu Verfügung. Dabei können sowohl die Bewegungen der Klangpartikel innerhalb der Partikelwolke wie auch die gesamte oder mehrere Partikelwolken bestimmt werden. Bemerkenswert ist die grafische Oberfläche, die die Verteilung der Partikel in Echtzeit aus verschiedenen Perspektiven zeigt.

Summenkanäle sind in Form virtueller Mikrofone implementiert, die im Raum platziert und ebenfalls mit Bewegungsparametern versehen werden können. SP unterstützt dadurch diverse Audioformate, unter anderem binaurale Technologien, Ambisonics, und Kanalbasiertes Spatial Audio nativ und zur selben Zeit. Es ist möglich eigene virtuelle Mikrofone zu erstellen und eine kanalbasierte Abhörspur so auf ein entsprechendes Audiosystem individuell anzupassen.

Das Tool ist je nach Abhörkonfiguration sehr rechenintensiv und benötigt lange Renderzeiten, auch während des Bearbeitungsprozesses. SP ist der Idee nach für Soundeffekte in Spatial Audio konzipiert. Eine Integration von Plugins oder erweiterte Mischfunktionen sind nicht vorgesehen. Die Nutzung als DAW für Musik ist nicht ihr eigentliches Anwendungsgebiet, was sich im Vergleich zu anderen DAWs durch einen deutlich geringeren Funktionsumfang und ein eingeschränktes Handling bemerkbar macht.

Da die Integration einer Räumlichkeit in Form eines Hallgerätes ebenfalls nicht in SP möglich ist, wird zusätzlich die DAW *REAPER 6.61* von Cockos genutzt. Innerhalb von Reaper wird ein Raumhall mit den Plugins *Fdn Reverb* und *AIIRA Decoder* der IEM-PlugIn-Suite des *Instituts für Elektronische Musik und Akustik Graz* verwirklicht. Daneben wird Reaper genutzt, um, aus Gründen der Renderzeiten, einzelne mit SP angefertigte Bruchstücke zu den Endmischungen zusammenzusetzen.

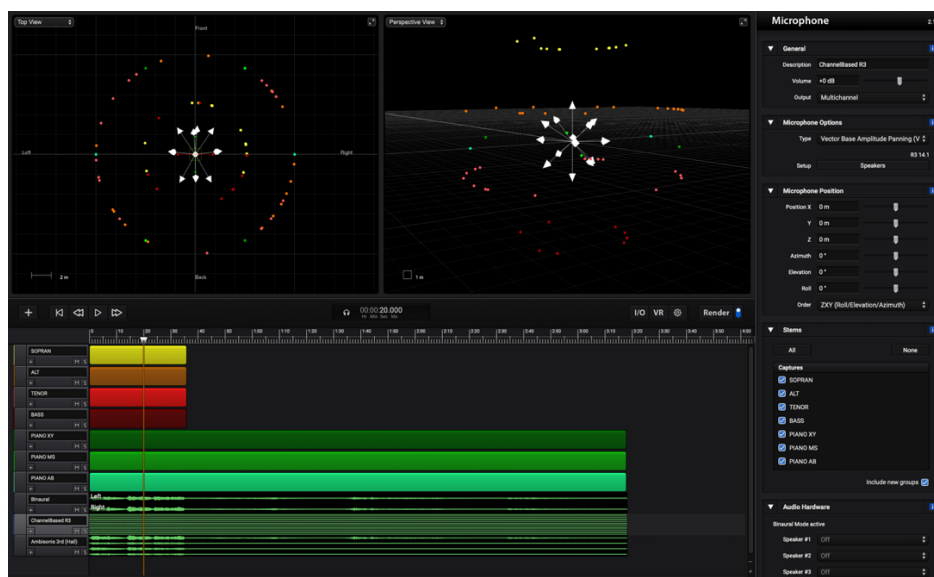


Abb. 4 *DAW Sound Particles*
Quelle: Sound Particles; Bildschirmfoto

5.5.2 Audiosystem

Als Abhörsystem steht ein vollsphärisches Mehrkanal-Audiosystem mit 14.1 Kanälen des Tonlabores der HAW Hamburg in der Regie R3 zu Verfügung. Das System besteht aus 14 Genelec 8331A sowie einem Genelec 7370A Subwoofer. Es verfügt über drei Höhenebenen mit jeweils vier Lautsprechern, sowie einem Bottom-Center- und einem Top-Center-Lautsprecher (VoG). Eine genauere Anordnung ist Abb. 5 und Abb. 6 zu entnehmen. Signalgespeist wird das System über zwei Yamaha Ri8-D, die mit der Audionetzwerklösung Dante von Audinate verbunden sind. Das System wird vor der Nutzung mit der dafür von Genelec bereitgestellten Software GLM4 4.2.2 und Messmikrofon kalibriert. Als Arbeits- und Abspielgerät wird ein Computer in der Mitte des Raumes platziert, der direkt mit dem Dante-Netzwerk verbunden ist.

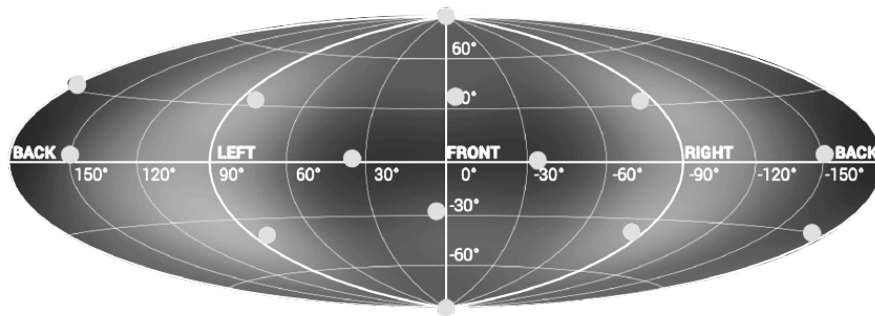


Abb. 5 *Azimutalprojektion der Lautsprecheranordnung in AIIRA*
Quelle: AIIRA Decoder; Bildschirmfoto



Abb. 6 *Technisches Setup der Regie R3 des Tonlabors der HAW Hamburg*
Quelle: Eigenes Foto

5.5.3 Audioformat & Routing

Für eine Arbeit in Ambisonics ist eine hohe Anzahl an Kanälen notwendig, um eine gute Raumauflösung zu erreichen. Fonseca, der Chefentwickler von SP, empfiehlt mindestens in Ambisonics dritter Ordnung zu arbeiten, was durch 16 Kanäle darstellbar ist. (2020)

Da bei der hier geplanten Untersuchung die Verortung der Klangquellen im Raum begründend ist, und mit sehr fein wahrgenommenen Unterschieden in der Ortung gearbeitet werden soll, wird einer hohen Präzision in der Abbildung von Klangquellen größte Wichtigkeit beigemessen. Aufgrund dessen wird entschieden kanalbasiert zu arbeiten, was den Vorteil hat, dass durch Vector-Based-Amplitude-Panning (VBAP) maximal drei Lautsprecher für eine Klangquelle zur selben Zeit aktiv sind. Dies liefert im Vergleich zu Ambisonics kleiner der dritten Ordnung eine stabilere Raumauflösung. Dazu wird in SP ein virtuelles Mikrofon angelegt, dessen 14 Mikrofonkapseln jeweils die 14 Lautsprecher des Systems abbilden und deren Raumkoordinaten entsprechen. Der Subwoofer ist ebenfalls abbildbar. Obwohl ein Routing der 15 virtuellen Kanäle direkt über Dante funktioniert, wird mit einem Umweg über REAPER gearbeitet, um Zwischenarbeitsschritte aufzeichnen und vergleichen zu können. SP verfügt weder über die Möglichkeit ein Rendering kurzzeitig parallel zu speichern noch über einen Rückgängig-Button.

Im Gegensatz dazu wird der Hallraum mit Hilfe von Ambisonics dritter Ordnung realisiert, indem ein weiteres virtuelles Mikrofon in SP platziert wird. Eine präzise Ortung und eine hohe Anzahl an Lautsprechern ist für die Implementierung einer verhallten Räumlichkeit weniger von Bedeutung (Agrawal et al., 2018). Ambisonics eignet sich gut dafür große Räumlichkeiten und Atmosphären zu synthetisieren (Field, 2002). Des Weiteren hat es den technischen Vorteil, dass FdN Reverb als Ambisonics-fähiges PlugIn genutzt werden kann. Hier wird dasselbe Routing genutzt, wobei die virtuellen Kanäle 17-32 im Ambisonics B-Format vorliegen.

Über den AIIRA Decoder werden die virtuellen Kanäle 17-32 nach Anwendung des FdN-Reverb in REAPER in das A-Format umgewandelt und können summiert mit den virtuellen Kanälen 1-15 auf die physischen 15 Kanäle der Dante-fähigen Ri8-D geroutet werden, wie dem Signalweg in Abb. 7 zu entnehmen ist.

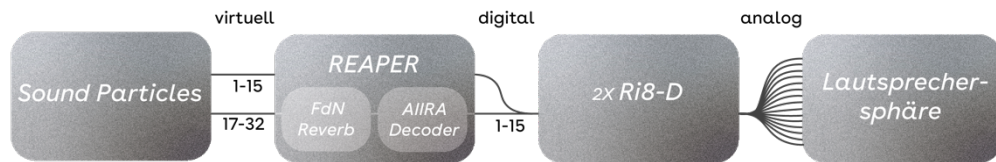


Abb. 7 *Signalflussgraph des Gesamtsystems*
 Quelle: Eigene Darstellung

5.6 MISCHUNG & KREATIVENTSCHEIDUNGEN

Die folgenden Abschnitte beschreiben dokumentarisch die praktische Umsetzung der Ideen in der Mischung. Sowohl gewählte als auch verworfene Ansätze werden beleuchtet und begründet. Die aufgestellten Thesen fungieren dabei richtungsweisend. Es werden außerdem subjektive Wirkungseindrücke festgehalten.

5.6.1 Aufteilung in Mischabschnitte

Zunächst wird das Stück entsprechend Abb. 8 in Abschnitte unterteilt. Dieses Vorgehen ist der Arbeitsweise von SoundParticles geschuldet. Nicht die Audio-Files oder Spuren sind das zentrale Element, das bearbeitet wird, sondern vielmehr steht die Partikelwolke im Zentrum der Modifikation. Will man nun eine Partikelwolke mit grundlegend anderen Eigenschaften ausstatten, um zum Beispiel einen geänderten Bewegungsablauf im Raum zu verwirklichen, so muss eine neue Wolke erstellt werden. Auch die Partikel werden damit neu kreiert und die Wolke muss wieder mit neuen Audioquelldateien ausgestattet werden. Daraus resultiert in der Arbeitspraxis der Chor-Mischung, dass die SP-Wolken mit ihren Partikeln, als Äquivalent zu den Chorstimmen, für jeden Mischabschnitt neu erstellt werden, die dann mit den Audioquelldateien des jeweiligen Abschnitts bespielt werden.

Eine weitere Notwendigkeit dafür stellt der hohe Rechenaufwand dar. Nach jedem Arbeitsschritt muss neu gerendert werden. SP rendert dabei immer das gesamte Projekt, mit allen Spuren auf alle virtuellen Mikrofone. Eine Eingrenzung auf einen Zeitraum oder bestimmte Spuren ist nicht möglich. Durch die kurzen Passagen bleibt der Rechenaufwand während des Produktionsprozesses beherrschbar.

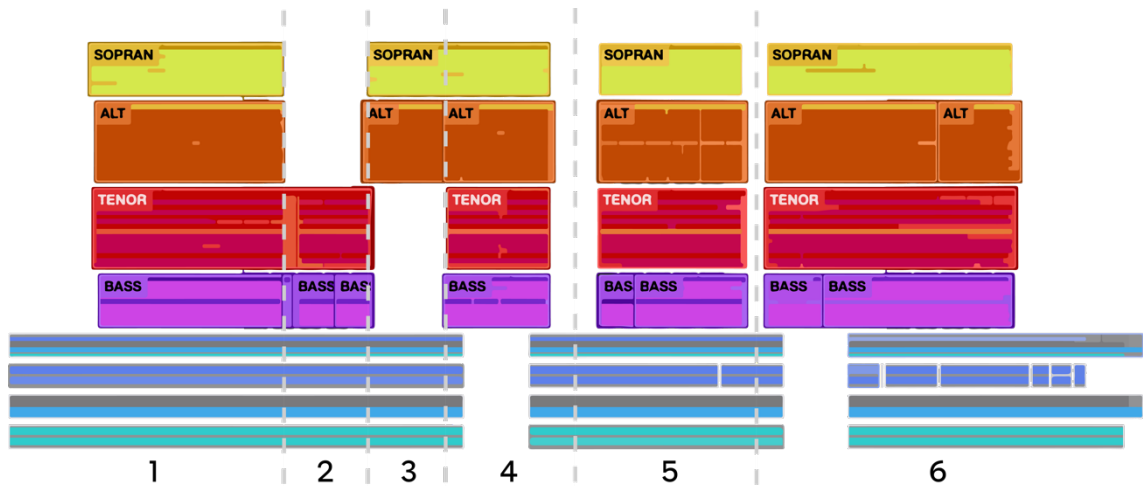


Abb. 8 Unterteilung des Stückes in 6 Teilabschnitte
 Quelle: Cubase; Bildschirmfoto verfremdet

Kriterien zur Unterteilung waren musikalisch sinnvolle Einschnitte und Generalpausen des Chores. Für jeden Abschnitt werden die Vokalstimmen und Pianomikrofinierungen einzeln exportiert. Zudem werden die Pianomikrofonierungen zusätzlich über den gesamten Zeitraum exportiert, um das Piano gesondert und am Stück bearbeiten zu können.

Trotz der Aufteilung des Stückes in Abschnitte, sind je nach eingesetzten Effekten lange Renderzeiten notwendig. Diese sind kritisch für den Mischprozess, da sie ihn aufhalten und den kreativen Fluss behindern. Um dem entgegenzuwirken, wird häufig ohne Räumlichkeit, ohne Klavier und / oder mit verringerter Stimmanzahl gemischt. Es wird darauf geachtet, dass mindestens 12 Klangpartikel (z. B. drei Stimmen je Stimmgruppe) aktiv sind, um eine Verschmelzung des Chores beizubehalten. Auch werden mit Hilfe der grafischen Oberfläche häufig mehrere Arbeitsschritte durchgeführt und nicht jeder Zwischenschritt auditiv gegengeprüft. Hier wurde ein Kompromiss aus Genauigkeit des Erkenntnisgewinns und Praktikabilität gezogen. SP erweist sich insgesamt als sperriges Werkzeug für die Musikproduktion.

5.6.2 Räumliche Granularität

Es wird der Ansatz verfolgt jeder Stimmgruppe eine eigene Partikelwolke zuzuordnen, um eine räumliche Separierung der Stimmen zu ermöglichen und mit je Stimmgruppe verschiedenen Effekten zur selben Zeit zu experimentieren. Jede Partikelwolke wird mit exakt so vielen Partikeln ausgestattet, dass sie der Stimmanzahl der jeweiligen Stimmgruppe entspricht. So entspricht jedes Partikel im jeweils einer Stimme im Chor.

Die Versuche in der räumlichen Verteilung der Stimmen bestätigen sich die Erkenntnisse zu Vielzahl und Ähnlichkeit⁸. Es ist eine hohe Abweichung von einer statischen und geordneten Anordnung des Chores möglich, ohne dass dieser musikalisch zerfällt. Insgesamt eröffnet sich ein großer räumlich-granularer Spielraum, in dem Untersuchungen stattfinden können, wobei gleichzeitig eine Wahrnehmung des Chores als stimmige Einheit gesichert ist.

Zunächst werden die Vokalstimmen um ein mittig platziertes virtuelles Mikrofon herum platziert. Es wird auf eine kreis- oder sphärenförmige Anordnung der Stimmen zurückgegriffen, um alle Stimmen im selben Abstand zum Abhörpunkt zu halten und Lautstärkeunterschiede zu vermeiden. Bei einer statischen Anordnung fällt auf, dass einzelne Stimmen teilweise etwas hervortreten. Die Richtung dieser Stimmen werden üblicherweise an einer realen Lautsprecherposition festgemacht. Ortungen zwischen den Lautsprechern treten in diesem Zusammenhang eher nicht auf. Es wird vermutet, dass dieser Effekt eintritt, wenn eine Stimme zufällig sehr nah an den Koordinaten eines realen Lautsprechers platziert wurde und sich dadurch die Breite der Schallquelle verringert und eine präzisere Ortung hervorruft.

Durch Hinzufügen von Bewegung auf horizontalen Kreisbahnen verändert sich die Wahrnehmung des Klangs. Der ganze Chor klingt schwebend und gefühlt räumlich etwas höher, wobei die Ortung des Klangs in den unteren Schichten dennoch vorhanden ist. Im Vergleich zur statischen Anordnung wird sie subjektiv als angenehmer und umhüllender aufgefasst. Die Geschwindigkeit der Bewegungen ist dabei auf einer Skala zwischen 0°/s und einem Maximalwert uniform-verteilt randomisiert. Bei Bewegungen mit Maximalwerten unter 10°/s ist diese Wirkung kaum wahrnehmbar, erhöht sich aber mit steigender Maximalgeschwindigkeit. Als sehr umhüllend würde eine Geschwindigkeit von 30°/s empfunden. Bei deutlich schnelleren Bewegungen stellt sich eine Art eiernde Bewegung im Klang ein, die mit steigender Geschwindigkeit weiter zunimmt. Sie erinnert an den Klang eines Leslie-Lautsprechers, allerdings deutlich unregelmäßiger und diffuser. Dieser Effekt wird als eher störend und nicht-immersiv eingestuft, da er ablenkend und verwirrend wirkt.

⁸ s. Kap. 2.5 VIELZAHL & ÄHNLICHKEIT

Weniger zielführend scheint der Ansatz Partikelwolken in einer Richtung des Raumes zu verorten und mit Bewegung der Klangpartikel auszustatten. Ein Unterschied in der auditiven Wahrnehmung fällt sehr gering aus. Der Unterschied wird etwas größer, je größer die Partikelwolke ist. Es kann nicht festgestellt werden, ob die bewegte Wolke subjektiv ästhetischer klingt. Eine Auswirkung auf ein Immersionsempfinden wird nicht festgestellt.

5.6.3 Zeitliche Granularität

Schwieriger hingegen stellt sich die Implementierung zeitlicher Granularität dar. Verfolgt wird das Ziel die Melodielinie einer Stimmgruppe auf verschiedene Vokalstimmen zu zerteilen. Bei der Aufteilung von Stimmen, die um den Abhörpunkt herum abgeordnet ist, wirkt dies jedoch zerhackt, unabhängig von der Länge der Klangpartikel. Es werden dabei Versuche mit einer Partikeldauer von 0,2s – 2s durchgeführt. Es sind mehrere sich überlagernde Partikelwolken notwendig, um dem Effekt entgegenzuwirken. Je höher die Anzahl der Klangpartikel ist, desto eher wird die zeitliche Granularität als sehr schnelle unbestimmte Bewegung im Raum wahrgenommen. Erst ab einer Anzahl von etwa 100 Partikeln/s stellt sich eine dauerhafte Verbindung des Klanges ein. Verwendet werden dabei Intervalle zwischen 0,2s und 5s mit einer Gauß Verteilung. Aufgrund der hohen Anzahl der Klangquellen im Raum, scheint der Klang von überall zu kommen. Eine granulare Struktur ist nur sehr schwach zu erkennen. Mit dem Hinzufügen weiterer Klangpartikel verschwindet diese komplett. Es ergibt sich eine undefinierte Klangfläche, die als wenig umhüllend empfunden wird. Im Vergleich zum Ansatz der räumlichen Granularität ist die Wirkung weniger zielführend und rechenintensiver. Lediglich bei dem gewollten Effekt von viel Klang aus allen Richtungen zu erzeugen, ist der Vorteil gegeben, dass eine eiernde Bewegung im Klang vermieden wird.

Deutlich besser funktioniert der Effekt der zeitlichen Aufteilung an Gesangstellen, an denen die Stimme instrumental und ohne Text eingesetzt wird. Hier stellt sich eine Verschmelzung bei selber Intervalllänge und -verteilung bereits bei etwa 30 Partikeln/s ein. Das ist vermutlich auf eine höhere Ähnlichkeit der Stimmen zurückzuführen. Untersucht wurden vor allem Bass und Tenor in Teil 1, die mit einer summenden Begleitstimme starten.

Auch bei einer Bewegung der Partikelwolke in eine Richtung des Raumes ist der Ansatz eher umsetzbar. Dennoch sind störende Stimmsprünge auffällig, wenn die Partikelwolke

zu groß ist, zu wenige Artikel enthält, oder die Zeitintervalle zu kurz gewählt werden. Ein annehmbares Ergebnis kann z.B. für den 16-stimmigen Alt mit etwa 10 Partikeln/s bei einer rampenförmigen Zufallsverteilung (lange Intervalle wahrscheinlicher) zwischen 0,2s – 4s Partikellänge generiert werden. Obwohl die Struktur im Klang deutlicher hervortritt, klingt im direkten Vergleich eine statische Anordnung ruhiger und mehr nach Chor. Ein maßgeblicher Gewinn an Immersion ergibt sich nicht.

Nach einigen Versuchsreihen wird sich dazu entschlossen, in größten Teilen auf die zeitliche Granularität zu verzichten. Sie bietet auf dem hier untersuchten Feld keine Vorteile gegenüber einer räumlichen Granularität, die hingegen dem gewünschten Ziel im Ergebnis näher kommt. Lediglich in Teil 2 kommt sie zum Einsatz, um eine alternative zur räumlichen Granularität zu nutzen, die in dieser Aufteilung des Chores eine noch geringere Wirkung zeigt.

Eine Kombination von räumlicher und zeitlicher Granularität widerspricht sich bzw. vereint eher die Nachteile als die Vorteile beider Methoden.

5.6.4 Anordnung der Partikelwolken im Raum

Auf Basis der praktisch gewonnenen Erkenntnisse der Auswirkungen von Granularität im Chor wurde folgendes Panning der Partikelwolken umgesetzt: Zu Beginn wird eine vierschichtige Kugel aufgespannt. Der Höhe nach, sind nach kreuzmodalen Prinzipien die Stimmgruppen übereinandergeschichtet. Der Bass befindet sich unten, darüber der Tenor leicht unterhalb der Meridianebene. Etwas darüber der Alt und als eine Art Kuppel der Sopran. Die Aufteilung kombiniert sich vor allem am Anfang gut mit der räumlichen Granularität. Die Textstimme des Sopran von oben wird durch eine sehr leichte, umhüllende, textlose Begleitung vom Rest des Chores um einen herum untermalt.

In Teil 2 werden die Stimmgruppen kreuzweise im Raum verteilt. Das soll die abwechselnden Einsätze von Bass & Tenor sowie Alt & Sopran unterstreichen. Hierbei wird zeitliche Granularität eingesetzt. Als schwierig erweist sich der Übergang zwischen den beiden Stellen. Ein Bruch mit der Raumlogik wird vermieden. Stattdessen wird am Ende des ersten Teils eine langsame Bewegung der Kreisbahnen hin in jeweils vier verschiedene Richtungen eingeleitet. Während der Bewegung verliert sich auch die Höhenschichtung der Stimmgruppen, dafür breiten sich alle vier Partikelwolken in die Höhe aus. Teil 3 wird genutzt, um die Bewegung mit etwas mehr Zeit rückläufig stattfinden zu lassen.

Recht lange überschneiden sich die vier Partikelwolken, erst gegen Ende der Bewegung sind sie vollständig voneinander separiert. Es wird festgestellt, dass im Laufe der Bewegung eine Art Kippunkt überschritten wird. Die Stimmgruppen werden dabei entweder diffus vermengt oder in die Richtungen vereinzelt geortet. Ein fließender Übergang zwischen diffus und konkret, wie zunächst erwartet, tritt nicht ein. Bei einer solchen räumlichen Bewegung sollte auf diese Kippunkte verstärkt geachtet werden, da trotz vermeintlich langsamer Bewegung im Raum der Kippunkt als *plötzlich eintretend* wahrgenommen werden kann. In Bezug auf Immersion kann dieser Effekt eine ablenkende Wirkung haben.

In Teil 5 und Teil 6 wird weitestgehend die Anordnung aus Teil 1 übernommen. Variiert wird dabei in Teil 6 die Geschwindigkeit der Bewegung. Zunächst bewegen sich die Partikel bei der etwas ruhigeren Solo-Stelle des Chores etwas langsamer. Mit Einstig des Klavieres beschleunigt sich die Geschwindigkeit, um auf den bevorstehenden Schlusshöhepunkt des Stückes hinzuarbeiten. Die Wirkung höhere klangliche Struktur. Diese Dynamik in der Bewegungsstruktur vereint sich mit der Anhebung Lautstärke. Subjektiv wird wahrgenommen, dass *viel um einen herum* passiert. Ein leichtes Gefühl der Unruhe, das dabei in der Mischung entsteht stört an dieser Stelle nicht sondern unterstützt die Umhüllung eher. Richtung Ende nimmt mit abnehmender Dynamik des Chores auch die Bewegung der Klangpartikel ab.

5.6.5 Piano

Eine Herausforderung stellt die Integration des Pianos in die Mischung dar. Da es als einziges Instrument dem Chor, der sich auf einer Art 360° Sphäre bewegt, gegenüber steht, gäbe eine realistische Platzierung eines realen Pianos an einer bestimmten Stelle im Raum der Mischung eine Gewichtung in diese Richtung. Dies ist nicht gewollt. Stattdessen wird der Ansatz verfolgt ein surreales Piano ebenfalls auf eine 360° Sphäre zu legen.

Erste Versuche legen nahe, dass sich verschieden zueinander bewegende Piano-Spuren eine eher verwirrende und im ungewollten Sinne aufmerksamkeitsfordernde Wirkung haben. Insbesondere durch Stereobilder der XY- und M/S-Mikrofonierung, die sich je nach Momentanposition der Piano-Partikel aufspannen und wieder zusammenfallen. Dementsprechend wird verfolgt, das Piano als formlich [H1] fest definierten Korpus zu manifestieren, bei dem die Abstände der Partikel zueinander stets dieselben sind. Um eine möglichst non-direktional wahrgenommene Verteilung der Piano-Partikel zu erreichen, wurde

sich zunächst dafür entschieden alle sechs Mikrofon-signale der Pianoaufnahme zu nutzen.

Der erste Ansatz ist die sechs Piano-Partikel auf einer Sphäre gleichmäßig zu verteilen. Dabei fällt auf, dass sich die gewünschte Wahrnehmung des Pianos als ein Korpus nicht einstellt. Vielmehr werden auditiv verschiedene Punkte im Raum identifiziert, aus denen das Piano gleichzeitig zu kommen scheint. Es wird daraufhin versucht durch eine gleichmäßige, langsame Rotationsbewegung aller Piano-Partikel eine Einheit zu erzeugen. Dies ist in SP jedoch technisch nicht umzusetzen, da für die anvisierte Bewegung eine Rotation um 2 Achsen notwendig ist. SP kann diese Bewegung nicht darstellen, ohne dass sich einzelne Partikel in entgegengesetzter Richtung zueinander bewegen, was wiederum die im Vorfeld angesprochen Probleme des Zerfallens des Piano-Korpus, sowie des Stereobildes nach sich zieht.

Stattdessen wird ein zweiter Ansatz verfolgt. Das Piano wird auf einem Kreis in der Horizontalebene platziert. Die Piano-Partikel werden mit gleichem Abstand darauf verteilt, wobei die zusammengehörigen Stereoaufnahmen stets gegenüber voneinander platziert werden. Ein ähnlicher Ansatz wäre die Stereoaufnahmen jeweils nebeneinander anzuordnen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Klangfarben der verschiedenen Aufnahmen entsteht hierbei wieder der Eindruck einer Richtung, in die das Piano positioniert ist (insbesondere bei der folgend hinzugefügten Drehbewegung) und wird nicht weiter verfolgt. Die Anordnung hat den positiven Effekt weniger Verwirrung bei der Ortung des Pianos zu erzeugen. Es entsteht eine Art hyperreales, übergroßes Piano, das mehr als Einheit wahrgenommen wird als zuvor. Den Klangpartikeln wird eine mittelschnelle Drehbewegung von $20^\circ/\text{s}$ hinzugefügt. Es dreht sich somit wie auf einer Art horizontalen Scheibe, in deren Mitte sich die Abhörposition befindet. Dies lässt das Piano weniger statisch wirken und umhüllt etwas mehr.

Für die binaurale Wiedergabe wird festgestellt, dass das MS-Signal in dieser Anordnung zu Problemen führt. Immer wenn sich beide MS-Signale zeitgleich über die räumliche X-Achse bewegen, entstehen ungewollte Auslöschungen auf dem Kopfhörersignal. Für ein binaurales Rendering sollte auf die Drehbewegung dieser Anordnung verzichtet werden. Gelöst wird dieses Problem dadurch, dass statt der beiden MS-Signale lediglich das Mid-

Signal genutzt wird. Das Piano wird folglich nunmehr durch fünf Klangpartikel aufgespannt. Für Stereosignale eröffnet sich bei der Verwendung eines Ansatzes mit Granularität ein neues Feld, das noch weiterer Untersuchung bedarf.

Obwohl der Ansatz der Granularität zum schlussendlichen Ergebnis geführt hat, wird das Piano lediglich durch einzeln platzierte Mikrofone und eine langsame Drehbewegung dargestellt. Die eigentliche Idee der Granularität ist weggefallen. Gründe hierfür waren einerseits Probleme mit Stereosignalen, andererseits der Umstand, dass ein surreales Piano ohne definierten Korpus subjektiv weniger ästhetisch klang. Eine Beeinflussung durch Gewohnheit kann nicht ausgeschlossen werden.

5.6.6 Räumlichkeit

Eine surreal große Räumlichkeit soll die Wirkung der Umhüllung unterstützen. Dabei wird darauf geachtet, dass der Hallraum nicht zu laut ist und somit nicht die granulare Struktur des Klangs überdeckt. Mit Hilfe des FdN Reverb entsteht eine lange, aber in ihrer Dynamik eher dezente Hallfahne. Ein positiver Effekt ist, dass die Übergänge der einzelnen Aufteilungen des Stückes zusätzlich überlagert werden.

Bemerkenswert ist, dass das Hinzufügen der Räumlichkeit über das vollsphärische Audiosystem, den größten Einfluss auf das Immersionsgefühl ausübt. Diese Erkenntnis unterstreicht wie vielschichtig Immersion entstehen kann und wieviele Stellschrauben der Beeinflussung sie bietet. Gleichzeitig wird die Bedeutung von Granularität im Kontext Immersion etwas relativiert. Sie ist nur eines von vielen Mitteln, das für das Erreichen von Immersion hilfreich ist. Ihre Auswirkung ist begrenzt.

6 Diskussion

Im Rahmen der praktischen Anwendung von Granularität an einer Chormischung werden einige Erkenntnisse gewonnen. Granularität zeigt sich dabei als fragil und sollte bedacht eingesetzt werden. Im Folgenden wird das Ergebnis aus verschiedenen Blickwinkeln reflektiert.

6.1 EINORDNUNG

Das Ergebnis der Endmischung setzt sich von der Idee der Aufteilung des Chores wie sie Allegri verfolgt ab. Die Stimmgruppen werden meist nicht in ihrer räumlichen Richtung,

sondern in ihrer Höhenschichtung getrennt. Allerdings gibt es eine Stelle im Stück mit wechselnden Einsätzen, die dem Ansatz einer Umhüllung im Sinne der *cori spezzati* nachempfunden ist.

Genau diese Stelle stellt auch die einzige Gemeinsamkeit zu den räumlich granularen Ansätzen Xenakis dar. Eine Bewegung des Abhörpunktes, wie sie Xenakis Vorgehensweise mit einem nicht-statischen Publikum nahe käme, wurde nicht umgesetzt.

Die Mischung teilt zwar die Grundidee beider Komponisten, Räumlichkeit als kreatives Mittel der Umhüllung einzusetzen, darüber hinaus ist dies in diesem Ergebnis allerdings hauptsächlich durch die Bewegung einzelner Klangquellen zueinander erreicht worden. Ein Vergleich mit Xenakis *Eonta* ist hier nicht zu ziehen, da sich die Form der Bewegungen zu sehr unterscheidet.

Mehr erinnert diese Mischung an den Ansatz Thallis. Der Gedanke der Medientechnischen Umsetzung hingegen ähnelt der von Cardiff. Auch hier grenzt sich die Mischung aber erstens in der Bewegung der einzelnen Klangquellen zueinander, und zweitens in der vollsphärischen Umgebung der Rezipienten ab.

Dieser Ansatz ist im Genre des klassischen Chores neu. Potentiale, diesen als eine von mehreren Methoden Immersion zu erreichen, werden gesehen. Der Prozess beschreibt dabei eine ständige Gratwanderung, zwischen Verschmelzung und Zerfall. Stetig wird mit diesem Umstand und Ausbrüchen in die eine oder andere Richtung gespielt. Retrospektiv könnte man als Herausforderung von Granularität die Taktik beschreiben, den Chor möglichst nah an den Punkt des Zerfalls zu bringen, ohne diesen zu überschreiten, um eine granulare Struktur im Klang zu erhalten. Wie durch Miller, Deutsch und Görne untermauert, ist das für den Klang im Sinne des Zusammenhalts des Chorkorpus in gewissem Rahmen durchaus möglich.

6.2 ÜBERPRÜFUNG DER THESEN

Die Mischung zeigt, dass Granularität ein geeignetes Werkzeug darstellt, um dynamische Bewegung im Klang darzustellen. Sowohl ihre zeitliche, insbesondere aber ihre räumliche Anwendung bestätigen somit die erste These.

Schwerer zu untersuchen ist der Einfluss von Granularität auf den system-auditiven Immersionsfaktor. Erste subjektive Einschätzungen legen nahe, dass Granularität in einer

Chormischung ein Potential besitzt, im Vergleich zu einer statischen Mischung mehr Immersion zu erzeugen. Diese Vermutung sollte jedoch weiterführend durch Hörversuche überprüft werden. Es kann an dieser Stelle keine schlussendliche Aussage getroffen werden, eine Fortsetzung der Forschung in diese Richtung scheint jedoch vielversprechend.

Die Auswirkung auf den musikalisch-phänomenologischen Immersionsfaktor lässt sich im Rahmen dieser Arbeit nicht klären. Dies liegt darin begründet, dass die Ursache einer daraus resultierenden musikalischen Immersion in dieser praktischen Arbeit nicht auf konkrete Punkte zurückzuführen ist. Selbst wenn sich durch weitere Hörversuche ein Einfluss auf den musikalisch-phänomenologischen Faktor bestätigt, kann Granularität nicht mit Sicherheit als ihr Ursprung festgemacht werden. Es könnte das vollsphärische System, die wahrnehmbare Bewegung der Stimmgruppen oder die musikalische Darbietung an sich ursächlich dafür sein. Um die dritte These zu klären, muss sie feiner aufgespalten und eine entsprechende praktische Vorgehensweise zur Unterscheidung der Ursachen entworfen werden.

6.3 EINFLUSS DES WERKZEUGS

Vor allem das Werkzeug sollte einen Arbeitsablauf unterstützen. Es sollte darauf geachtet werden, dass die technische Herausforderung, Granularität zu erzeugen, nicht zu einer Störung der Mischungsablaufs führt, z.B. durch für Musik ungeeignetes Handling der Tools oder lange Renderzeiten.

SP hat als hauptsächlich genutztes Tool die Mischung auch inhaltlich beeinflusst. Einerseits durch Einschränkungen in der Nutzung von Funktionen zur Mischung, andererseits in einer komplizierten Handhabung im Vergleich der Auswirkungen der Arbeitsschritte auf die auditive Wahrnehmung. Auch Unterbrechungen durch Renderzeiten wirken sich nicht fördernd auf den kreativen Fluss im Mischprozess aus. Es wird festgestellt, dass es an einem für Musik adäquat und praktisch anwendbaren Tool, um Granularität in der hier beschriebenen Form darzustellen, fehlt.

6.4 WAS EINEN CHOR ZUM CHOR MACHT

Immersion durch Granularität bedeutet auch den Korpus Chor in seine Einzelteile zu zerlegen, um diese diffiziler hörbar zu machen. Das ist der Grundidee des Chores, in dem die Vokalstimmen zu einer Einheit verschmelzen allerdings zuwider. Auch wenn diese Verschmelzung im Mischprozess funktioniert, ist die Diskussion um die Zerlegung des

Chores ist nicht nur klang-theoretisch zu führen. Einige Faktoren, die den Klang direkt beeinflussen, sind praktischer Natur. Schon die hier genutzte Methode der Einzelaufnahme löst sich von der Grundidee Chor. Die Folgen sind weitreichend: Die Chormitglieder sollen plötzlich Solo singen. Chorgesang allerdings funktioniert im Chor, nicht im Sologesang.

Ein Chor lebt von der Dynamik der Gruppe, insbesondere dem Zuhören der anderen Musiker*innen innerhalb, aber auch außerhalb der eigenen Stimmgruppe. Diese Orientierungspunkte sind wichtig für eine eventuelle Angleichung der Tonhöhe, Tonlänge, Timing der Einsätze und Absätze, Aussprache, Klangfarbe, Dynamik und Atempausen. Offenbar kann dieser Teil des kreativen Schaffensprozesses nicht adäquat durch das Studio-Setting mit Kopfhörern und Referenzstimmen auf dem Ohr reproduziert werden. Zudem fehlt eine Dirigentin oder ein Dirigent als Ankerpunkt und kreative Leitung in Echtzeit. Um einen Chor in diesem Setup befriedigend aufnehmen zu können braucht man eher Solo-Sängerinnen und -Sänger, die allerdings im Gesang-Stil eine Chorsängerin oder einen Chorsänger nachahmen. Für Laienchöre, wie in diesem Fall, ist diese Aufnahmemethode von vornherein ungeeignet. Selbst bei Profimusikern ist zu vermuten, dass der stark veränderte Schaffensprozess auch zu einem, mit einem Chor verglichen, anderen Ergebnis führen würde. Diese Faktoren werden durch die aufwändige Vorbearbeitung der Aufnahmen versucht abzufedern, was nur bedingt möglich ist.

Was in diesem Kontext die Immersion betrifft, wird die Vermutung aufgestellt, dass sich eine Verschlechterung der musikalischen Qualität, wie sie hier zu beobachten ist, negativ auf den musikalisch-phänomenologischen Immersionsfaktor auswirkt. In diesem Falle wäre eine solche Herangehensweise an dieser Stelle hinderlich für Immersion. Weitere Forschung könnte untersuchen, wie einzelne Chormitglieder besser auf ein solches Aufnahmeszenario vorbereitet werden können. Sie könnte andererseits zu dem Ergebnis kommen, dass die hier besprochenen Faktoren so wichtig für die Konstituierung des Chorgesangs sind, dass gänzlich von dem hier untersuchten Ansatz abzusehen ist. Eine Alternative wäre eine Einzelmikrofonierung der Singenden bei gesamter Choraufstellung. Hier stellt sich die Frage der Praktikabilität.

Zu dieser Problematik lässt sich außerdem noch die Komponente der Räumlichkeit hinzuzählen. „The importance of concert hall acoustics for musical performance is well established among musicians and conductors. Different acoustics lead to different musical results“ (Jan Berg, 2016). Es ist also zu vermuten, dass nicht nur die Aufnahmeform,

sondern auch die klangliche Räumlichkeit das musikalische Aufnahmeergebnis zumindest verzerrt.

Insgesamt wird das größte Potential von Granularität dann gesehen, wenn es bei der Komposition bereits mitgedacht wird. So können sich musikalische und technische Vorgehensweise im Sinne der Immersion ergänzen und die hier thematisierten Problematiken in der Produktion von Beginn an bedacht und abgeschwächt werden.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- Agrawal, S., Braasch, J. (2018). *Impression of Spatially Distributed Reverberation in Multi-channel Audio Reproduction*. New York: Audio Eng. Soc. Convention Paper 10076.
- Agrawal, S., Simon, A., Bech, S., Bærentsen, K. & Forchhammer, S. (2020). Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Audiovisual Experiences. *Journal Audio Eng. Soc.*, 68 (6), 404 – 417. Struer, Lyngby, Aalborg, Aarhus: Audio Eng. Soc.
DOI: <https://doi.org/10.17743/jaes.2020.0039>
- Berg, J., Jullander, S., Sunkvist, P. & Kjekshus, H. (2016). *The influence of room acoustics on musical performance and interpretation – a pilot study*. Paris: Audio Eng. Soc. Convention Paper 9584
- Byram-Wigfield, B. (1996). *MISERERE MEI, DEUS - GREGORIO ALLEGRI - A Quest for the Holy Grail?*
<https://www.ancientgroove.co.uk/essays/AllegrBook.pdf> abgerufen am 17.04.2024
- Cardiff, J. (o. D.). *Janet Cardiff & George Bures Miller*.
<https://cardiffmiller.com/installations/the-forty-part-motet/> abgerufen am 24.01.2024
- Deutsch, D. (1999). Grouping mechanisms in music. In D. Deutsch, *The psychology of music* (2. Aufl.), 299 – 348. San Diego: Elsevier Science.
- Dudenredaktion (o. D.). *Granularität*.
<https://www.duden.de/node/59768/revision/1381469> abgerufen am 02.03.2024
- Eaton, C., & Lee, H. (2019). *Quantifying Factors of Auditory Immersion in Virtual Reality*. York: Audio Eng. Soc. Convention e-Brief 103.
- Field, A. (2002). *Breaking and making the rules: sound design in 6.1*. Los Angeles: Audio Eng. Soc. Convention Paper 5672.

- Fonseca, N. (2020). *Sound Particles. Alles Wissenswerte über 3D Audio. Sound Particles.*
<https://soundparticles.com/de/resources/ebooks/3daudio> abgerufen am
 16.12.2023
- Görne, T. (2017). *Sounddesign.* Bajamar & Hamburg: Hanser.
- Harley, J. (2004). *Xenakis: his life in music.* New York & London: Taylor & Francis Books, Inc.
- Hochscherf, T., Kjär, H. & Rupert-Kruse, P. (2011). Phänomene und Medien der Immersion. *Jahrbuch immersiver Medien* 3, 9 – 19. Marburg: Schüren.
 DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/18222>
- Holzmüller, A. (2016). Bruckner on iPod. Immersion als populäre und historische Muße-Form der Musik. *Muße. Ein Magazin*, 2 (2), 5 – 15
 DOI: 10.6094/musse-magazin/2.2016.5
- Holzmüller, A. (2020). Was ist musikalische Immersion? Theoretische und methodische Annäherungen am Beispiel von Carl Philipp Emanuel Bachs Heilig. *Musiktheorie Heft*, 35 (1), 4– 18, Laaber
- Işıkhan, C. (Winter 2020). Spatial Sound Performances in Classical Music. *IBAD Journal of Social Sciences, Jahr 2020 (6)*, 378 – 389.
 DOI: 10.21733/ibad.673158
- Karadoğan, C., & Görne, T. (2019). *Auditory Scenography in Music Production: Case Study Mixing Classical Turkish Music in Higher Order Ambisonics.*, York: Audio Eng. Soc. Convention Paper 7
- Kermit-Canfield, E. (2013). *SPATIALIZATION IN SELECTED WORKS OF IANNIS XENAKIS.* Pennsylvania: Pennsylvania State University .
- Lindau, A., Erbes, V., Lepa, S., Meampel, H., Brinkman, F., Weinzierl, S. (2014). A Spatial Audio Quality Inventory (SAQI). *Acta Acustica*, 100 (5). 984 – 994.
 DOI: <https://doi.org/10.3813/AAA.918778>.
- McMahan, A. (2003). Immersion, Engagement and Presence. A Method for Analyzing 3D-Video Games. In B. P. (Hg.), *The Video Game Theory Reader.* London: Routledge.

- Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81 – 97.
- Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace*. New York: The Free Press.
- Riedel, S., Frank, M., Zotter, F. (2023). *Perceptual evaluation of listener envelopment using spatial granular synthesis*. Graz: University of Music and Performing Arts.
- Scherzer, J. (2010). *Der Tondramaturgische Raum als Gestaltungsmittel für die Immersive Ästhetik*. Babelsberg: Hochschule für Film und Fernsehen „Konrad Wolf“.
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. London. Von researchgate: www.researchgate.net/publication/242608507 abgerufen am 02.03.2024
- Spors, S., Wierstorf, H., Raake, A., Melchior, F., Frank, M., Zotter, F. (2012). Spatial Sound With Loudspeakers and Its Perception: A Review of the Current State. *Proceedings of the IEEE*, 101 (9), 1920 – 1938
DOI: 10.1109/JPROC.2013.2264784
- Thon, J.-N. (2008). Immersion Revisited: On the Value of a Contested Concept. In O. L. Amyris Fernandez. *Extending Experiences. Structure, Analysis and Design of Computer Game Player Experience*, 29 – 43. Rovaniemi: Lapland University Press.
- Williams, J., Shepstone, S., Murphy, D., (2022). *Understanding immersion in the context of Films with Spatial Audio*. Redmond: International Conference on Audio for Virtual and Augmented Reality, Audio Eng. Soc. Conference Paper.

7.1 GRAFIKEN

Abb. 2, Küsell, M. (um 1675). *DomQuartier Salzburg*.

<https://www.domquartier.at/hintergrundgeschichte/innenansicht-dom/> abgerufen am 16.03.2024

8 EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel:

Immersion durch Granularität - Experimentelle Mischung eines Chores in Spatial Audio

selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift