
BACHELORARBEIT

Herr
Johannes Kellig

Musikproduktion in Dolby Atmos

Klangästhetische Gestaltungsmöglichkeiten
immersiver Musikmischungen

2021

BACHELORARBEIT

Musikproduktion in Dolby Atmos

Klangästhetische Gestaltungsmöglichkeiten
immersiver Musikmischungen

Autor:
Herr Johannes Kellig

Studiengang:
Media and Acoustical Engineering

Seminargruppe:
MG17wA-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

Zweitprüfer:
**Dipl.-Tonmeister für audiovisuelle Medien
Michael Thumm**

Einreichung:
Stuttgart, 31.03.2021

BACHELOR THESIS

Music Production in Dolby Atmos

Sound-aesthetic design methods of immersive music mixes

author:

Mr. Johannes Kellig

course of studies:

Media and Acoustical Engineering

seminar group:

MG17wA-B

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

second examiner:

**Dipl. Tonmeister für audiovisuelle Medien
Michael Thumm**

submission:

Stuttgart, 31.03.2021

Bibliografische Angaben

Kellig, Johannes

Musikproduktion in Dolby Atmos – Klangästhetische Gestaltungsmittel immersiver Musikmischungen

Music Production in Dolby Atmos – Sound-aesthetic design methods of immersive music mixes

83 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2021

Abstract

Die vorliegende Abschlussarbeit beschäftigt sich mit Abläufen, Gestaltungsmöglichkeiten und den besonderen Herausforderungen für Tonmeister:innen bei Musikpostproduktionen in Dolby Atmos. Es werden die Grundlagen des räumlichen Hörens und psychoakustische Phänomene behandelt, um diese in Einklang mit einer Bearbeitung von Musik in 3D-Audio zu setzen. Dabei wird die Funktionsweise der Dolby Atmos Production Suite für musikalische Inhalte genauso wie kreative Heransgehensweisen und die Philosophie hinter immersiven Musikmischungen beschrieben. Im Anschluss daran werden anhand zweier praktischer Musikbeispiele klangästhetische Gestaltungsmittel in der Mischung vorgestellt und deren Wirkungen analysiert. Aus der Gestaltung dieser Beispiele werden Ergebnisse und Problemstellungen von unterschiedlichen Seiten beleuchtet und eine Auswertung dieser getätigt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Danksagung	VII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen des räumlichen Hörens.....	3
2.1 Kopfbezogenes Koordinatensystem.....	3
2.2 Lokalisation in der Horizontalebene	4
2.2.1 Interaurale Zeitdifferenzen	4
2.2.2 Interaurale Pegeldifferenzen.....	6
2.3 Lokalisation in der Medianebene.....	6
2.4 Präzedenzeffekt und Summenlokalisation	8
2.5 Im-Kopf-Lokalisation	9
2.6 Außenohrübertragungsfunktion	10
2.6.1 Binauralisierung	11
2.7 Entfernungshören.....	11
2.8 Raum in der Musik	12
3 Grundlagen zu Dolby Atmos	16
3.1 Mehrkanalton	16
3.2 3D-Audio / Immersive Audio	17
3.2.1 Kanalbasierte Produktion	18
3.2.2 Objektbasierte Produktion	18
3.3 Immersion	19
3.4 Dolby Atmos.....	22
3.5 Dolby Atmos Production Suite	25
3.6 Aufbau und Funktionsweise des Renderers	27
3.6.1 “Preferences“	28
3.6.2 “Input Configuration“	29
3.6.3 “Re-Renders“	29
3.6.4 “Binaural Render Mode“	30
3.6.5 “Room Setup“	31
3.6.6 “Speaker Calibration“	31
3.6.7 “Trim and Downmix Controls“	31
4 Produktionsumgebung	33
4.1 Studio 2 in den Bauer Studios	33
4.2 Streaming in Dolby Atmos	34
4.3 Pro Tools und Dolby Atmos	35
5 Klangästhetische Gestaltung	37
5.1 Vorbereitung	37

5.1.1	Philosophie und Authentizität.....	37
5.1.2	Zusammenfassung bestehender Mischungen.....	38
5.1.3	Pro Tools – Sessionstruktur	40
5.2	Beispiel 1: Hot Damn Horns – Shake your Leg	41
5.2.1	Aufnahme und Anlegen der Session	41
5.2.2	Konzept	41
5.2.3	Mischung.....	42
5.3	Beispiel 2: City Light Symphony Orchestra - Star Wars – The Force Awakens: Rey’s	
Theme	49
5.3.1	Aufnahme und Anlegen der Session	49
5.3.2	Konzept	50
5.3.3	Mischung.....	50
6	Auswertung des Empfindungstests.....	56
6.1	Beispiel 1: Hot Damn Horns – Shake your Leg	56
6.2	Beispiel 2: City Light Symphony Orchestra - Star Wars – The Force Awakens: Rey’s	
Theme	58
7	Fazit	61
	Literaturverzeichnis.....	XIV
	Anlagen.....	XVIII
	Eigenständigkeitserklärung	XXIV

Abkürzungsverzeichnis

ITD	Interaural Time Difference
ILD	Interaural Level Difference
HRTF	head-related transfer function
LFE	Low Frequency Effect
LTC	Linear Timecode / Longitudinal Timecode
ITU	International Telecommunication Union
LKFS	Loudness K-weighted Full Scale
LUFS	Loudness Units Full Scale
EBU	European Broadcast Union
dBTP	dB True Peak
DSP	Digitale Signalprozessoren
3D	dreidimensional
DAW	Digital Audio Workstation
RMU	Dolby Rendering and Mastering Unit

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: KOPFBEZOGENES KOORDINATENSYSTEM	
<i>QUELLE: BLAUERT, JENS & JONAS BRAASCH: RÄUMLICHES HÖREN, IN: STEFAN WEINZIERN (HRSG.), HANDBUCH DER AUDIOTECHNIK, BERLIN, HEIDELBERG: SPRINGER-VERLAG, 2008, S.88.....</i>	4
ABBILDUNG 2: INTERAURALE LAUFZEITDIFFERENZEN ZWISCHEN DEN OHREN ($\Theta = \Phi$ AUS ABB. 1)	
<i>QUELLE: SENGPIEL, EBERHARD: LAUFZEITDIFFERENZ UND PHASENVERSCHIEBUNG, 2002, [ONLINE] HTTP://WWW.SENGPIELAUDIO.COM/LAUFZEITDIFFERENZUNDPHASENVERSCHIEBUNG.PDF [28.03.2021].</i>	5
ABBILDUNG 3: RICHTUNGSBESTIMMENDE FREQUENZBÄNDER FÜR DIE LOKALISATION IN DER MEDIANEBENE	
<i>QUELLE: FRIESECKE, ANDREAS: DIE AUDIO-ENZYKLOPÄDIE: EIN NACHSCHLAGEWERK FÜR TONTECHNIKER, 2. AUFLAGE, BERLIN, BOSTON: WALTER DE GRUYTER GMBH, 2014, S.136.....</i>	7
ABBILDUNG 4: FREQUENZGANG DES GEHÖRS BEI 80 DB SCHALLDRUCKPEGEL MIT SENGPIELS PRÄSENT- UND DIFFUS-BÄNDERN AUF DER BASIS DER BLAUERTSCHEN BÄNDER (SIEHE ABBILDUNG 3)	
<i>QUELLE: SENGPIEL, EBERHARD: BEDEUTUNG DER BLAUERTSCHEN BÄNDER FÜR DIE TONAUFNAHME, 1995, [ONLINE] HTTP://WWW.SENGPIELAUDIO.COM/DIEBEDEUTUNGDERBLAUERTSCHENBAENDER.PDF [03.02.2021].....</i>	8
ABBILDUNG 5: LAUTSPRECHERANORDNUNG FÜR ZWEIKANAL STEREO WIEDERGABE MIT FIKTIVER SCHALLQUELLE S (PHANTOMSCHALLQUELLE)	
<i>QUELLE: DICKREITER, MICHAEL/VOLKER DITTEL/WOLFGANG HOEG/MARTIN WÖHR: HANDBUCH DER TONSTUDIOTECHNIK: BAND 1, 7., VÖLLIG NEUBEARBEITETE UND ERWEITERTE AUFLAGE, MÜNCHEN: K. G. SAUR VERLAG KG, 2008, S.178.</i>	9
ABBILDUNG 6: RICHTUNGSABHÄNGIGE UND RICHTUNGSUNABHÄNGIGE KOMPONENTEN DER AUßENOHRÜBERTRAGUNGSFUNKTION	
<i>QUELLE: WEINZIERN, STEFAN: AUFNAHMEVERFAHREN, IN: STEFAN WEINZIERN (HRSG.), HANDBUCH DER AUDIOTECHNIK, BERLIN, HEIDELBERG: SPRINGER-VERLAG, 2008, S.586.</i>	10
ABBILDUNG 7: 7.1 SURROUND-ANORDNUNG	
<i>QUELLE: INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION: RECOMMENDATION ITU-R BS.775-1: MULTICHANNEL STEREOPHONIC SOUND SYSTEM WITH AND WITHOUT ACCOMPANYING PICTURE, O.O., 1994.....</i>	16
ABBILDUNG 8: ASPEKTE DER IMMERSION MIT ÜBERGEORDNETEN RAUMBEGRIFFEN AUS KAPITEL 2.8	
<i>QUELLE: VERFASSEN.....</i>	21
ABBILDUNG 9: KANALBEZEICHNUNGEN EINES 7.1.2 BEDS	
<i>QUELLE: VERFASSEN.....</i>	22
ABBILDUNG 10: KOMBINATION VON BED UND OBJEKTEN BEI DOLBY ATMOS	
<i>QUELLE: DOLBY LABORATORIES, INC.: DOLBY ATMOS: NEXT-GENERATION AUDIO FOR CINEMA, SAN FRANCISCO, CA, 2013, S.9.</i>	23
ABBILDUNG 11: 7.1.4 LAUTSPRECHER-AUFTSELLUNG BEI DOLBY ATMOS	
<i>QUELLE: DOLBY LABORATORIES, INC.: DOLBY ATMOS HOME THEATER INSTALLATION GUIDELINES, 2018, S.8.</i>	24
ABBILDUNG 12: AUSGANGS-MATRIX VON PRO TOOLS MIT EINEM 7.1.2-BED UND 118 MÖGLICHEN OBJEKTEN	
<i>QUELLE: VERFASSEN.....</i>	25
ABBILDUNG 13: AUSWAHL DES KOPFHÖRERMODUS	
<i>QUELLE: VERFASSEN.....</i>	28
ABBILDUNG 14: MANUELLE GRUPPENAUSWAHL VORHER FESTGELEGTER GRUPPEN (DX, FX, MX) FÜR RE-RENDERS	
<i>QUELLE: VERFASSEN.....</i>	30
ABBILDUNG 15: STUDIO 2 DER BAUER STUDIOS IN LUDWIGSBURG	
<i>QUELLE: BAUER STUDIOS.....</i>	33

ABBILDUNG 16: TREIBER UND I/O-AUSWAHL IM RENDERER	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	35
ABBILDUNG 17: AUSSCHNITT DES MIX-FENSTERS AUS DER PRO TOOLS SESSION MIT DEN SCHLAGZEUGSPUREN	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	43
ABBILDUNG 18: PARAMETER AM "MONDO MOD" VON WAVES (AUX 1)	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	45
ABBILDUNG 19: EINSTELLUNG DES MEHRKANALHALLS	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	46
ABBILDUNG 20: KLANGEINSTELLUNG DES MEHRKANAL-DELAY-PLUGINS	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	48
ABBILDUNG 21: AUSSCHNITT DES MIX FENSTERS AUS DER PRO TOOLS SESSION MIT HAUPTMIKROFON UND STREICHERN	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	52
ABBILDUNG 22: AUSSCHNITT DES MIX-FENSTERS AUS DER PRO TOOLS SESSION MIT RAUMMIKROFONEN, EFFEKTRÜCKWEGEN UND DEM MASTERBUS	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	55
ABBILDUNG 23: ERGEBNISSE DES EMPFINDUNGSTESTS BEI KLANGBEISPIEL 1	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	56
ABBILDUNG 24: ERGEBNISSE DES EMPFINDUNGSTESTS BEI KLANGBEISPIEL 2	
<i>QUELLE: VERFASSEN</i>	58

Danksagung

In der Entstehungszeit einer solchen Arbeit ist vieles besonders und anders. Umso dankbarer bin ich für die Menschen, von denen ich während der Verwirklichung meiner Arbeit Unterstützung in vielerlei Hinsicht erfahren habe.

Mein besonderer Dank gilt meinem Erstprüfer Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel, der mich von der Eingrenzung und Findung des Themas bis hin zur Fertigstellung dieser Arbeit geleitet hat, jederzeit für einen Austausch zur Verfügung stand und mich bei der Durchführung dieser Arbeit in außerordentlichem Maße unterstützt hat.

Bedanken möchte ich mich ebenso herzlich bei meinem Zweitprüfer Dipl. Tonmeister für audiovisuelle Medien Michael Thumm, welcher zu jeder Zeit ein offenes Ohr für mich hatte und für das Gelingen dieser Arbeit unglaublich viel ermöglicht hat. Für mich ging ein Traum in Erfüllung, diese Arbeit in Kooperation mit den Bauer Studios in Ludwigsburg anfertigen zu können. Daher möchte ich mich ebenso bei dem gesamten Bauer-Team bedanken. Ich bin sehr dankbar für die Unterstützung und das Vertrauen, was mir entgegengebracht wurde. Der gemeinsame Austausch mit allen Tonmeister:innen hat die klangliche Gestaltung erheblich bereichert und bedeutet für mich einen enormen Wissenszuwachs.

Bedanken möchte ich mich bei Florian Seegers von den "Hot Damn Horns" und Pirmin Zängerle von "City Light Symphony Orchestra" für die Bereitschaft, ihre Musik als Beispiele für diese Arbeit zur Verfügung zu stellen.

Außerdem möchte ich mich besonders bei David Ziegler von Dolby und Lasse Nipkow bedanken, welche mich in vielen Fragestellungen unterstützt haben.

Ebenfalls möchte ich mich für lehrreiche Telefonate und das Bereitstellen von essentiellen Equipment bedanken bei:

- Roland Bachmann, Sennheiser
- Roland Krüger und Rainer Finck, Sound United
- Sebastian Stingl, Hochschule Mittweida

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern für die immerwährende Unterstützung, die Ermutigungen und die unerschöpfliche Mithilfe zur Umsetzung meiner Visionen bedanken.

1 Einleitung

„Im 3D-Tonstudio ist man Hör-Architekt, -Bildhauer und –Dramaturg, man erschafft eine hörbare und erlebbare Körperlichkeit der Musik, eine neue Hörarchitektur oder einen Hörraum, der dem Konzerterleben gleichwertig und doch eigenständig ist.“¹ Mit diesen passenden Worten von Thorsten Weigelt, Professor für Musikübertragung an der UdK Berlin, möchte der Verfasser diese Arbeit einleiten. Es handelt sich dabei um ein Zitat, welches die vielfältigen Möglichkeiten, die Funktionen und die Bedeutung von 3D-Audio aufzeigt. Dabei kreieren sich völlig neue Gestaltungsräume; erweiterte Aufmerksamkeit in Bezug auf Sensorik und Rezeption sind gefordert; bisherige Erkenntnisse können vernachlässigt werden; gleichzeitig kann man sich in einem neuen Raum-Musik-Konstrukt wiederfinden.

Die Tonmeister:innen inszenierten Musik seit Beginn der stereophonen Aufnahme- und Wiedergabetechnik für zwei Lautsprecher. Daraus hat sich eine schier unendliche Vielzahl an verschiedenen Produktions- und Gestaltungsmethoden entwickelt. Zur Zeit bestimmt 3D-Audio die Experimente, die Innovationen und den Zeitgeist in der Audiobranche. Dabei gilt es für viele unterschiedliche Formate und Projekte, neue Produktionsmethoden auszuprobieren und gegebenenfalls zu etablieren. Mit Ambisonics, Auro 3D, der Wellenfeldsynthese, Dolby Atmos und binauraler Mischungen für Kopfhörer sind verschiedene Formate auf dem Markt. Dass die technische Arbeit mit diesen Formaten wesentlich zu Möglichkeiten der kreativen Klanggestaltung beiträgt, bedarf keiner ausführlichen Begründung. Plug-Ins, Workstations, analoge Geräte, Instrumente und Workflows prägten seit jeher die Inszenierung von Musik über elektroakustische Wandler. Nun ist es für Tongestalter:innen wichtig, mit der neuen Räumlichkeit und den erweiterten Möglichkeiten, die zum Beispiel das Format Dolby Atmos mit sich bringt, zu arbeiten und zu experimentieren, sich der neuen Kreativität des Formates zu bedienen.

Es entwickeln sich vermehrt Strukturen, um Konsumenten, aber auch Musikern das Hören bzw. Produzieren in Dolby Atmos nahezu legen. Mit Streaming von Dolby Atmos-Inhalten über "TIDAL" oder "Amazon Music HD" und der Wiedergabe dieser über Atmos-fähige Soundbars oder binaurale Kopfhörermischungen werden Möglichkeiten geschaffen, Musik in Dolby Atmos zum Hörer zu bringen.

¹ Assmann, Claudia & Marina Dafova: Raumklangenergie, in: Bühnen Technische Rundschau – Zeitschrift für Veranstaltungstechnik-Ausstattung-Management, Jg. 114, Nr. 01, 2020, S. 32-35.

Das Arbeiten in einer objektbasierenden Audioumgebung bietet dabei neue Gestaltungsmittel und bedingt Strukturveränderungen im Ablauf der Postproduktion. Diese Arbeit soll Anregungen, Herausforderungen und Ergebnisse bei der Produktion von Musik in Dolby Atmos sammeln und aufzeigen. Der Schwerpunkt soll dabei weniger auf der mehrkanaligen Aufnahme von Musik, sondern vielmehr in der Nachbearbeitung dieser liegen.

Dass Dolby Atmos einen Mehrwert für die Darbietung von Musik bedeuten kann, darüber sind sich meistens sowohl Komponist:innen, Musiker:innen, Tonschaffende als auch Konsument:innen einig, sobald sie in den Genuss einer Produktion in 3D-Audio gekommen sind.

2 Grundlagen des räumlichen Hörens

Um klangästhetische Gestaltungsmöglichkeiten gezielt in einer immersiven Mischung einsetzen zu können, ist es erforderlich, die psychoakustischen Phänomene des räumlichen Hörens zu verstehen. Die dafür benötigten Grundlagen werden im nachfolgenden Kapitel ergründet.

2.1 Kopfbezogenes Koordinatensystem

Schallereignisse treten um uns herum aus allen Richtungen auf. Um die Richtungswahrnehmung von Hörereignissen beschreiben zu können, wird der dreidimensionale Raum um den Kopf des Hörers in drei Ebenen eingeteilt und somit ein kopfbezogenes Koordinatensystem geschaffen. „Man unterscheidet dabei die Richtungswahrnehmung in der Horizontalebene, der Medianebene und Frontalebene.“² Die Position des Schallereignisses oder der Schallquelle wird in den Polarkoordinaten Azimut φ , Elevation δ und Entfernung r dargestellt.³ Der Winkel Azimut beschreibt die Richtung des einfallenden Schalls in der Horizontalebene und hat einen Wertebereich von 0° (direkt vor dem Hörer) bis 360° . Elevation beschreibt den Winkel zwischen der Horizontalebene und dem Distanzvektor. Er kann dabei Werte von 0° bis 90° (ganz oben) bzw. -90° (ganz unten) annehmen. Die Entfernung zur Schallquelle wird als Skalar angegeben.⁴

² Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudioteknik: Band 1, 5., völlig neubearbeitete und ergänzte Auflage, München: K. G. Saur Verlag KG, 1987, S.117.

³ vgl. Blauert, Jens & Jonas Braasch: Räumliches Hören, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, S.88.

⁴ vgl. Fellner, Maria & Höldrich, Robert: Physiologische und Psychoakustische Grundlagen des räumlichen Hörens, in: IEM-Report, Nr. 03, 1998.

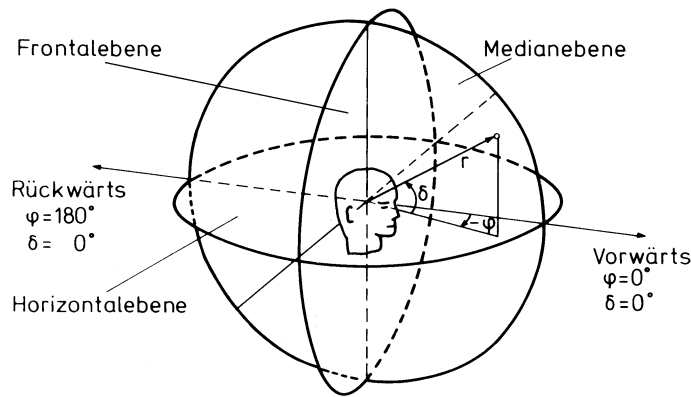


Abbildung 1: Kopfbezogenes Koordinatensystem

2.2 Lokalisation in der Horizontalebene

Die Richtungswahrnehmung in der horizontalen Ebene entsteht durch verschiedene Ohrsignalmerkmale. Dabei kommt es zu interauralen Laufzeit- und Pegeldifferenzen.⁵ Im freien Schallfeld und beim natürlichen Hören breitbandiger Signale wie zum Beispiel Musik, Sprache und Geräusche lassen sich diese interauralen Signalunterschiede nicht isoliert betrachten. Mit Hilfe der Kopfhörerwiedergabe kann man sie jedoch einzeln untersuchen.⁶

2.2.1 Interaurale Zeitdifferenzen

Interaurale Zeitdifferenzen auch ITD (engl. Interaural Time Difference) genannt, „entstehen durch Laufzeitdifferenzen des Schalls zwischen ipsi- und kontralateralem Ohr.“⁷ Das ipsilaterale Ohr bezeichnet das dem Schallereignis zugewandte Ohr während das kontralaterale Ohr das dem Schallereignis abgewandte Ohr ist. Ein Schallereignis, welches nicht genau aus der Blickrichtung des Hörers kommt ($\varphi \neq 0^\circ$), erreicht das ipsilaterale Ohr auf direktem Weg dabei eher als das kontralaterale Ohr (siehe Abbildung 2).

⁵ vgl. Dickreiter, 1987, S.118.

⁶ vgl. Blauert & Braasch, 2008, S.96.

⁷ Fellner & Höldrich, 1998.

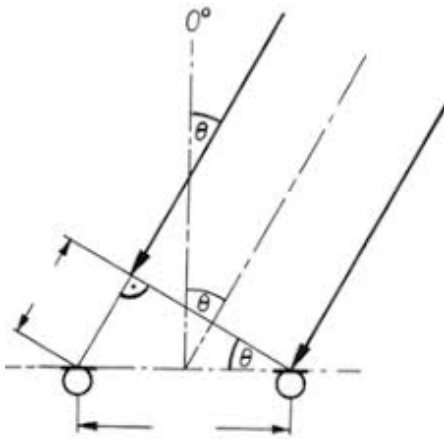


Abbildung 2: Interaurale Laufzeitdifferenzen zwischen den Ohren ($\theta = \varphi$ aus Abb. 1)

Die daraus resultierenden interauralen Zeitdifferenzen bilden die wichtigsten Merkmale der Ohrsignale für die Lokalisation.⁸ Der kleinste Laufzeitunterschied Δt , bei dem der Mensch eine Positionsänderung des Schallereignisses wahrnehmen kann, liegt bei etwa 0,03 ms. Das entspricht einer allein daraus resultierenden Lokalisationsunschärfe $\Delta\varphi$ von etwa 3° bis 5° , wenn der Schall von vorn einfällt. Die maximale vom Menschen wahrnehmbare Laufzeitverzögerung Δt ergibt sich aus der Hornbostel – Wertheimer – Konstante und beträgt 0,63 ms. Dabei legt der Schall, bedingt durch den wirksamen Kopfdurchmesser, die größtmögliche Wegdifferenz zum kontralateralen Ohr von etwa 21,5 cm zurück.⁹ Bei seitlich einfallendem Schall sinkt die Empfindlichkeit des Menschen und damit steigt die Lokalisationsunschärfe auf Werte von 12° bis 18° .¹⁰ Zur Auswertung interauraler Zeitdifferenzen bezieht das Gehör vor allem Phasendifferenzen aus dem Schwingungsverlauf. Diese können bei reinen Sinusschwingungen allerdings nur bis etwa 1,6 kHz als solche vom Gehör dekodiert werden. Oberhalb dieser Frequenz wird die Wellenlänge so klein, dass sie die Wegdifferenz des wirksamen Kopfdurchmessers unterschreitet. Signalanteile oberhalb 1,6 kHz werden demnach nicht mehr durch Laufzeitdifferenzen ausgewertet, sondern anhand von Zeitdifferenzen der Hüllkurven.¹¹ Schallereignisse wie Musik und Sprache lassen sich besser lokalisie-

⁸ vgl. Dickreiter, 1987, S.118.

⁹ vgl. Schulz, Detlef: Eigenschaften des gesunden Gehörs und grundlegende Schall-Messgrößen, Skriptum zur Lehrveranstaltung „Sound Engineering“, Fakultät Medien, Hochschule Mittweida: University of Applied Sciences, 2020

¹⁰ vgl. Webers, Johannes: Handbuch der Tonstudiotchnik, 8. Auflage, Poing: Franzis' Verlag, 2003, S.120.

¹¹ vgl. Blauert & Braasch, 2008, S.96.

ren als zum Beispiel reine Sinusschwingungen, da diese breitbandiger und impulsartiger auftreten.¹²

2.2.2 Interaurale Pegeldifferenzen

Interaurale Pegeldifferenzen auch ILD (engl. Interaural Level Difference) genannt, tragen verglichen mit den interauralen Zeitdifferenzen in geringerem Maße zur Lokalisation von Schallereignissen in der Horizontalebene bei. Die Pegeldifferenzen entstehen durch die kopfbedingte Abschottung des kontralateralen Ohrs gegenüber dem ipsilateralen Ohr. Erst ab etwa 300 Hz kann der Mensch diese Pegeldifferenzen wahrnehmen, da der Schall bei tieferen Frequenzen ($f \leq 300 \text{ Hz}$) um den Kopf gebeugt wird. Die Wahrnehmung von Pegeldifferenzen ist psychoakustisch eng mit der menschlichen Erfahrung verbunden. So bilden sich für breitbandige Signale Klangfarbenunterschiede, sog. Spektraldifferenzen, welche durch Lernprozesse des Menschen den Rückgriff auf verschiedene Klangfarbenmuster und damit die Lokalisation der Hörereignisse ermöglichen.¹³

2.3 Lokalisation in der Medianebene

Die Medianebene stellt die vertikale Symmetrieebene des menschlichen Kopfes dar. Die Richtung einer Schallquelle wird in dieser Ebene durch den Winkel Elevation δ definiert und beschreibt, ob ein Schallereignis von vorn, hinten, oben oder unten kommt. In der Medianebene ergeben sich an beiden Ohren gleichartige Signale, wodurch keine interauralen Zeit- und Pegeldifferenzen entstehen. Die Lokalisierung der Schallquelle ist in dieser Ebene bedingt durch „Klangfarbenunterschiede bezogen auf die Klangfarbe des aus Blickrichtung eintreffenden Signals“¹⁴, sog. Spektraldifferenzen und die Form von Kopf und Ohr, speziell der Ohrmuschel. Aus der Kammfilterwirkung der Übertragungsfunktion des Außenohres und den auftretenden richtungsabhängigen spektralen Veränderungen entstehen die sog. „richtungsbestimmenden Bänder“ oder „Blauertschen Bänder“ nach Jens Blauert.¹⁵ Diese beschreiben die Frequenzbänder,

¹² vgl. Dickreiter, 1987, S.119.

¹³ vgl. Dickreiter, Michael & Volker Dittel & Wolfgang Hoeg & Martin Wöhr: Handbuch der Tonstudioteknik: Band 1, 7., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage, München: K. G. Saur Verlag KG, 2008, S.108.

¹⁴ Dickreiter et al., 2008, S.109.

¹⁵ vgl. Schulz, 2020.

deren pegelseitige Anhebung für das Richtungsempfinden in der Medianebene von Bedeutung ist (siehe Abbildung 3).

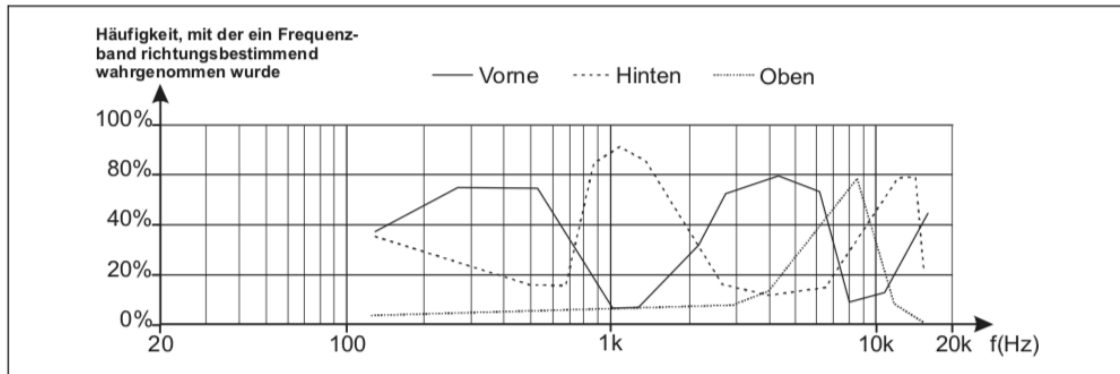


Abbildung 3: Richtungsbestimmende Frequenzbänder für die Lokalisation in der Medianebene

Die Genauigkeit der Lokalisierung in der Medianebene ist stark von der Struktur des Schallsignals, der Anatomie des Außenohrs und der Erfahrung des Hörers abhängig. So spielen Lerneffekte eine wichtige Rolle, wobei schmalbandige Signale nur kaum oder gar nicht in der Medianebene lokalisiert werden können.¹⁶ Eberhard Sengpiel entdeckte außerdem den Zusammenhang der „Blauertschen Bänder“ mit den „Kurven gleicher Lautstärke“. So befinden sich laut ihm die Minima und Maxima der „Kurven gleicher Lautstärke“ jeweils in der Mitte der „Blauertschen Bänder“, also in den Frequenzbereichen, die Blauert als bedeutend für die Lokalisation vorn, hinten und oben beschreibt. Für die Lautsprecherstereofonie ergibt sich damit aus den „Blauertschen Bändern“ keine Richtungslokalisierung mehr, sondern viel mehr das Wahrnehmen und Unterscheiden von Nähe und Distanz. So werden die für die Lokalisation als „vorn“ empfundenen Frequenzbänder nach Sengpiel „präsent“ wahrgenommen, während er die für „hinten“ und „oben“ genannten Frequenzbänder als „diffus“ bezeichnet.¹⁷ Hebt man also den Pegel in den Frequenzbereichen von circa 300 Hz bis 500 Hz und 3 kHz bis 5 kHz, welche wichtig für die Lokalisation von vorn sind an, erhält man laut Sengpiel einen präsenteren Klang. Verstärkt man andererseits die Frequenzbereiche bei welchen die Menschen laut den „Kurven gleicher Lautstärke“¹⁸ unempfindlicher sind, erhöht sich die Diffusität des Signals.

¹⁶ vgl. Dickreiter et al., 2008, S.109.

¹⁷ vgl. Sengpiel, Eberhard: Bedeutung der Blauertschen Bänder für die Tonaufnahme, 1995, [online] <http://www.sengpielaudio.com/DieBedeutungDerBlauertschenBaender.pdf> [27.03.2021].

¹⁸ Die „Kurven gleicher Lautstärkepegel“ „geben in Abhängigkeit von der Frequenz den Schalldruckpegel L an, der die jeweils gleiche Lautstärkeempfindung hervorruft“ (Dickreiter et al., 2008, S.99.)

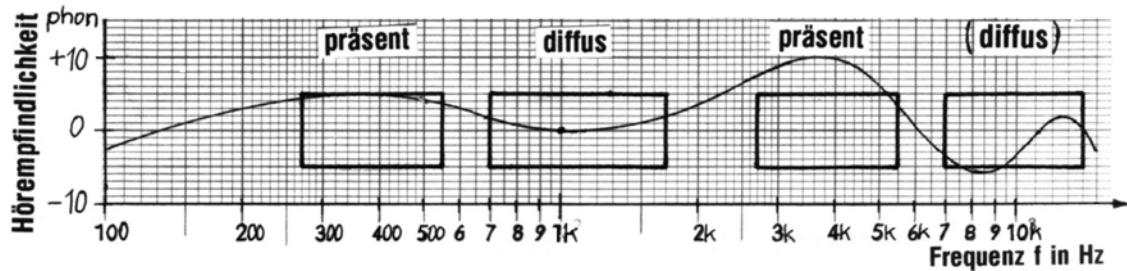


Abbildung 4: Frequenzgang des Gehörs bei 80 dB Schalldruckpegel mit Sengpiels Präsent- und Diffus-Bändern auf der Basis der Blauertschen Bänder (siehe Abbildung 3)

2.4 Präzedenzeffekt und Summenlokalisierung

Einen wichtigen Bezugspunkt für die Bildung der Hörereignisrichtung bildet ebenfalls der Präzedenzeffekt, auch „Gesetz der ersten Wellenfront“ genannt. Dieser besagt, dass der Mensch verzögerte Schallsignale (Rückwurf) aus der Richtung der Schallquelle, von der das Schallsignal als erstes eintrifft (Primärschall), wahrnimmt. Der Laufzeitunterschied des zweiten Signals darf sich dabei in einem Bereich von $1 \text{ ms} < \Delta t < \text{ca. } 20 \dots 50 \text{ ms}$ befinden.

Bei einem Laufzeitunterschied von $\Delta t < 1 \text{ ms}$ tritt der Effekt der Summenlokalisierung ein. Die Schallquelle wird dabei zwischen den beiden Quellen wahrgenommen (Phantomschallquelle¹⁹). Die Lokalisation von Phantomschallquellen ist von Laufzeit- und Pegeldifferenzen abhängig. Sie findet ihre Anwendung in der stereofonen Wiedergabe mit Lautsprechern.

¹⁹ „Phantomschallquellen sind Schallwahrnehmungen an Orten, wo sich keine Schallquelle befindet.“ (Dickreiter et al., 2008, S.105.) Die Lokalisation der Phantomschallquelle wird nur durch die auditive Verarbeitung der Ohrsignale gebildet. Mit Variation der Pegel- und Laufzeitdifferenzen zwischen den Signalen der stereofonen Übertragung wandert die fiktive Schallquelle auf der horizontalen Achse der beiden Lautsprecher. (vgl. Dickreiter et al., 2008, S.187.)

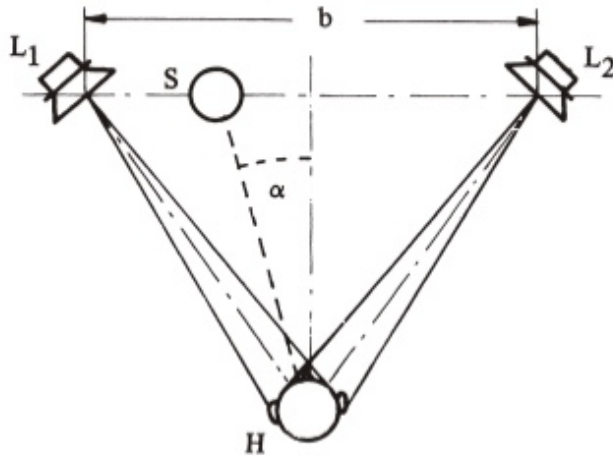


Abbildung 5: Lautsprecheranordnung für Zweikanal Stereowiedergabe mit fiktiver Schallquelle S (Phantomschallquelle)

Ab einem Laufzeitunterschied von *ca.* 20 ... 50 ms $< \Delta t$ empfindet man zwei getrennt wahrnehmbare Ereignisse, ein sog. Echo. Die Zeitdifferenz bei welcher ein zweites Signals als sog. Echo wahrgenommen wird, ist jedoch pegel- und signalabhängig.²⁰ Der Echoschwellwert kann bei einer Pegelminderung von 10 dB zwischen erster Wellenfront und verzögerter Wellenfront bei einem Sprachsignal 50 ms betragen, bei Musik sogar 80 ms. Bei einer Laufzeitverzögerung des Rückwurfes von bis zu $\Delta t = 30$ ms kann der Pegel des verzögerten Signals sogar bis 10 dB höher sein als der des Primärschalls, ohne dass der Mensch ein Echo wahrnimmt (sog. Haas-Effekt)²¹.

2.5 Im-Kopf-Lokalisation

Die in Abschnitt 2.2 und 2.3 beschriebenen Lokalisationsmechanismen gelten für die Wahrnehmung komplexer Schallfelder im Raum, wie sie durch Überlagerung mehrerer Lautsprechersignale entstehen. Thomas Görne definiert dies als raumbezügliche Stereophonie.²² Gibt man raumbezügliche Aufnahmen jedoch über Kopfhörer wieder, werden die vorhandenen Phantomschallquellen im Kopf auf einer Linie zwischen den Ohren lokalisiert und nicht außerhalb des Kopfes, wie bei der Wiedergabe über Laut-

²⁰ vgl. Schulz, 2020.

²¹ vgl. Haas, Helmut: Über den Einfluss eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache, in: ACUSTICA, Jg. 1, Nr. 2, 1951, S.49-58.

²² vgl. Görne, Thomas: Tontechnik, Prof. Dr. Ulrich Schmidt (Hrsg.), 3., neu bearbeitete Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 2011, S.130.

sprecher. „Die Lokalisation eines Hörereignisses auf dieser Linie wird als Lateralisation bezeichnet.“²³ Es kommt dabei zur sog. „Im-Kopf-Lokalisation“, weil die Außenohr-Übertragungsfunktion (siehe Kapitel 2.6) mit der Kopfhörer-Übertragungsfunktion ersetzt wird.²⁴ Die richtungsabhängigen spektralen Veränderungen (siehe Kapitel 2.3) des „natürlichen“ Hörens fehlen demzufolge.²⁵ Dies bedingt das Wegfallen der Tiefenstafflung des Signals und das unnatürliche Empfinden extremer Panoramaeinstellungen beim Hörer.²⁶

2.6 Außenohrübertragungsfunktion

Die Außenohrübertragungsfunktion (auch HRTF, engl. head-related transfer function) „ist das Ergebnis von akustischer Abschattung, Beugung, Verzögerung, Resonanzen und Reflexionen durch Torso, Schulter, Kopf, Ohrmuschel (pinnae), den Eingang in den Ohrkanal (cavum conchae) und den Ohrkanal selbst.“²⁷

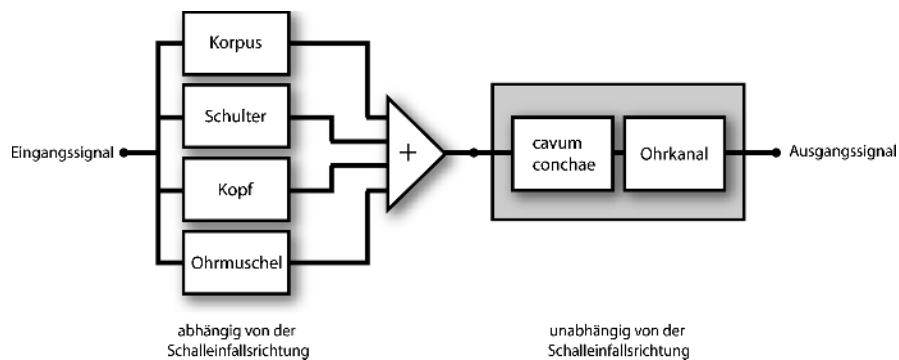


Abbildung 6: Richtungsabhängige und richtungsunabhängige Komponenten der Außenohrübertragungsfunktion

Die dadurch entstehende richtungsabhängige Filterwirkung kann durch die HRTF in ihrer Gänze dargestellt werden. Die Außenohrübertragungsfunktion wird mit Hilfe von Messmikrofonen im jeweiligen Gehörgang des Ohres oder mit einem Kunstkopf gemessen.

²³ Dickreiter et al., 2008, S.301.

²⁴ Ebenda, S.302.

²⁵ vgl. Ebenda, S.111.

²⁶ vgl. Friesecke, Andreas: Die Audio-Enzyklopädie: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Auflage, Berlin, Boston: Walter de Gruyter GmbH, 2014, S.136.

²⁷ Weinzierl, Stefan: Aufnahmeverfahren, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, S.586.

2.6.1 Binauralisierung

Filtert man beide Kanäle (links und rechts) eines raumbezüglichen Audiosignals mit der jeweiligen HRTF, erhält man ein kopfbezügliches oder binaurales Signal.²⁸ Da dieses Signal dann die Wirkung der Kopfanatomie auf den einfallenden Schall impliziert, würden bei der Wiedergabe von binauralen Signalen über Kopfhörer, die Hörereignisse idealerweise raumbezüglich und ohne Klangveränderungen reproduziert werden.²⁹ Die "Im-Kopf-Lokalisation" wird dabei im besten Fall übergangen. Da bei jedem Menschen die für die HRTF essentiellen anatomischen Bedingungen unterschiedlich sind, besitzt jedes Ohr des Hörers eine eigene Außenohrübertragungsfunktion. Für die Binauralisierung³⁰ von raumbezüglichen Aufnahmen werden dabei oft standardisierte HRTFs der durchschnittlichen menschlichen Ohren verwendet. Dies führt zu einer gewissen Unzuverlässigkeit in der Lokalisation und Abbildung kopfbezoglicher Schallquellen.

2.7 Entfernungshören

Die von einem Schallereignis abgegebenen Schallwellen erreichen den Hörer zu verschiedenen Zeiten aus unterschiedlichen Richtungen. Eine Wellenfront trifft als erstes auf direktem Weg beim Hörer ein. Dieser Direktschall liefert die für den Hörer wichtigsten Informationen über die Richtungslokalisierung (siehe Kapitel 2.4). Die aufgrund von Reflektionen später eintreffenden Schallquellen, indirekter Schall oder Nachhall genannt, enthalten Informationen über die Umgebung, die relative Position des Schallereignisses und speziell den Abstand des Hörenden von der Schallquelle.³¹ Zur Entfernungswahrnehmung des Menschen tragen mehrere Merkmale in komplexer Weise bei. Wichtige Faktoren sind die Erfahrungen des Gehörs über den Klang bekannter Schallquellen, die Änderungen der Pegelverhältnisse in Bezug auf den Abstand zwischen Hörer und Schallquelle und die spektralen Veränderungen auf dem Weg von der Schallquelle zum Ohr des Hörers. Bei Verdopplung der Entfernung zur Schallquelle halbiert sich der Schalldruckpegel im Freifeld. Vor allem aber bildet der Mensch seinen Entfernungseindruck zu einer Schallquelle in Verbindung mit der visuel-

²⁸ vgl. Görne, 2011, S.131.

²⁹ vgl. Weinzierl, 2008, S.586.

³⁰ Unter Binauralisierung versteht man den Vorgang des Filterns eines raumbezüglichen Signals mit der HRTF, wodurch ein kopfbezügliches, binaurales Stereosignal entsteht.

³¹ vgl. Fellner, Höldrich, 1998.

len Wahrnehmung. Bekannte Schallquellen in akustisch vertrauten Situationen sind für ihn damit deutlich besser einschätzbar.³²

Steigt der Anteil von indirektem Schall in Relation zu Direktschall, wird der Eindruck einer größeren Entfernung des Hörers zur Schallquelle geweckt. Dies gilt ebenso im Falle einer elektroakustischen Hörsituation, bei welcher mit künstlichem Nachhall bei gleichbleibender Entfernung das genannte Verhältnis verändert wird.³³ Da speziell Musikinstrumente tiefe Frequenzen eher ungerichtet und höhere Frequenzen eher gerichtet abstrahlen, kommt es in Abhängigkeit von der Entfernung des Hörers zur Schallquelle zu Klangfarbenänderungen, welche durch die höhere Unempfindlichkeit des Menschen gegenüber tiefen Frequenzen bei geringeren Schalldruckpegeln (Kurven gleicher Lautstärke) noch verstärkt werden.³⁴

2.8 Raum in der Musik

Der Begriff des Raumes kann in vielen verschiedenen Weisen definiert und interpretiert werden. Schnell findet man sich bei der umfangreichen Deutung der Inhalte in den Sphären der Philosophie, Architektur, Kunst, Musikpsychologie oder Musikästhetik wieder. Musik an sich wird von vielen als Zeitkunst verstanden.³⁵ Der Mensch kann sich selbst und andere nicht losgelöst von Räumen denken.³⁶ Musikalischer Raum kann erst durch eine Zeitstruktur akustischer Ereignisse gebildet und aktiviert werden.³⁷ Die verschiedenen Facetten der Definition von Raum und dessen komplexe auditive Wahrnehmung in Bezug auf Musik sind für die Beschreibung und Ergründung von immersiven klangästhetischen Gestaltungsmitteln essentiell. Martha Brech definiert in ihrem Buch "Der hörbare Raum" diesen in Bezug auf Musik wie folgt: „Er ist zusammengesetzt aus der Hörbarkeit des Klangorts (Lokalisation), den Entfernungen und Bewegungen von Schallquellen untereinander, die durch binaurale Wahrnehmung individuell aus der Position des Hörers ermittelt werden, und dem Hören raumakustischer Aspekte wie Hall und Nachhall, die sich ebenfalls auf die konkrete Position des Hörers

³² vgl. Fellner, Höldrich, 1998.

³³ vgl. Webers, 2003, S.125.

³⁴ vgl. Dickreiter et al., 2008, S.110.

³⁵ vgl. Börsing, Christian: Klang als Raum – Raum als Klang. Dimensionen musikalischer Raumzeit, öffentlicher Vortrag im Rahmen der Reihe "K-Camp" anlässlich der Alexander-Calder-Ausstellung der Kunstsammlung NRW, Düsseldorf, 24.10.2013.

³⁶ vgl. Rostásy, Andrea & Tobias Sievers: Handbuch Mediatektur: Medien, Raum und Interaktion als Einheit gestalten. Methoden und Instrumente., Bielefeld: transcript Verlag, 2018, S.43.

³⁷ vgl. Börsing, 2013.

im Raum beziehen.“³⁸ Der Musikwissenschaftler und Psychologe Albert Wellek bezog sich in seinem Werk “Musikpsychologie und Musikästhetik“ auf die Raumbegriffe in der Musik nach Ernst Kurth. Demnach gibt es laut ihm drei Raumbegriffe in der Gehörwelt, welche in leichter Abwandlung durch den Verfasser dieser Arbeit auch für diese in Betracht gezogen werden sollen.

Als ersten führt Wellek den sog. Gehörraum an. Er definiert diesen als „ein unvollkommenes „Abbild“ des objektiven, physikalischen Raums“³⁹. Dieser ist der reale, der äußere Raum, in dem sich der Hörer während der Musikdarbietung befindet. In diesem architektonischen Raum, dessen Existenz nicht bestritten werden kann, wirken die akustischen und physikalischen Eigenschaften des Raumes auf den Rezipienten. Die akustische Wahrnehmung des Gehörraums wird neben der visuellen Wahrnehmung durch die Phänomene des räumlichen Hörens beeinflusst und geformt. Eine Wiedergabe von Musik über Lautsprecher inkludiert somit in jedem Fall Faktoren der Raumakustik des Gehörraums. Eine „totale Ablösung der Musik von äußeren Räumen“⁴⁰ ist daher nur über die Kopfhörerwiedergabe möglich.

Den zweiten Raum beschreibt er als Tonraum. Dieser durch musikalisches Programm und dessen zeitliche Entwicklung hervorgerufene Raum beinhaltet drei Dimensionen. Eine vertikale und horizontale Dimension sowie eine dritte Dimension der Tiefe. Diese Dimensionen entstehen in komplexer Weise durch die Wirkung von musiktheoretischen Gegebenheiten und deren zeitliche Entwicklung.

Durch Tonhöhenunterschiede entsteht laut Wellek die erste, die vertikale Dimension des Tonraums. Durch den Tonabstand kann man die sich in der ersten Dimension des Tonraums auftuende räumliche Wirkung veranschaulichen. So empfinden wir eine Reihe an Tönen von der niedrigsten bis zur höchsten Oktave zum Beispiel bei einem Klavier als ziemlich breit. Diese Breite wirkt sich in der Dimension auf die vertikale Achse aus, da wir hohe Töne tatsächlich als hoch und damit oberhalb wahrnehmen und tiefe Töne eher als tief und von unten empfinden. Die musikalische Hoch-Tief-Dimension wird also durch Intervalle und deren Veränderung zueinander erzeugt. Wir empfinden die dabei auftretende räumliche Charakteristik als größer, wenn zwischen dem nied-

³⁸ Brech, Martha: Der hörbare Raum: Entdeckung, Erforschung und musikalische Gestaltung mit analoger Technologie, Bielefeld: transcript Verlag, 2015, S.13.

³⁹ Wellek, Albert: Musikpsychologie und Musikästhetik: Grundriss der systematischen Musikwissenschaft, Frankfurt am Main: Akademische Verlagsgesellschaft, 1963, S.334.

⁴⁰ Zelli, Bijan: Reale und virtuelle Räume in der Computermusik: Theorien, Systeme, Analysen, Dissertation, Fachbereich 1 Kommunikations- und Geschichtswissenschaften, Berlin: Technische Universität, 2001, S. 52.

rigsten und dem höchsten gespielten Ton eine große Differenz liegt. Der Raum und die damit verbundene vertikale Dimension werden durch die größeren Unterschiede der Töne zueinander erweitert. So trägt der gespielte oder erklingende Tonvorrat maßgeblich zur Entstehung von imaginärer Räumlichkeit bei. Dies lässt sich am Beispiel eines Vielklangs erläutern. Enthält dieser zum Beispiel Sekunden⁴¹ innerhalb einer Oktave, also ziemlich eng gespielt, entsteht ein dissonanter Klang mit einer räumlich eher einengenden Klangcharakteristik. Im Jazz würde man eine solche Spielweise von Akkorden als "closed Voicings" bezeichnen. Verlagert man die Sekunden in die umliegenden Oktaven, spielt man sie also in weiter Lage ("open Voicings"), kann Konsonanz und auch der Eindruck von räumlicher Weite, trotz desselben verwendeten Tonvorrats entstehen.⁴²

Der Tonraum ist im Gegensatz zum Gehörraum ein erdachter und imaginärer Raum welcher im Rezeptionsvorgang entsteht.⁴³ Der Verfasser dieser Arbeit möchte dem Tonraum außerdem Merkmale der Klangästhetik zuordnen. So kommt es in einer Situation der elektroakustischen Wiedergabe von Musik zur Verschmelzung der Wahrnehmung des musikalischen Programms mit den Aspekten einer Musikmischung. Die Rezeption einer Musikdarbietung ist unmittelbar mit allen Gestaltungsmitteln einer Musikmischung wie zum Beispiel Panoramaverteilung, Klang, Raumabbildung, Dynamik, Hall, Nachhall und damit dem klangästhetischen Gesamterscheinungsbild der Mischung verbunden. Diese Aspekte haben auch unmittelbaren Einfluss auf die Wirkung der Räumlichkeit einer Musikdarbietung und sollen damit in dieser Arbeit zum Tonraum zählen. Der Tonraum beschreibt also die musikalische Darbietung inklusive ihrer klangästhetischen Gestaltungsmittel und der damit einhergehenden Raumwahrnehmung, erzeugt durch Musik und Klang.

Den dritten Raumbegriff in der Musik benennt Wellek als Musakraum. In ihm soll durch die von Musik ausgelöste Gefühlswirkung eine raumhafte Wirkung entstehen. Auch dieser versteht sich als imaginärer Raum. Zusätzlich entzieht sich dieser Raum „von vornherein jeder klaren und eindeutigen Dimensionierung.“⁴⁴ Um die Definition dieses Raumes greifbar zu machen, nennt Wellek mit Gefühlsschwere und Gefühlstiefe den

⁴¹ Eine Sekunde „ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Stammtönen“. (Sikora, Frank: Neue Jazz-Harmonielehre: Von der Theorie zur Improvisation, 9. Auflage, Mainz: Schott Music GmbH & Co. KG, 2012, S.12.)

⁴² vgl. Wellek, 1963, S.298 ff.

⁴³ vgl. Wellek, 1963, S.298 ff.

⁴⁴ Wellek, 1963, S.319.

Musikraum beschreibende Begriffe.⁴⁵ Es entsteht eine Spannung zwischen gegensätzlichen Begriffen wie zum Beispiel schwerer Trauer und hoher Begeisterung, welche durch die musikalische Komposition hervorgerufen werden und durch klangästhetische Gestaltungsmittel verstärkt oder gemindert werden können. Diese Spannung der Gefühle lässt gelebte Räume entstehen, da der Mensch in unterschiedlichen Gefühlslagen verschiedene Dinge wahrnimmt. Der Musikraum ist am ehesten mit der Gefühlserfahrung des Rezipienten verbunden und kann demnach eine emotionale Basis für die Immersion (siehe Kapitel 3.3) sein. Um eine eventuelle Verwechslungsgefahr mit dem Tonraum (da dieser unter anderem durch musikalisches Programm beschrieben wird) auszuschließen, wird der von Wellek als Musikraum bezeichnete Raum in dieser Arbeit folglich als Emotionsraum bezeichnet.

⁴⁵ vgl. Wellek, 1963, S.320.

3 Grundlagen zu Dolby Atmos

3.1 Mehrkanalton

Die Wiedergabe von Audiosignalen über Lautsprecher besitzt eine lange Historie, welche vor allem auf Innovationen im Bereich des Filmtons zurückzuführen ist. Die Stereophonie wurde erstmals im Kino mit einem Dialoglautsprecher erweitert, um dem Problem der fälschlichen Dialogortung an Randplätzen des Kinosaals entgegenzuwirken. Dieser zusätzliche Lautsprecher befand sich mittig zwischen linkem und rechtem Kanal, eingeschlossen hinter der Leinwand, und bildete somit aus historischer Sicht die Basis für den sog. Center-Lautsprecher.⁴⁶ Surround-Lautsprecher wurden später entwickelt um einen künstlichen Raumeindruck auf der gesamten Horizontalebene gestalten zu können. Mehrkanalige Wiedergabeverfahren können aus verschiedenen Lautsprecher- und Kanalkonfigurationen von 3.0, 4.0 bis hin zu 5.1, 7.1 und noch darüber hinaus bestehen. Die Zahl vor dem Punkt bestimmt dabei die Anzahl der Breitband-Kanäle in der Horizontalebene, die Zahl nach dem Punkt definiert die Anzahl der bandbegrenzten Tiefbass-Effektkanäle (LFE).⁴⁷

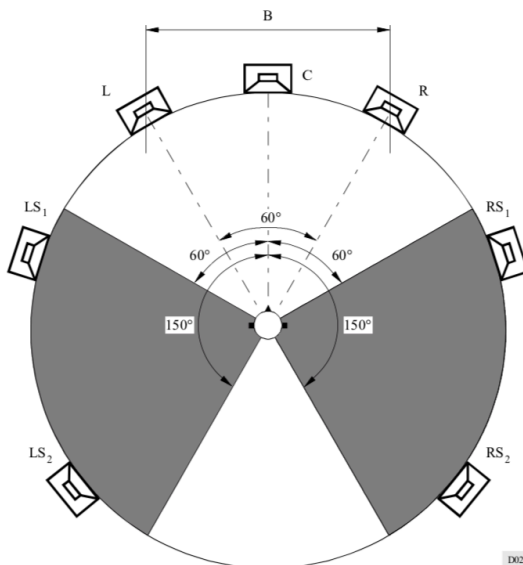


Abbildung 7: 7.1 Surround-Anordnung

⁴⁶ vgl. Friesecke, 2014, S.785 f.

⁴⁷ vgl. Slavik, Karl M. & Stefan Weinzierl: Wiedergabeverfahren, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, S.616.

In Abbildung 7 ist die empfohlene Surround-Anordnung für einen 7.1-Aufbau dargestellt. Der grau gefärbte Bereich stellt dabei einen gewissen Toleranzbereich für die vier Surround-Lautsprecher (LS_1 , LS_2 , RS_1 , RS_2) dar. Diese 7.1-Aufstellung ist die Basis für die Horizontalebene einer 7.1.4-Aufstellung. (Siehe Kapitel 3.4)

3.2 3D-Audio / Immersive Audio

Die Bezeichnung „Immersive Audio“ steht nach Nipkow, Zielinsky und Ammermann „für eine Reihe verschiedener Audioformate und Betrachtungsweisen, darunter Auro 3D, Dolby Atmos, Ambisonics und VR / AR.“⁴⁸ Immersive Audio und 3D-Audio beschreiben die verschiedenen Verfahren des Mehrkanaltons zur dreidimensionalen Wiedergabe von Schallsignalen.⁴⁹

Zu der Dimension der Breite bei zweikanaliger Stereowiedergabe und der Tiefe bei Wiedergabe in Surround kommt bei einer dreidimensionalen Wiedergabe unter Einbeziehung der Frontal- und Medianebene der Aspekt der Höhe dazu. Um diesen abzubilden werden in der Regel Lautsprecher an der Decke oder oberhalb der Horizontalebene platziert. Übliche Lautsprecher- oder Kanalkonfigurationen sind zum Beispiel 5.1.4 oder 7.1.2. Die Zahl nach dem zweiten Punkt definiert dabei jeweils die Anzahl der Decken- bzw. Höhenkanäle (Heights).

Laut Nipkow, Zielinsky und Ammermann ist eine eindruckliche Umhüllung gepaart mit realistisch wirkendem Raumklang eine der größten Errungenschaften von immersive Audio. Außerdem führen sie an, dass die Abbildung von Schallquellen viel natürlicher klingen kann als bei einer Wiedergabe in Stereo oder Surround. „3D-Audio ist deshalb wesentlich mehr als Surround + Height, wie es manchmal auch genannt wird.“⁵⁰

Für die Produktion in Dolby Atmos werden kanal- und objektbasierte Audioprozesse genutzt. Diese sollen nachstehend erläutert werden.

⁴⁸ vgl. Nipkow, Lasse & Gregor Zielinsky & Tom Ammermann: Die Bedeutung von 3D bei Immersive Audio, in: 30. Tonmeistertagung – VDT International Convention, Köln, November 2018, S.18.

⁴⁹ vgl. Slavik & Weinzierl, 2008, S.657.

⁵⁰ Nipkow et al., 2018, S.18.

3.2.1 Kanalbasierte Produktion

Eine kanalbasierte Produktionsweise wird dadurch charakterisiert, dass jedem Kanal der Mischung ein Lautsprecher diskret zugeteilt ist, wie man es von Mono-, Stereo und Surround-Formaten kennt. Jede Audiospur innerhalb der DAW wird dabei zu bestimmten Verhältnissen inklusive ihrer Klang- und Pegelinstellungen den festen Kanälen zugeordnet. Die Verteilung auf die einzelnen Kanäle funktioniert dabei wie gewohnt über Panoramaregler⁵¹ innerhalb der DAW. Diese Vorgehensweise ist an eine feste Lautsprecheranordnung gebunden. Um diese auch wiedergabeseitig gewährleisten zu können, gibt es Standards bezüglich der Lautsprecheraufstellung inklusive deren Abstände und Winkel zueinander, welche durch die *International Telecommunication Union* (ITU) definiert wurden.⁵² Da diese Normen vor allem auf Konsumentenseite nicht immer beachtet werden können, zeigt sich damit ein Nachteil kanalbasierter Produktionen. Die Kompatibilität in verschiedenen Abhörsituationen ist somit nicht zwingend gewährleistet.⁵³ Außerdem befinden sich die Hörer dabei nur selten im Sweet Spot⁵⁴. Das Abhören in diesem ist jedoch zur originalen auditiven Reproduktion des produzierten Materials vonnöten.

3.2.2 Objektbasierte Produktion

Statt mit diskreten Lautsprecherkanälen wird bei objektbasierten Produktionen mit Audioobjekten gearbeitet. Die Objekte enthalten das jeweilige monophone Audiosignal mit dazugehörigen Metadaten. In den Metadaten sind Informationen über die Objekte, deren Positionen im virtuellen Raum⁵⁵, die Beziehungen der verschiedenen Objekte zueinander, deren Pegel- und Laufzeitdaten und die Attribute in Bezug auf die Klangästhetik, welche sich durch die DAW beeinflussen lassen, enthalten. Die Objekte

⁵¹ „Der Panoramaregler (auch Panoramapotiometer oder kurz Panpot) [...] dient der Festlegung der Lokalisation eines Klangs in dem von den Lautsprechern aufgespannten Stereo-Panorama.“ (Maempel, Hans-Joachim & Stefan Weinzierl & Peter Kaminski: *Audiobearbeitung*, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), *Handbuch der Audiotechnik*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, S.726.)

⁵² vgl. Sternbauer, Markus: *3D Audio Sound Branding: Neue Dimension in der akustischen Markenkommunikation*, Masterarbeit, Institut für Elektronische Musik und Akustik, Graz: Universität für Musik und darstellende Kunst Graz, FH JOANNEUM University of Applied Sciences, 2020, S.23.

⁵³ vgl. Strübig, Daniel: *Analyse des Audio Definition Model hinsichtlich der Funktionalität auf Kreationsebene*, Bachelorarbeit, Audiovisuelle Medien, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2018, S.13.

⁵⁴ Bei auditiven Themen wird der Sweet Spot als „Zone mit optimalen Abhörbedingungen“ (Dickreiter et al., 2008, S.1250.) in der Abhörumgebung definiert.

⁵⁵ Die Bezeichnung des virtuellen Raums meint hier den Raum, welcher mit Hilfe der Panoramaverteilung der Objekte adressiert wird. Er wirkt somit auf den Tonraum.

können abhängig von der Zeit in dem virtuellen Raum bewegt werden; ihre Position darin ist also nicht unbedingt statisch und wirkt sich damit auf den Tonraum aus.⁵⁶

Die objektbasierte Audioproduktion setzt einen sog. Renderer voraus. Dieser Renderer benötigt die Koordinaten bzw. die Konfiguration der Lautsprecher im Gehörraum, um die Objekte aus dem virtuellen Raum mit Hilfe der Metadaten in den Gehörraum des Rezipienten zu übersetzen. Der Renderer berechnet in Echtzeit die Audioszene und leitet diese an die Lautsprecher weiter.⁵⁷ Jedes Objekt wird dabei auf Grundlage seiner Position im virtuellen Raum dynamisch und anteilmäßig auf die jeweiligen Lautsprecher im Gehörraum verteilt.⁵⁸ Der virtuelle Raum und der Gehörraum sind damit im Gegensatz zu kanalbezogenen Produktionen voneinander losgelöst. Mit Hilfe eines Dekoders kann auf der Wiedergabeseite die Audioszene des virtuellen Raums auf die jeweilige Abhörsituation im Gehörraum und das dementsprechende Medium umgewandelt werden.⁵⁹ Dies führt zu dem großen Vorteil, dass die Produktion relativ unabhängig vom Endmedium durchgeführt werden kann. Fehlen beispielsweise im realen Raum des Rezipienten Lautsprecherkanäle, welche bei der Mischung im Studio verfügbar waren, versucht der Renderer auch ohne das Vorhandensein dieser, die optimale Abhörsituation für den Rezipienten zu schaffen. Dabei werden dann zum Beispiel Phantomschallquellen zwischen den vorhandenen Lautsprechern im Raum des Rezipienten erzeugt, um die fehlenden Lautsprecher so gut wie möglich auszugleichen.

3.3 Immersion

Der Begriff der Immersion ist in der Wissenschaft äußerst vielschichtig interpretiert und steht für verschiedenste Anwendungsbereiche. Um den Kontext der Immersion für die kreative Tongestaltung herauszuarbeiten, soll die Bedeutung dessen in diesem Kapitel eine gewisse Systematisierung erfahren.

⁵⁶ vgl. Zimmermann, Michael: Untersuchung zur Optimierung der automatisierten Anpassung und Konvertierung von NGA Inhalten, Masterarbeit, Institut für Rundfunktechnik, Fakultät Electronic Media, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2019, S.8.

⁵⁷ vgl. Ruiz, Alejandro Gasull & Christoph Sladeczek & Thomas Sporer: A Description of an Object-Based Audio Workflow for Media Productions, in: AES 57TH INTERNATIONAL CONFERENCE, Hollywood, CA, USA, 06.-08. März, 2015, S.3.

⁵⁸ vgl. Stahl, Stephan: Objektorientierte Audioumgebungen für Surround-Sound, Masterarbeit, Elektronische Medien, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2013, S.48 f.

⁵⁹ vgl. Utke, Max: Objekt- und kanalbasierte Audioformate: Vor- und Nachteile, Tonseminar, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2018, S.7.

Das Wort Immersion leitet sich laut dem Duden vom spätlateinischen Wort *immersio* ab und bedeutet übersetzt so viel wie „Ein- oder Untertauchen“.⁶⁰ Der Begriff kann aber auch für verschiedenste Formen des Versunkenseins stehen. Aus dem Englischen hat sich die Bezeichnung *immersive* erst im Laufe des 20. Jahrhunderts zur Beschreibung einer gefühlten Präsenz in künstlich erzeugten Räumen etabliert. Genauso steht sie in der englischen Sprache für das Hineinversetzen in eine durch Imagination entstandene Welt.⁶¹ Die Amerikanistin Laura Bieger schreibt in ihrem Werk „Ästhetik der Immersion“: „Die Ästhetik der Immersion ist eine Ästhetik des Eintauchens, ein kalkuliertes Spiel mit der Auflösung von Distanz. Sie ist eine Ästhetik des emphatischen körperlichen Erlebens und keine der kühlen Interpretation. Und: sie ist eine Ästhetik des Raumes, da sich das Eintaucherleben in einer Verwischung der Grenze zwischen Bildraum und Realraum vollzieht.“⁶² Der von ihr genannte Bildraum meint in einer auditiven Umgebung den Tonraum, welcher dann in bestimmten Beziehungen auf den von ihr genannten Realraum, in Kapitel 2.8 als Gehörraum definiert, trifft. Dabei lässt sich sagen, dass die Zusammenwirkung und deren Folgen einer Synthese von Produktionsästhetik (welche im Tonraum stattfindet) und Rezeption (welche im Gehörraum bzw. Realraum stattfindet) nicht wirklich getrennt voneinander betrachtet werden können. Ein Mensch fühlt sich nicht durch das bloße Hören in etwas hineinversetzt. Gleichzeitig wirkt zum Zeitpunkt des Hörens die Wahrnehmung des Menschen als komplexes Gerüst aus Psychoakustik und Emotionen. Die Wahrnehmungskomplexität des Rezipienten überlagert sich in diesem Fall ebenfalls sofort mit der Raumwahrnehmung. Diese Aspekte müssen auch bei der Produktion der Inhalte berücksichtigt werden. Das Gefühl der Immersion ist also auf jeden Fall individuell verschieden. Der Vorgang der Immersion entsteht durch die gleichzeitig stattfindende Verbindung von produktionsästhetischen Aspekten und der Wahrnehmung des Rezipienten. Dabei muss laut Marie-Laure Ryan jede Welt, auch die imaginär durch zum Beispiel Immersion erzeugte, räumliche Konturen besitzen, damit sich der Mensch in diese hineinversetzt fühlen kann und sich imaginäre Objekte darin vorstellen kann.⁶³ Der Anspruch des Hörers einer immersiven Musikdarbietung in Bezug auf räumliche Abbildung soll weniger dem einer komplett realen Raumabbildung entsprechen, sondern ihm die Möglichkeit geben, die Musik in einem Raum zu empfinden. Dabei kommt die Frage auf, welche auditiven Reize beim

⁶⁰ vgl. [online] <https://www.duden.de/rechtschreibung/Immersion> [23.11.20].

⁶¹ vgl. Curtis, Robin: Immersion und Einfühlung: Zwischen Repräsentationalität und Materialität bewegter Bilder, in: montage AV: Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation, 17/02/2008, S.90.

⁶² Bieger, Laura: Ästhetik der Immersion: Raum-Erleben zwischen Welt und Bild. Las Vegas, Washington und die White City, Bielefeld: transcript Verlag, 2007, S.9.

⁶³ vgl. Curtis, 2008, S.96.

Menschen ein immersives Erlebnis bewirken. Wie viel Naturalismus oder Abstraktion ist dabei gefordert? Wie groß ist der Einfluss der Erfahrung des Gehörs? Fühlen wir uns von bekannten Schallquellen und deren akustischer Abbildung in uns bekannten Räumen schneller umhüllt und in eine imaginäre Welt versetzt, weil wir verschiedene Phänomene schon kennen? Welche Rolle nehmen dabei musikalische Inhalte und deren Darstellung in der Mischung ein? In wie weit muss die erzeugte auditive Umgebung körperlich erlebbar sein? Da diese Fragen nie in einem theoretischen Kontext allumfänglich erläutert werden können, sollen sich deren Auswirkungen in der praktischen Gestaltung von immersiven Inhalten in dieser Arbeit ab Kapitel 5 wiederfinden. Festzuhalten ist laut Curtis, dass Immersion nicht nur das Hineinversetzen in einen konstruierten Raum ist, sondern auch eine Einladung zur Einfühlung sein kann.⁶⁴ Es sollte daher die Zielstellung der Tonmeister:innen bei immersiven Musikdarbietungen sein, die Musik für die Rezipient:innen in eine Abhörsituation zu inszenieren, welche dem Menschen eine Immersionserfahrung, ein Eintaucherlebnis und damit eine erweiterte emotionale Erfahrung ermöglicht. Dies erfordert bei den Tonmeister:innen ein kreatives Einfühlungsvermögen in den Bereichen der Klanggestaltung und der Musik, um die musikalischen Geschehnisse in der ihr von Komponist:innen oder Künstler:innen vorgesehenen Wirkung in ein immersive Mischung umzusetzen.

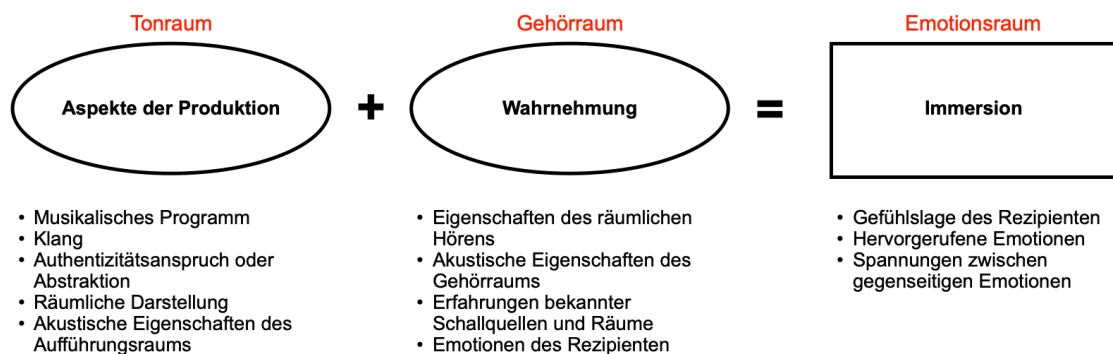


Abbildung 8: Aspekte der Immersion mit übergeordneten Raumbegriffen aus Kapitel 2.8

⁶⁴ vgl. Curtis, S. 105.

3.4 Dolby Atmos

Im Jahr 2010 stellte Dolby das Format Dolby Surround 7.1 (siehe Abbildung 7) vor. Dieses fügte die "left rear"- und "right rear"-Surrounds zur bekannten 5.1-Konfiguration hinzu und sollte vor allem für Kinos das Klangerlebnis steigern. Durch die erhöhte Kanalzahl konnten gleichmäßigere Panningverläufe und eine optimierte Lokalisation erreicht werden. Durch die Vergrößerung des Raumes, in welchem die Musik gestaltet werden kann, lässt sich außerdem ein deutlich erhöhter Dynamik- und Frequenzbereich abbilden.

Bezeichnung	Kanal
L	Left
C	Center
R	Right
Lss	Left Side Surround
Rss	Right Side Surround
Lrs (in Pro Tools Lsr)	Left Rear Surround
Rrs (in Pro Tools Rsr)	Right Rear Surround
LFE	Low-Frequency Effects
Lts	Left Top Surround
Rts	Right Top Surround

Abbildung 9: Kanalbezeichnungen eines 7.1.2 Beds

Zwei Jahre später wurde Dolby Atmos vorgestellt. Das neue System sollte bis dahin unerreichte Maßstäbe der Immersion und der emotionalen Erreichbarkeit suggerieren. Es basiert auf der Technologie der objektbasierten Produktion. Dies ermöglicht eine Verteilung von diskreten Quellen im virtuellen Raum, was damit neben der Möglichkeit der Wiedergabe von Klang oberhalb des Hörers die erheblichste Neuerung des Formats ist. Durch die Adressierung von Objekten auf einzelne Lautsprecher können Artefakte und ungewollte spektrale Verfärbungen bedingt durch die Summierung mehrerer Lautsprechersignale vermieden werden, was bei dem Vorgängerformat Dolby Surround 7.1 oft nicht der Fall war, da die einzelnen Surround-Kanäle im Kino von mehreren Lautsprechern akustisch repräsentiert wurden.

Das Arbeiten mit Objekten bedingt einen Mentalitätswandel auf der Produktionsseite. Somit können in einer DAW, wie zum Beispiel Pro Tools⁶⁵ die Audiospuren direkt zu Objekten umgewandelt werden. Für diese können, wie in der jeweiligen DAW üblich, Panorama-Informationen geschrieben werden. Diese werden in Austausch mit dem Renderer zu dreidimensionalen Positionsmetadaten umgewandelt. Aus der Filmtonepostproduktion hat sich jedoch ergeben, dass sich manche Audioinhalte mit einer kanalbasierten Arbeitsweise besser in das Gesamtklangbild eingliedern lassen. Diese Charakteristiken verfolgen vor allem atmosphärische Klänge, flächige Collagen und Nachhall. Aus diesem Grund unterstützt Dolby Atmos auch sog. "Beds". Beds sind kanalbasierte Submischungen auf welche man bestimmte Inhalte diskret mischen kann. Diese Inhalte liegen dann kanalbasiert an den jeweiligen Lautsprechern an. In dem Bed werden maximal zwei unterschiedlich adressierbare Höhenkanäle vom System zur Verfügung gestellt. Die Objekte können allerdings jedem bestimmten Lautsprecher zugeteilt werden. Dolby Atmos ist somit ein hybrides Format – es verbindet also sowohl kanalbasierte als auch objektbasierte Produktionsweisen.⁶⁶



Abbildung 10: Kombination von Bed und Objekten bei Dolby Atmos

Je nach inhaltlicher oder kreativer Notwendigkeit können innerhalb der DAW zur Ausgangsseite, also zum Renderer, mehrere oder auch nur ein Bed übertragen werden. Die höchste Kanalanzahl eines Beds auf Produktionsseite beträgt 7.1.2. Die Lautsprecheranzahl, welche Dolby für das Produzieren von Dolby Atmos Music mindestens empfiehlt, beträgt 7.1.4.

⁶⁵ Pro Tools ist eine "Digital Audio Workstation" der Firma Avid. (vgl. [online] <https://www.avid.com/de/pro-tools> [07.12.2020].)

⁶⁶ vgl. Sternbauer, 2020, S.24.

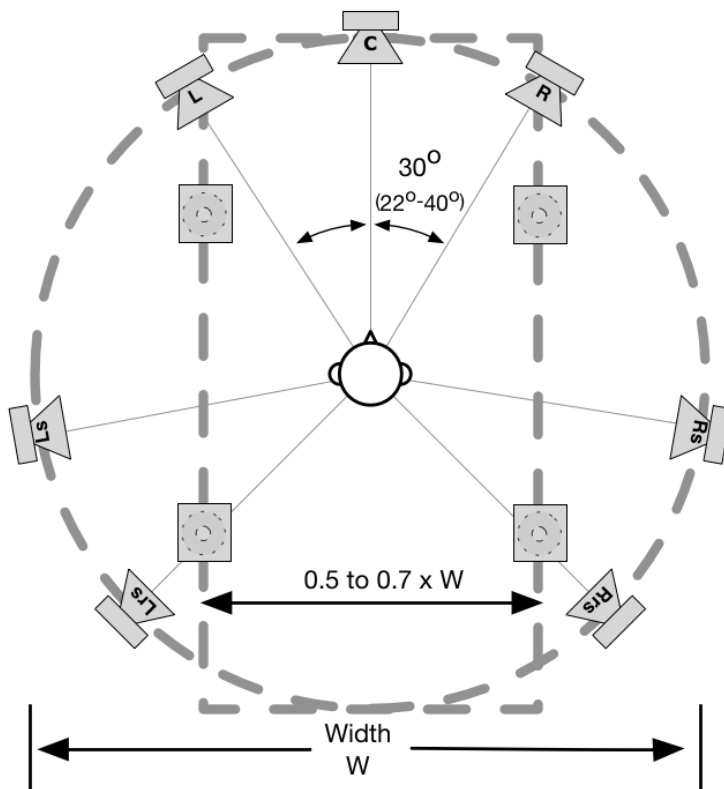


Abbildung 11: 7.1.4 Lautsprecher-Aufstellung bei Dolby Atmos

Dolby Atmos kann bis zu 128 Spuren im Format verpacken. Diese sind normalerweise eine Kombination aus Beds und Objekten.

Der Renderer kann dabei die Audioszene, bestehend aus Beds und Objekten, in Abhörumgebungen von bis zu 64 Lautsprechern wiedergeben.⁶⁷

Durch die hybride Produktionsweise bleiben die Workflows ähnlich der kanalbasierten Produktion. Grundlegende Bearbeitungsmethoden innerhalb der DAW wie Software-Inserts und –Sends ebenso wie die Panoramaverteilung bleiben damit in Dolby Atmos einer stereophonen Produktion verwandt. Der Vorteil objektbasierter Produktionen kommt bei Dolby Atmos voll zum Tragen. Das Format wurde so entwickelt, um die höchstmögliche wiedergabeseitige Reproduktion zu gewährleisten.

⁶⁷ vgl. zu diesem Abschnitt: Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos: Next-Generation Audio for Cinema, San Francisco, CA, 2013.

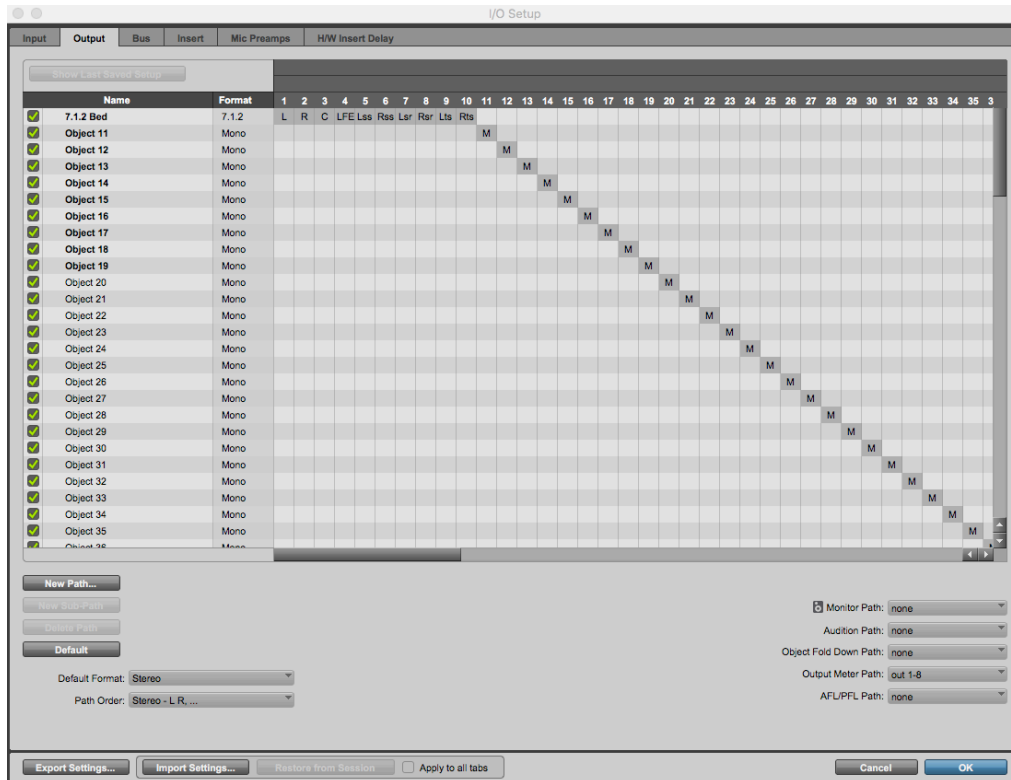


Abbildung 12: Ausgangs-Matrix von Pro Tools mit einem 7.1.2-Bed und 118 möglichen Objekten

3.5 Dolby Atmos Production Suite

Um in Dolby Atmos Musik produzieren zu können, benötigt man entweder die Dolby Atmos Production Suite oder die Dolby Atmos Mastering Suite. Die Mastering Suite ist für komplexe Projekte geeignet und unterstützt das Arbeiten mit der Dolby Rendering- and Mastering Unit, kurz RMU. Die RMU ist ein externes Hardwaregerät, welches über MAD I oder Netzwerk mit dem jeweiligen DAW-Rechner verbunden ist. Sie übernimmt dabei die Last der durch das Rendering entstehenden Rechenoperationen, ähnlich wie bei DSP-Systemen.⁶⁸ Die Arbeitsprozesse des Renderns beeinträchtigen in dieser Konfiguration die CPU-Auslastung des DAW-Rechners nicht. Für den Bestandteil dieser Arbeit soll der Fokus jedoch auf der Produktion mit der Dolby Atmos Production Suite liegen.

⁶⁸ „Digitale Signalprozessoren sind eine Klasse von Mikroprozessoren, die für die Berechnung digitaler Filter optimiert wurden sind.“ (Marti, Othmar & Alfred Plett: Physikalische Elektronik und Messtechnik, Skriptum zur Lehrveranstaltung, Institut für Experimentelle Physik, Universität Ulm, 2017, S.95.)

Die Dolby Atmos Production Suite enthält den Dolby Atmos Renderer. Der Renderer ist bei dieser Variante ein Softwareprogramm, welches auf dem selben Rechner wie die DAW betrieben wird. Der Renderer enthält dabei alle Softwarekomponenten, die zur Wiedergabe von Dolby Atmos mit einer DAW nötig sind. Er rendert die Audioinhalte und die benötigten Metadaten im Austausch mit der DAW.

Zusätzlich kann man die sog. Dolby Atmos Print Master erstellen. Das Print Master enthält die Dolby Atmos Mischung in Form von Objekten, die kanalbasierte Mischung in Form der Beds, die erforderlichen Metadaten und Informationen bezüglich des Re-Renderings. Voraussetzung für die Aufnahme eines Print Masters ist, dass die DAW und der Renderer eine Timecode-Verbindung austauschen. Diese kann über LTC⁶⁹ (Linear Timecode) übertragen werden. In der DAW wird für diesen Austausch hinter den 128 möglichen Audiospuren mit dem Dolby LTC Generator, welcher als Software-Insert betrieben wird, eine zusätzliche Audiospur erzeugt. Der Eingangskanal der LTC-Spur wird im Renderer angegeben, wodurch die Synchronisation zwischen DAW und Renderer gewährleistet wird. Die Aufnahme eines Print Masters ist ähnlich dem Re-Recording Workflow. Dafür kann man im Hauptfenster des Renderers einen Punch-In und einen Punch-Out-Zeitpunkt einstellen. Nachdem man die Aufnahme im Renderer gestartet hat, muss man im Pro Tools die Mischung abspielen. Man kann vor der Aufnahme des Master Files die Timecode-Werte eintragen, bei welchen der Renderer die Aufnahme starten und stoppen soll. Somit wird eine reproduzierbare Länge des Master Files gewährleistet. Nach der Aufnahme entsteht ein Dolby Atmos Master File. Dafür wird ein Ordner erstellt mit der Endung “.atmos“ welcher vier Dateien mit jeweils den Endungen “.atmos“, “.atmos.audio“, “.atmos.dbmd“ und “.atmos.metadata“ enthält.

Außerdem liefert die Production Suite auch die Dolby Audio Bridge mit. Dies ist ein Core-Audio⁷⁰ Treiber, welcher sich wie ein virtuelles Core-Audio Gerät verhält. Die Dolby Audio Bridge dient zum Austausch der Informationen zwischen der DAW und dem Renderer. Objekte und Beds können somit von der DAW zum Renderer geroutet werden. In Pro Tools Ultimate stellt die Dolby Audio Bridge dann die sog. Playback Engine dar. Ebenfalls sind im Umfang der Production Suite Dolby Atmos Panner-

⁶⁹ Timecode, welcher auf einer Longitudinalspur mit Audioeigenschaften aufgenommen wird (vgl. International Telecommunication Union: Recommendation ITU-R BR.780-2: Time and control code standards, for production applications in order to facilitate the international exchange of television programmes on magnetic tapes, o.O., 2005.)

⁷⁰ Bei Core-Audio handelt es sich um eine digitale Audio-Infrastruktur des von Apple entwickelten Betriebssystemes “macOS“ und “iOS“. (vgl. [online] <https://developer.apple.com/library/archive/documentation/MusicAudio/Conceptual/CoreAudioOverview/WhatisCoreAudio/WhatisCoreAudio.html> [02.01.2021].)

Plugins inkludiert. Diese lassen die Objekte im virtuellen dreidimensionalen Raum platzieren. Pro Tools unterstützt jedoch auch die dreidimensionale Panoramaverteilung im DAW-eigenen Panner. Ebenso werden von Dolby angelegte Session Templates mitgeliefert, welche die für Dolby Atmos spezifischen Routing-Infrastrukturen enthalten.

3.6 Aufbau und Funktionsweise des Renderers

Da zwischen dem Dolby Atmos Renderer und der DAW ein stetiger Austausch besteht und seine Funktionen somit essentiell für die Gestaltung der immersiven Mischungen sind, sollen sein Aufbau und seine Funktionsweise im nachstehenden Kapitel erläutert werden.

Im Anhang dieser Arbeit (Anlage 1) befindet sich eine vom Verfasser angefertigte Übersicht welche die wichtigsten Funktionen des Hauptfensters aufgezeigt. Die visuelle und sich in Echtzeit verändernde Darstellung der Objekte im virtuellen Raum eignet sich sehr gut, um einen Eindruck über die dreidimensionale Verteilung der Objekte während der Mischung zu erhalten. Außerdem ist es ein hilfreiches Merkmal, dass man rechts neben dem Punch in/out-Fenster entweder die Beds oder die Objekte einzeln stummschalten kann. Dadurch vereinfacht sich die Suche nach eventuell hörbaren Problemen. Ebenfalls von Vorteil ist die Implementierung der Lautheitsmessung, da man dadurch schon während des Produktionsprozesses die Lautheitsentwicklung im Überblick behalten kann. Dolby empfiehlt für Dolby Atmos Music – Streaming Grenzwerte von -18 LKFS⁷¹ bezüglich der integrierten Lautheit und -2 dBTP bezüglich der TruePeak-Grenze.⁷² Über das Fenster “Analyze Loudness” lässt sich die Lautheit eines “Master Files” analysieren und man hat die Möglichkeit, einen “Dolby Atmos Loudness Report” zu speichern. Die “Summary“-Analyse beinhaltet eine Zusammenfassung des analysierten Master Files oder einem selbst gewählten Ausschnitt von diesem. Im Gegensatz dazu gibt die “Timeline“-Analyse Werte für jede Sekunde des “Master Files” an.

⁷¹ LKFS bedeutet ausgeschriebenen Loudness K-weighted Full Scale und wurde vom ITU entwickelt. Bis auf den Namen ist es identisch mit der Einheit LUFS, welche von der EBU entwickelt wurde. (vgl. [online] <https://www.tcelectronic.com/loudness-explained.html> [09.12.2020].)

⁷² vgl. Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos Music – Delivery Specification, o.O, o.J.

3.6.1 “Preferences“

Der Menüpunkt mit den grundlegendsten Einstellungen trägt den Namen “Preferences“. In dessen Untermenü “Driver“ werden die Art des Audiotreibers, die I/O-Einstellungen, die Timecode-Quelle und die Abtastfrequenz definiert. Die spezifische Auswahl der Ein- und Ausgangsgeräte wird im Kapitel 4.3 erläutert. Bezüglich der Abtastfrequenz unterstützt Dolby Atmos sowohl 48 kHz als auch 96 kHz, wobei das Betreiben des Renderers mit 48 kHz aufgrund der niedrigeren CPU-Auslastung ressourcenschonender ist. Ebenso lässt sich in diesem Fenster der “Headphone only mode“ aktivieren. Dies ist ein Modus, bei welchem die Wiedergabe über Lautsprecher deaktiviert wird und man entweder einen Downmix⁷³ in Stereo oder binaural über Kopfhörer wiedergeben kann.

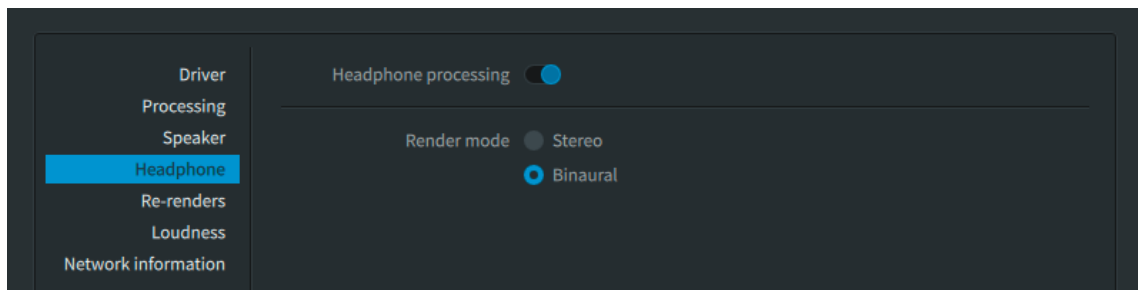


Abbildung 13: Auswahl des Kopfhörermodus

Ebenso lassen sich hier die Re-Renders ein- und ausschalten, wobei sich die erweiterte Einflussnahme im Fenster “Re-Renders“ (Kapitel 3.6.3) steuern lässt. Zusätzlich kann man in den “Preferences“ die Lautheitsmessung, einen Limiter für Lautsprecher, Kopfhörerwiedergabe und die Re-Renders und die “Spatial coding emulation“ ein- und ausschalten. Spatial coding wurde von Dolby eingeführt um die zu transportierenden Datenmengen zu reduzieren. Dabei werden naheliegende Objekte zu sog. Clustern gruppiert. Die ursprünglichen Informationen der Dolby Atmos Mischung werden folglich zu einer Gruppe aus Signalen komprimiert. Diese können mit bestehenden Core-Audio Codecs verschlüsselt werden. Somit kann der codierte Bitstrom an Konsumergeräte übertragen werden. Die Spatial coding-Informationen sind nicht im Master File enthalten sondern entstehen beim Dekodieren.⁷⁴ Spatial coding wurde von Dolby so entwickelt, dass es am besten in einer Mischung mit allen Inhalten funktioniert. Bearbeitet

⁷³ „Unter Downmixing versteht man den Prozess, mehrkanalige Signale für ein “kleineres“ Format zusammenzumischen.“ (Friesecke, 2014, S.806.)

⁷⁴ vgl. Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos Renderer: Guide, Software Version 3.0, San Francisco, CA, 2018, S.142.

man einzelne Inhalte wie zum Beispiel Dialog und bereitet diese für eine Gesamtmischung vor, sollte man die Spatial coding-Funktion deaktivieren.⁷⁵

Des Weiteren enthält der Dolby Atmos Renderer noch extra detailliertere Einstellungsmöglichkeiten auf unterschiedlichen Fenstern. Diese werden einzeln nachstehend erläutert.

3.6.2 “Input Configuration“

Der Menüpunkt “Input Configuration“ listet alle 128 Eingangskanäle auf. Jeder Kanal kann einem Bed-Kanal oder einem Objekt zugewiesen werden. Diese Zuweisung muss jedoch vor der Erstellung eines “Dolby Atmos Master Files“ geschehen sein. Sie kann nachträglich nicht mehr verändert werden. Dies sollte man auch in der Struktur des Pro Tools-Projekts beachten. Wenn man beispielsweise mit mehreren Beds arbeitet, muss man diese unter der “Input Configuration“ auch angeben. Außerdem kann man jedem Kanal eine Gruppe zuweisen. Diese Gruppen können unter der Schaltfläche “Groups“ definiert und erstellt werden und sind für ein Stem-Re-Rendering nützlich. Dieses kann man im nachfolgenden Menüpunkt “Re-Renders“ umsetzen.

3.6.3 “Re-Renders“

In diesem Menüpunkt lassen sich die Re-Renders managen. Aus der Dolby Atmos Mischung können dann Re-Renders bzw. Downmixes unterschiedlicher Kanalanzahl errechnet werden. Als nützliches Beispiel lässt sich hier das Downmixing auf ein 5.1 Surround-Format anführen. Jedoch kann man sich von 2.0 bis 7.1 über 5.1.4 bis zu 9.1.6, in Ambisonics und Binaural Re-Renders erstellen lassen. Für diese Möglichkeit lässt sich auch der Inhalt des Re-Renders flexibel definieren. Man kann die voreingestellte Möglichkeit nutzen, entweder die gesamte Dolby Atmos Mischung, alle Beds oder alle Objekte in das Re-Render einfließen zu lassen. Oder man wählt sich eine selbst erstellte Gruppe (aus Kapitel 3.6.2). Hat man dann in Pro Tools zum Beispiel ein Bed, welches alle Musik einer Mischung enthält, kann man dieses in der “Input Configuration“ des Renderers als Musik-Gruppe definieren und dann einem Re-Render diese Gruppe und eine ausgewählte Kanalkonfiguration zuweisen. So hat man die Möglichkeit, nur die Musikmischung in das jeweilige Zielformat umzurechnen. Dies

⁷⁵ vgl. Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos Renderer: Guide, Software Version 3.0, San Francisco, CA, 2018, S.223.

funktioniert natürlich mit allen selbst definierten Inhalten. Somit ist man äußerst flexibel in der Stem-Erstellung.

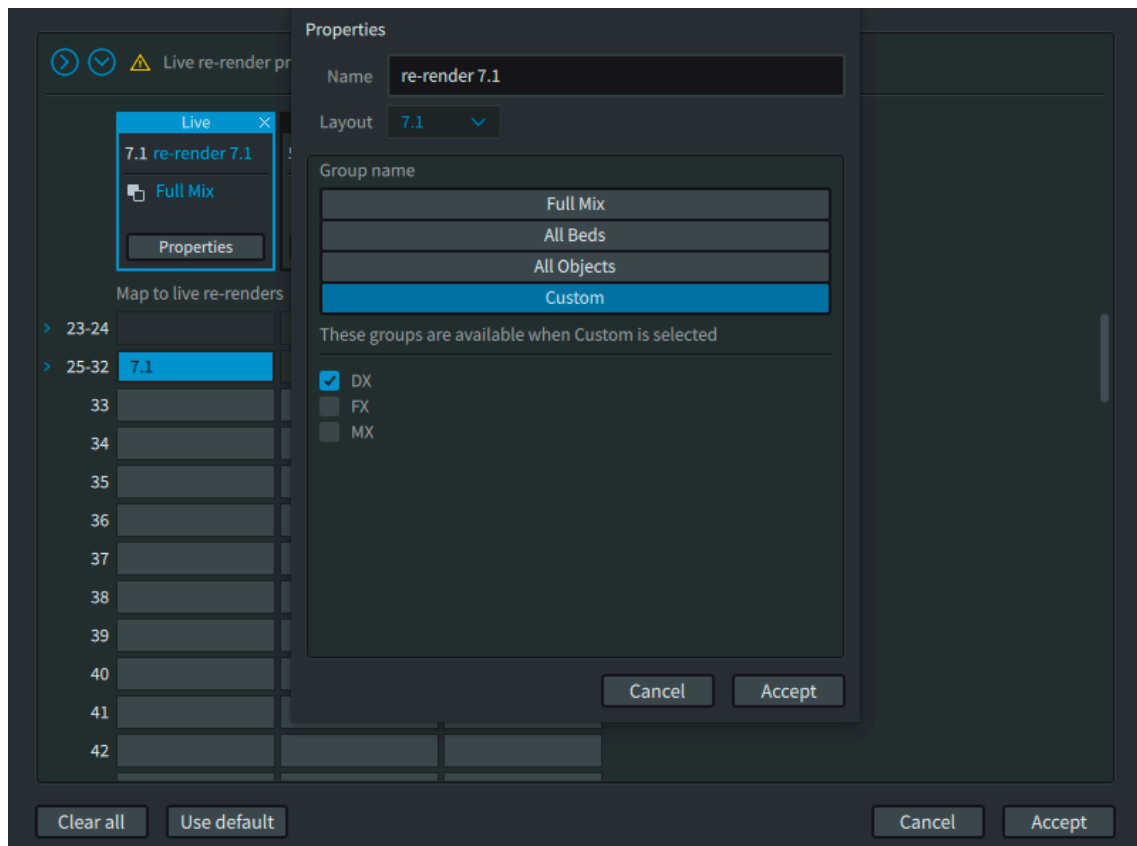


Abbildung 14: Manuelle Gruppenauswahl vorher festgelegter Gruppen (DX, FX, MX) für Re-Renders

3.6.4 “Binaural Render Mode“

Im Fenster “Binaural Render Mode“ kann man Einfluss auf den Klang des binauralen Re-Renders nehmen, indem man einzelnen Kanälen des Beds oder Objekten die Attribute “Front“, “Mid“, “Rear“ oder “Out“ gibt. Damit lassen sich Präsenz und Nähe des ausgewählten Kanals in der binauralen Mischung einstellen. Die Synthese der binauralen Mischung wird direkt von der Dolby Atmos Mischung getätigt und ist somit kein mehrstufiges Verfahren wie bei den Downmixes zu 7.1, 5.1 und Stereo. Die Signale der Atmos Mischungen werden dabei je nach den angegebenen Attributen mit verschiedenen Außenohrübertragungsfunktionen virtualisiert. Signale welche von hinten erscheinen sollen, werden dabei zum Beispiel auch mit Außenohrübertragungsfunktionen binauralisiert, welche charakteristisch für die Schallwahrnehmung von hinten sind. Bei den verschiedenen auswählbaren Attributen unterscheiden sich die Gruppen von Außenohrübertragungsfunktionen, welche in Kombination die oben genannten unterschiedlichen Klangcharakteristiken aufweisen sollen. Welche Arten von Außenohrübertragungsfunktionen Dolby dabei benutzt, ist nicht offengelegt. Bei dem

Attribut "Out" wird das Signal nicht binauralisiert, sondern ähnelt von seinen Charakteristiken dem eines stereophonen, raumbezüglichen Audiosignals (siehe Kapitel 2.6.1).

3.6.5 "Room Setup"

Unter dem Reiter "Room Setup" kann man verschiedene Abhörumgebungen definieren. Dabei können verschiedene Presets zu unterschiedlichen Lautsprecherkonfigurationen gespeichert werden. Diese Presets können dann auf dem Startbildschirm des Renderers unter "Monitoring" ausgewählt werden. Somit kann mit Hilfe des Renderers der durch die Dolby-Atmos-Mischung erzeugte virtuelle Raum flexibel und schnell an die Abhörumgebung angepasst werden. Ebenso lässt sich die Zuweisung der Reihenfolge der einzelnen Lautsprecherkanäle einstellen.

3.6.6 "Speaker Calibration"

In diesem Fenster lassen sich die einzelnen Lautsprecher bezüglich ihrer Pegel und Verzögerungen einrichten. Dafür steht ein Signalgenerator mit den üblichen Einmess-Signalen zur Verfügung.

3.6.7 "Trim and Downmix Controls"

Bei der Auswahl der Abhörumgebung (siehe Anlage 1) in der Hauptansicht des Dolby Atmos Renderers kann man direkt verschiedene Downmixes hören. Dadurch lässt sich schnell zwischen verschiedenen Formaten wechseln um verschiedene Aspekte der Mischung auf deren Funktionalität in anderen Formaten zu prüfen. Die Downmix-Algorithmen sind dabei die gleichen wie bei den Consumer-Geräten. Das ist relativ wichtig für die Tonmeister und Tonmeisterinnen, da diesen so ermöglicht wird, das zu hören, was die Konsument:innen zu Hause hören.

Unter dem Fenster "Trim und Downmix Controls" kann man Einfluss auf einzelne Parameter der Downmixes nehmen. Der Workflow beim Produzieren besteht daraus die verschiedenen Downmixes zu hören und bei auftretenden Problemen oder Änderungswünschen Feinabstimmungen in den "Trim and Downmix Controls" vorzunehmen. Diese Parameter sind als Metadaten im Master gespeichert. Der Downmix an sich findet dabei direkt beim Abhören anhand der im Master File enthaltenen Metadaten statt. Das Downmixing ist in diesem Fall im Gegensatz zu dem "Binaural Render Mode" ein mehrstufiges Verfahren. Ein fester Algorithmus von Dolby rechnet eine Dolby Atmos Mischung in das Format 7.1 um. Über Lo/Ro oder andere Downmix-Algorithmen kann daraus eine 5.1-Mischung entstehen. Daraus wird wiederum das 2.0 errechnet.

Als praktisches Beispiel dazu kann man sich den Prozess anhand der Height-Kanäle des Beds verdeutlichen. Diese werden aus der Dolby Atmos Mischung auf die hinteren Surround-Lautsprecher bei 7.1 mit -1.5 dB jeweils in die Horizontalebene gerechnet. Bei dem nächsten Downmix von 7.1 auf 5.1 werden die vier Surround-Lautsprecher zu zwei Kanälen zusammengefasst und nochmals jeweils um -1.5 dB abgesenkt. Bei einer manuellen Bearbeitung der Trim-Werte, welche auch über das Fenster möglich ist, lassen sich die Absenkungen unabhängig von den Vorgaben einstellen. Den Objekten wird beim Downmix der Aspekt der Höhe entzogen. Sie werden also in der Horizontalebene an ähnlichen X- und Y-Koordinaten nachgebildet.

Alle Downmix-Parameter werden in die “.metadata“-Datei geschrieben, welche im Dolby Atmos Master File enthalten ist (siehe Kapitel 3.5). Diese lässt sich wiederum einfach mit einem Text Editor öffnen. In dieser Datei kann man ebenfalls Einfluss auf die Trim- und Downmix-Parameter nehmen.

4 Produktionsumgebung

4.1 Studio 2 in den Bauer Studios

Der Verfasser konnte diese Arbeit in Kooperation mit den Bauer Studios in Ludwigsburg absolvieren. Die Bauer Studios haben im Jahr 2017 ihr Studio 2 komplett neu gestaltet und renoviert. Es entstand ein modernes Studio für Musik und Postproduktion, in welchem Produktionen in Dolby Atmos durchgeführt werden können. Die Bearbeitung von Musik in Dolby Atmos wird dort mit der DAW Pro Tools realisiert. Die Grundlage des Pro Tools-Systems in Studio 2 der Bauer Studios stellt ein "Avid MTRX"-Interface dar, welches in Kombination mit der integrierten "Avid S6"-Konsole auch als Monitorcontroller fungiert. An dem "Avid MTRX"-Interface ist ein 32-Kanal "Andiamo 2" MADI AD/DA-Wandler der Firma "DirectOut" angeschlossen, welcher ausgangsseitig als D/A-Wandler für die Lautsprecher dient. Als Surround-Lautsprecher dienen fünf Neumann KH310 mit einem Neumann KH870 als Subwoofer. Die Höhenebene wird von vier Neumann KH80 repräsentiert. Zum Abhören in der Lautsprecherkonfiguration 7.1.4 werden zusätzlich zwei Adam A7 als Back-Surrounds aufgestellt, welche zusammen mit dem Neumann-System eingemessen sind.



Abbildung 15: Studio 2 der Bauer Studios in Ludwigsburg

An dem "Avid MTRX"-System sind außerdem eine "Avid HDX"-Karte und eine "Avid MRTX SPQ"-Karte angeschlossen. Die SPQ-Karte dient als Filter- und Busmanagement in Bezug auf die Lautsprecher und wird über die "DADmen"-Software gesteuert. In dieser findet die Entzerrung und Verzögerung der Lautsprecher sowie das Bassmanagement statt. Außerdem dient die "DADmen"-Software zur Steuerung der Vorverstärker des "Avid MTRX"-Systems sowie in Kombination mit der "Avid S6"-Konsole als Monitorcontroller. In der "DADmen"-Software wurden verschiedene Monitorkonfigurationen für das Arbeiten mit Dolby Atmos gespeichert. Dabei kann man sowohl die Eingangsquellen als auch die Ausgänge flexibel und schnell über die "Avid S6"-Konsole vom Stereobetrieb nach Dolby Atmos umstellen.

4.2 Streaming in Dolby Atmos

Um Musik in Dolby Atmos zu streamen mussten in Studio 2 der Bauer Studios einige Vorkehrungen getroffen werden. Ein streaming-fähiges Gerät, mit welchem sich Musik in Dolby Atmos streamen lässt, ist zum Beispiel der Apple TV 4K. Über diesen kann man die Applikationen "TIDAL" und "Amazon Music HD" betreiben, welche Musik in Dolby Atmos anbieten. Vom Apple TV 4K werden die Dateien über HDMI eARC an einen Dolby Atmos-fähigen A/V-Receiver übertragen. HDMI eARC steht dabei für "enhanced Audio Return Channel" und ermöglicht die Übertragung von objektbasierten Audiodateien und einen Informationsaustausch zwischen den angeschlossenen Geräten.⁷⁶ In den Bauer Studios überträgt in diesem Fall ein "Marantz SR 6014", als freundliche Leihgabe von Sound United, die Audiokanäle an die Wandler von Andiamo und damit an die Lautsprecher. Ebenso stand dem dafür dankbaren Verfasser dieser Arbeit als Leihgabe von Sennheiser die "AMBEO Soundbar" für den praktischen Teil dieser Arbeit zur Verfügung. Um die eigenen Dolby Atmos Mischungen auf der "AMBEO Soundbar" zu hören, musste ebenfalls ein BluRay Player angeschafft werden, welcher zusätzlich einen HDMI-Audio-Ausgang besitzt. Danach konnte über den Renderer eine mp4-Datei der jeweiligen Mischung erzeugt werden und diese per USB-Stick an den BluRay-Player übertragen werden. Somit wurde auch im Studio die Kompatibilität von Dolby Atmos Mischungen in Bezug auf den Konsumentenmarkt direkt geprüft.

Dazu ließ sich feststellen, dass die Umsetzung der Installation des Streaming-Betriebs in Dolby Atmos nicht gerade intuitiv zu realisieren war. Die Anzahl der Geräte welche

⁷⁶vgl. [online]

[https://www.sony.de/electronics/support/articles/00227116#:~:text=eARC%20steht%20für%20Enhanced%20Audio,Audio%20Return%20Channel%20\(Audiorückkanal\)\), \[03.02.2021\].](https://www.sony.de/electronics/support/articles/00227116#:~:text=eARC%20steht%20für%20Enhanced%20Audio,Audio%20Return%20Channel%20(Audiorückkanal)), [03.02.2021].)

benötigt werden und die zugehörigen vielfältigen Einstellungen bedürfen einer intensiven Auseinandersetzung mit der Technik und könnten eine Hürde für den Konsumentenmarkt darstellen.

4.3 Pro Tools und Dolby Atmos

Für die Arbeit mit Pro Tools in Dolby Atmos müssen sowohl der Dolby Atmos Renderer als auch Pro Tools gestartet werden. Für die Kommunikation zwischen den beiden muss in Pro Tools als sog. Playback Engine die Dolby Audio Bridge eingestellt werden und unter dem Reiter "Peripherals" die Atmos Peripherals eingeschaltet werden.

Dem Dolby Atmos Renderer müssen die richtigen Ein- und Ausgangsgeräte zugeteilt werden sowie der richtige Treiber. Im Zuge dieser Arbeit wird der Austausch von Renderer und DAW über die Core Audio Treiber realisiert, nicht über die Dolby Atmos Send- und Returnplugins. (siehe Kapitel 3.5) In diesem Fall dient als Eingangsgerät für den Renderer die Dolby Audio Bridge und als Ausgangsgerät die "Avid HDX"-Karte, welche die Signale an die Lautsprecher weiterleitet.

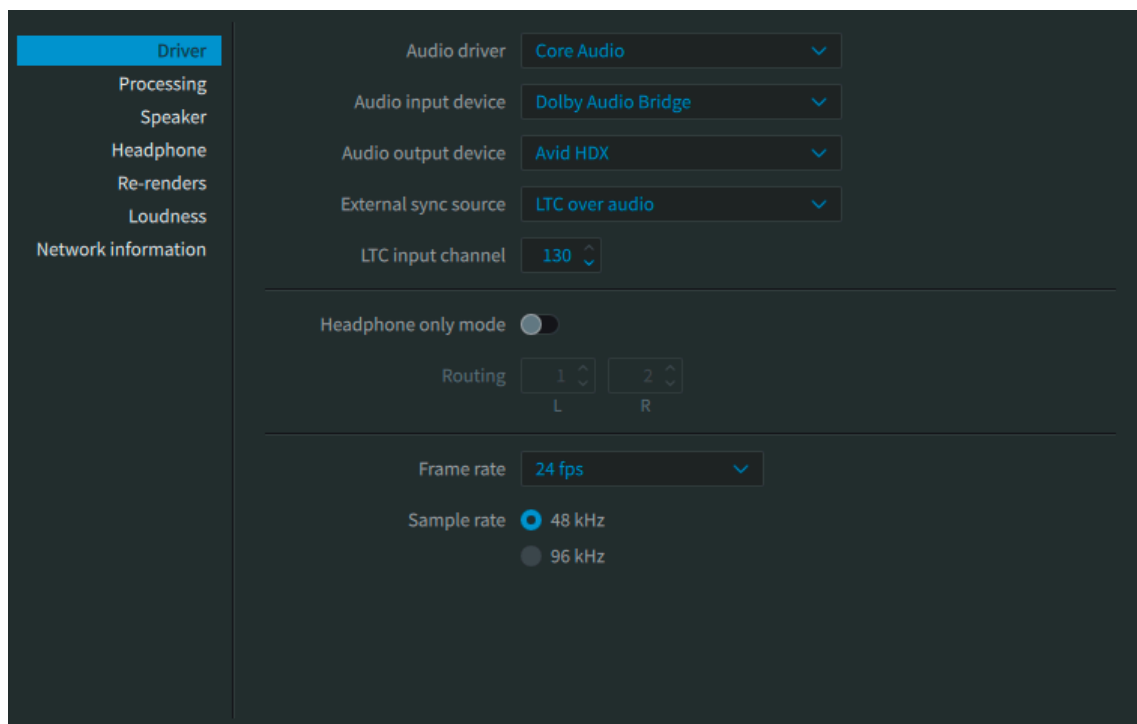


Abbildung 16: Treiber und I/O-Auswahl im Renderer

Als Timecode-Quelle dient eine LTC-Verbindung, welche mit Hilfe eines Send-Plugins als Insert in Pro Tools an den Renderer gesendet wird. Wichtig dabei ist, dass die

Timecode-Rate bzw. die Frame Rate von DAW und Renderer übereinstimmen. Ansonsten kann es dazu kommen, dass mit dem Renderer kein Dolby Atmos Master File aufgenommen werden kann.

5 Klangästhetische Gestaltung

5.1 Vorbereitung

Immersive Musikmischungen erweitern für Tonmeister:innen die kreativen Gestaltungsmöglichkeiten. Verglichen mit einer Stereomischung hat der oder die Produzierende mehr Raum zu gestalten und mehr Platz für erhöhte und erlebbare musikalische Dynamikbereiche. Ganze Register und Instrumente können in Hinsicht auf deren Frequenzbereiche volle Entfaltung erlangen.

Das nachfolgende Kapitel soll mögliche Gestaltungsmittel und Besonderheiten immersiver Musikmischungen behandeln. Der Verfasser der Arbeit möchte davon absehen sog. "Misch-Regeln" oder ähnliches aufzustellen, sondern vielmehr Impulse, Möglichkeiten und Herausforderungen der dreidimensionalen Musikproduktion anhand ausgewählter Produktionen aufzeigen.

5.1.1 Philosophie und Authentizität

Immersive Audioformate wie Dolby Atmos können um den gesamten Hörer eine Klangwelt erschaffen, mit welcher sich der Mensch emotional verbunden fühlt, in welche er sich hineinversetzt und sich von einer möglichst authentischen Nachbildung des musikalischen Aufführungsraumes umgeben fühlt. Martin Rumori führt dabei unter Gesichtspunkten von Jens Blauert an, dass die ästhetische und künstlerische Motivation hinter Musikproduktionen die authentische auditive Abbildung von Räumen erschwert, gar unmöglich macht. Statt einer komplett reell nachgebildeten Hörsituation, zum Beispiel aus einem Konzertsaal, sollte eine gezielt adäquate Transformation in das Mediensystem bezüglich auf die Abhörsituation angestrebt werden. Dies zählt laut ihm sowohl für die stereophone Darstellung als auch für Mehrkanalformate und die Binauralsynthese.⁷⁷ Dieser Aspekt wird durch die umfangreichen künstlerisch-kreativen Produktionsweisen im Bereich der Unterhaltungsmusik und nicht in erster Linie durch möglichst reale auditive Abbildungen von Räumen nachgewiesen. An der Aufnahme von Musik mit Stützmikrofonen erkennt man diesen Ansatz deutlich. Der Klang eines Instrumentes, wenn man es in einem Raum mit einem bestimmten Abstand hört, unter-

⁷⁷ vgl. Rumori, Martin: Konstruierte Räume – ästhetische Implikationen von Verfahren und Werkzeugen der Binauraltechnik, in: 29. Tonmeistertagung – VDT International Convention, Köln, November 2016, S.212.

scheidet sich meist deutlich von dem, wie das Instrument später in der Musikproduktion klingt. Durch unsere entwickelten Hörgewohnheiten und die kreativen Produktionsmethoden von Musik ergibt sich eine gewisse Erwartungshaltung an die auditive Reproduktion der Instrumente. Bei immersiven Musikinhalten sind die Erwartungshaltungen meist gering ausgeprägt, da eine gewisse Hörerfahrung fehlt. Aus den angeführten Erkenntnissen ergibt sich eine essentielle Philosophiefrage in Bezug auf immersive Musikmischungen: Wann ist eine möglichst real wirkende Abbildung des Raumes bzw. der Musikdarbietung angebracht und wann kann man mit kreativen Produktionsmethoden losgelöst von realer räumlicher Abbildung arbeiten, ohne den Rezipienten zu verwirren, sondern die musikalische Aussage zu verstärken und das Hörerlebnis zu intensivieren? Diese Frage betrifft fast alle Entscheidungen in Bezug auf die Produktionsmethoden.

Bevor man die praktische Mischung eines Musikstücks in Dolby Atmos beginnt, sollte man sich über die Musik, deren dramaturgische Wirkungsabsicht und die dafür angebrachte Panoramaeinstellungen Gedanken machen. Die Panoramaverteilung und die Gestaltung der Effekte haben einen erheblichen Einfluss auf die Bus- und Sessionstruktur innerhalb der DAW. Daher ist es unumgänglich, vor der Mischung ein Konzept zu entwickeln, welches diese Punkte behandelt.

Um einen Überblick über bestehende Produktionen und deren Produktionsweisen zu erhalten, werden im nachfolgenden Kapitel einige Erkenntnisse bestehender Musikmischungen in Dolby Atmos zusammengefasst.

5.1.2 Zusammenfassung bestehender Mischungen

Als Inspirationsquelle und Überblicksinformation wurden einige vorhandene Musikproduktionen in Dolby Atmos vom Verfasser dieser Arbeit gehört. Dabei ließ sich deutlich feststellen, dass es viele unterschiedliche Herangehensweisen an das Mischen in Dolby Atmos gibt. Es lässt sich hierbei kein festes Schema bestimmen, was prinzipiell beim Hören auch eher erfrischend wirkt, da die Mischungen ähnlich unterschiedlich sind, wie die musikalischen Inhalte. Wenn für die Dolby Atmos-Mischung ein Upmix-Algorithmus benutzt wurde, wird einem das relativ schnell und sicher bewusst. Das kann man daran feststellen, dass aus den Surround- und Overhead-Lautsprecher ähnliche Signale abgespielt werden, welche jegliche Instrumente und Audioinhalte der Mischung enthalten. Auf der anderen Seite lässt sich durch Effekte oder Instrumente aus spezifischen Richtungen oder Automationen in Bezug auf das Panoramabild ziemlich zügig ein wirklicher Atmos Mix identifizieren.

In Bezug auf die grundlegende Philosophiefrage hinsichtlich der Authentizität lässt sich sagen, dass vorwiegend bei klassischer Musik versucht wird, mit den zusätzlichen

Lautsprechern einer Konzertsituation gerecht zu werden bzw. reale akustische Bedingungen auditiv nachzubilden. Dabei werden die Instrumente meist vorn abgebildet, ähnlich wie man es von Stereomischungen gewohnt ist. Der Center-Lautsprecher wird eher weniger benutzt, manchmal komplett ausgespart. Auf den Surround- und Overhead-Lautsprechern befinden sich oft Signale, die Raumklang oder Nachhall enthalten. In vereinzelt Fällen wurden die vorderen äußeren Instrumente des Orchesters, also die äußeren ersten Violinen oder die äußeren Celli bzw. die zweiten Violinen bei deutscher Aufstellung, auf den Surround-Lautsprechern mit abgebildet. Ebenso hatte man den Eindruck, dass äußere Hauptmikrofone mit auf den Surrounds verteilt wurden. Dadurch kann vor allem in Tutti-Passagen ein umhüllender Effekt zustande kommen. Der LFE-Kanal wurde in den meisten Fällen als Effekt-Kanal temporär genutzt, um zum Beispiel die Wirkung von großen Trommeln oder Pauken zu erhöhen. Sonst wurde er oft ausgespart oder sehr selten benutzt. Die erwähnte Zusammensetzung des Klangbilds, welches die Instrumente über die Stereo-Lautsprecher repräsentiert und den Raumklang bzw. diffuse Signale über die Surround- und Overhead-Lautsprecher, ist auch in Bezug auf akustische Musik eine gängige Produktionsmethode.

Im Bereich der Popular- bzw. Unterhaltungsmusik werden ebenfalls viele unterschiedliche Gestaltungsmittel verwendet. Daher soll eine Auswahl an wiederkehrenden oder sich für das Format eignenden Produktionsweisen folgend erwähnt werden. Zu beobachten ist, dass in den meisten Fällen die essentiellen Teile eines Schlagzeugs und der Hauptgesangsstimme von vorn und relativ stereo-typisch gemischt wurden. Außerdem werden oft Effekte in Bezug auf den Gesang von hinten oder oben wiedergegeben. Zusätzlich zu einem Schlagzeug eignen sich ebenfalls verschiedene Percussions, welche von den Surrounds wiedergegeben werden bzw. in vereinzelt Fällen auch von oben (Becken, Overheads, Shaker, Triangel). Oft werden Synthesizer- oder Pad-Sounds sowohl leicht von vorn als auch etwas stärker von hinten abgespielt, was zu einer Umgebungswirkung führen kann. Was ebenfalls oft von hinten gemischt wird, sind Instrumente, die eher eine begleitende musikalische Funktion übernehmen. Als Beispiele sind hierbei Akustikgitarre, Hammond-Orgel, Vibraphon, Akkordeon oder Streicher in Pop-Arrangements zu nennen. Um die Songstrukturen abwechselnder zu gestalten, wird in den Strophen oft etwas weniger und mit eher statischerem Charakter auf den vorderen Lautsprechern gearbeitet. Im Refrain werden dann die Surround- und Overhead-Lautsprecher dazu gefügt. Dies kann den Refrain eines Stückes mächtiger und größer klingen lassen. Überhaupt kann durch gezielte Abwechslung in der Intensität der Verwendung der einzelnen Lautsprecher ein Abwechslungseffekt eintreten, der dann dazu führt, dass man die umliegenden Lautsprecher wieder mehr wahrnimmt. Ebenfalls bietet es sich an, speziell im Bereich der elektronischen Musik Soundeffekte als Objekte flexibel und beweglich im Raum zu platzieren und wandern zu lassen. Dadurch wird der Rezipient meist ebenso auf die immersiven Möglichkeiten des Formats aufmerksam. Einen wirkungsvollen Effekt hat auch das abwechselnde Verteilen

von kurzen musikalischen Akzenten oder Pizzicato-Stellen auf unterschiedliche Lautsprecher. Der Center-Lautsprecher wird bei Produktionen im Pop-Bereich schon öfter für Gesang, Kick-Drum oder Snare- bzw. Clap-Sounds benutzt.

“Sennheiser AMBEO“ Soundbar

Die Wiedergabe von Dolby Atmos Inhalten über die Soundbar von Sennheiser stellte sich als äußerst wirkungsvoll heraus. Die Stärke der Soundbar ist es, die Musik aus verschiedenen Richtungen abzubilden. So funktioniert die Lokalisation von Inhalten, welche von oben oder hinten wiedergegeben werden, wirklich gut. Mindestens genauso gut werden auch Inhalte von den Seiten wiedergegeben. Spannend war zu beobachten, dass trotz absorbierender Wände und Decke in Studio 2 der Bauer Studios, ein Umhüllungsgefühl durch die Soundbar geschaffen werden konnte. Hier bewies sich einmal mehr, dass vollwertige, von hinten wiedergegebene Signale ein Vorteil sind. In hinteren seitlichen Bereichen kann die Soundbar diese besser abbilden als diffusere Signale wie zum Beispiel Hall.

5.1.3 Pro Tools – Sessionstruktur

Um einen intuitiven Workflow in die Arbeitsweise zu integrieren, entschied sich der Verfasser dieser Arbeit, die Routingstrukturen innerhalb der Pro Tools-Sessions zu den verschiedenen Projekten ähnlich zu halten, sofern eine differenzierte Arbeitsweise keine Änderungen erfordert. Demnach werden meist Instrumente, welche mit mehreren Stützmikrofonen aufgenommen wurden, auf einen separaten Bus gesendet. Dieser ist je nach Panorama- und Send-Einstellungen ein-, zwei- oder mehrkanalig. Die Auswahl der Kanalanzahl dieser Busse basiert hauptsächlich auf den Anforderungen an die Panoramakonfiguration. Ein Stereo-Bus kann nicht vorn und von den Overhead-Lautsprechern gleichzeitig wiedergegeben werden. Um alle Lautsprecher des Beds zu bedienen, benötigt man daher einen 7.1.2-Bus. Außerdem sollte man bei der Wahl der Kanäle beachten, dass man bei einem mehrkanaligen Bus auch einen mehrkanaligen Send-Effekt erstellen kann. Dies spielt bei der Adressierung von 7.1.2-Hall-Effekten eine Rolle, da der Hall somit schon mehrkanalig bedient wird und die Panoramaeinstellungen von der Quelle übernommen werden können. Dies führt zu einer differenzierteren Abbildung der Instrumente bezüglich des Panoramabilds des Halls. Die benutzten Effekte wie Halls, Delays und alle weiteren sind als Aux-Kanäle angelegt, welche über Sends angesteuert werden. Als immersive Halleffekte werden der “Stratus 3D“ und der “Symphony 3D“ der Firma “Exponential Audio“ genutzt. Als immersives Delay-Plugin kommt der “Cargo Cult Slapper“ zum Einsatz. Dieser und die Hall-Effekte sind mehrkanalig und können damit über das Bed verbreitet werden. Jegliche Busse, Effekte und sonstige Kanäle werden an einen 7.1.2-Master-Aux-Kanal gesendet, auf welchem eine

mehrkanalige Dynamikbearbeitung mit dem Plugin “Pro-L 2“ der Firma “FabFilter“ stattfindet.

5.2 Beispiel 1: Hot Damn Horns – Shake your Leg

Die siebenköpfige Musikgruppe “Hot Damn Horns“ setzt sich aus einer Rhythmusgruppe, bestehend aus Schlagzeug, E-Bass und Synthbass, E-Gitarre und Hammond-Orgel und einer Bläser-Sektion mit Saxophon, Trompete und Posaune zusammen. Im Mai 2020 haben die Musiker mit dieser Formation ihr Debütalbum in den Bauer Studios aufgenommen. Musikalisch lässt sich die Stilistik der Band dem Funk zuschreiben.

5.2.1 Aufnahme und Anlegen der Session

Die Musiker spielten an zwei Tagen die Titel zusammen und live ein. Gelegentlich wurden Soli oder ausgewählte Passagen von einzelnen Instrumenten nochmal eingespielt oder overdubt. Das Schlagzeug befand sich dabei in der Schlagzeugkabine der Bauer Studios und wurde relativ traditionell abgenommen, allerdings mit zusätzlichen Beckenstützen (2x Neumann TLM170) links und rechts. Für den Bass diente ein DI-Signal, der Gitarrenverstärker wurde mit 3 Mikrofonen (Neumann U67, Schoeps MK5, Sennheiser MD421) aufgenommen. Das Leslie-Kabinett der Hammond-Orgel befand sich in der Solistenkabine und wurde an drei Positionen mikrofoniert. Direkt am Rotary-Speaker nahmen jeweils an beiden Seiten ein Paar aus Schoeps MK4 und Sennheiser MD421 den Klang auf. Der Bass wurde an der unteren Seite des Leslies mit einem Neumann U47 mikrofoniert. Die Bläser wurden jeweils mit zwei Mikrofonen abgenommen. Als Raummikrofon diente ein Stereo-Blumlein-Paar aus Sennheiser MKH80, welches allerdings aufgrund des Schnitts in der Mischung vernachlässigt wurde.

Das Pro Tools-Projekt für die Mischung in Dolby Atmos wurde von der Stereomischung mittels der “Session Data-Import“-Funktion übernommen. Dabei wurde die Abtastfrequenz auf 48 kHz konvertiert. Die Stereomischung fand analog statt, so dass einige Dynamik- und Klangeinstellungen beim Import verloren gingen.

5.2.2 Konzept

Der Song “Shake your Leg“ ist dem modernem Funk zuzuordnen und wird daher von einem kräftigen und treibenden Rhythmus des Schlagzeugs getragen. Dieser wird von der gesamten Rhythmusgruppe unterstützt. Dabei kommt ein klarer Groove zustande, wobei es dem Verfasser dieser Arbeit als ratsam erschien, die dafür verantwortlichen Instrumente grundlegend statisch in der Mischung zu lassen um dem Groove seine

gewichtende Wirkung nicht zu entziehen. Die Hammond-Orgel und die E-Gitarre übernehmen füllende Rollen und legen eine sehr rhythmisch akzentuierte harmonische Grundlage für die Melodiestimmen, welche von den drei Bläsern übernommen werden.

Nach einer Vorstellung des Themas durch die Bläser und eine refrain-ähnliche Passage folgen Soli von Tenorsaxophon und E-Gitarre. Danach folgt wiederum das Thema, welches in ein Outro mündet. Dieses unterscheidet sich bezüglich Feeling und Groove vom Rest des Songs und wirkt eher etwas zurücklehnender.

Die Philosophie dieser Mischung lässt sich eher einer kreativen Produktionsweise statt einer möglichst authentischen Nachbildung der Aufnahmesituation zuordnen. Daher kann die Platzierung der Instrumente im Tonraum neu arrangiert werden, was sich auf die Musik in dieser Produktion vorteilhaft auswirkt. Ebenso ergibt sich daraus eine gewisse Freiheit in der Nutzung von Effekten.

5.2.3 Mischung

Der Verfasser dieser Arbeit hielt es für intuitiver, die einzelnen Instrumente zu beschreiben, statt prinzipiell zugeordnet zu Überbegriffen einzelne Parameter zu erläutern, da die Bearbeitungen recht individuelle Merkmale aufweisen. Bei der Beschreibung der Mischung geht der Verfasser dieser Arbeit eher auf die Besonderheiten ein, welche den Aspekten der dreidimensionalen Mischung zuzuordnen sind.

Schlagzeug

Aufgrund der tragenden Rolle des Schlagzeugs wurde es relativ stereo-typisch gemischt, so dass der Haupteindruck von vorn kommt. Die einzelnen Stützmikrofone des Schlagzeugs laufen auf einen 7.1.2-Schlagzeugbus auf. Dieser Schlagzeugbus wird wiederum an das sog. "Master Bed" gesendet. Über einen Send auf dem Schlagzeug-Bus wird der sog. Hall 1 angesteuert. Dieser dient als erzeugter Raum für das Schlagzeug.



Abbildung 17: Ausschnitt des Mix-Fensters aus der Pro Tools Session mit den Schlagzeugspuren

Prinzipiell hält der Verfasser der Arbeit es für nützlich, sich den Center-Lautsprecher für bestimmte Kanäle vorzubehalten. Diese Methode konnte in ähnlicher Weise bei bestehenden Mischungen beobachtet werden (siehe Kapitel 5.1.2). Dabei gilt es zu beachten, dass bei dem Umwandeln des Mono- oder Stereo-Panners zum 3D-Panner prinzipiell alle Signale zunächst zu bestimmten Anteilen dem Center-Lautsprecher zugeordnet sind. Diese Anteile gilt es dann bei den ungewünschten Kanälen zu entfernen. Bei diesem Titel wurde die Kick-Drum in den Center-Lautsprecher gemischt. Da sonst fast nichts vom Schlagzeug im Center repräsentiert wird, sticht die Kick-Drum etwas mehr aus dem Klangbild des Schlagzeugs heraus, wenn man das Set in Solo anhört. In der Gesamtmischung allerdings funktioniert dies gut, da sie somit leicht präsent bleibt. Die Kick-Drum wurde anteilmäßig auch auf den LFE-Lautsprecher gemischt. Zusätzlich wurde dem Snare-Bottom-Mikrofon der Parameter Size hinzugefügt. Dieser vergrößert den Eindruck eines Audiosignals, indem mehrere Lautsprecher dieses wiedergeben.⁷⁸ Dabei sollte man sich ebenfalls bewusst sein, dass mit dem Benutzen des Parameters auch der Center-Lautsprecher adressiert wird. In diesem Fall verleiht der Einsatz des Size-Reglers der Snare etwas mehr tiefere Mitten, wodurch ein vollerer Klang entsteht.

⁷⁸ vgl. Dolby Laboratories, Inc.: *Authoring for Dolby Atmos Cinema Sound Manual*, San Francisco, CA, 2013, S.74.

Die durch Sends angesteuerte Parallelkompression des Schlagzeugs wird von den Stereo-Lautsprechern und leicht vom Center-Lautsprecher wiedergegeben. Die Overheadspuren wurden für eine kurze Stelle dupliziert und im Gegensatz zu den normalen Overheads komplett nach oben platziert, da der Schlagzeuger in dieser Passage mit den Sticks auf den Rims⁷⁹ spielt. Diese beiden Overhead-Effekt-Spuren gehen nicht in die Parallelkompression des Schlagzeugs ein. Zusätzlich zu den normalen Overheads erzeugt der Effekt von oben in diesem Teil eine interessante Abwechslung.

Die Beckenstützen wurden ebenfalls voll nach oben gepannt. Wenn man die Audiospuren nicht als Objekte, sondern im Bed platziert, kann man die vier Overhead-Lautsprecher nicht einzeln ansteuern, sondern nur die beiden linken und rechten jeweils zusammen. Daher liegen die Beckenstützen auf allen vier Overhead-Lautsprechern gleich an, obwohl diese im Panners vorn oben platziert sind. Hierbei hat der Verfasser der Arbeit mit Hilfe eines Filters Bässe und tiefe Mitten abgesenkt. Das macht den Klang bei den Overhead-Lautsprechern etwas klarer, da es bei diesen in Kombination mit den vorderen Lautsprechern leicht zu einer Überhöhung im unteren Mittenbereich kommen kann. Außerdem ist das Richtungsempfinden von oben in Frequenzbereichen unter 5 kHz nicht optimal (siehe Abbildung 3).

Abschließend befindet sich auf dem Schlagzeugbus ein "SSL 4000 E"-Kanalzug, durch welchen eine leichte Klangbearbeitung stattfindet. Dieses Plugin ist als sog. Multi-Mono-Plugin inseriert. Dies bedeutet, dass die Klangbearbeitungen, wenn nicht anders eingestellt, auf allen Kanälen gleich stattfinden können. Aufgrund dessen bietet es sich an, nur leichte Veränderungen vorzunehmen.

E-Bass und Synthbass

Die Bass-DI Spur und deren simultan stattfindende Verstärkersimulation laufen auf einem Bassbus zusammen. Der Synthbass geht direkt auf das Master Bed, da dieser einzeln bearbeitet wurde. Aufgrund des unterschiedlichen Klangs zwischen Center und Phantomschallquelle zwischen den Stereolautsprechern entschied sich der Verfasser der Arbeit, den Bass ohne Center mittig zu mischen. Dies lässt ebenfalls der Kick-Drum und den anderen Center-Signalen wie dem Saxophonsolo mehr Platz und Präsenz. Der Synthbass wird noch an einen Aux-Effekt gesendet, welcher das Plugin "MondoMod" von "Waves" inseriert hat. Dieser Kanal, in der Mischung "Aux 1" genannt, ist auf die hinteren Lautsprecher (Lrs und Rrs) gepannt. Mit der leichten Fre-

⁷⁹ Rand einer Trommel

quenzmodulation durch das Plugin, können vorn platzierte Audiosignale relativ einfach nach hinten erweitert werden. Die Modulation bewirkt dabei einen nur leicht hörbaren Bewegungseffekt, der allerdings dazu führt, dass vorn und hinten nicht exakt dieselben Signale zu hören sind. Durch diese Verbindung von vorderen und hinteren Lautsprechern kann ein guter Zusammenhalt in der dreidimensionalen Mischung entstehen.



Abbildung 18: Parameter am "Mondo Mod" von Waves (Aux 1)

Oft kann ein fehlender Zusammenhalt zwischen hinteren und vorderen Lautsprechern dazu führen, dass eine Lücke im Klang bzw. im Raum entsteht. Dadurch verliert man das Gefühl, wirklich vom Sound umgeben zu sein, wodurch ein Immersionseffekt eher nicht zum Tragen kommt. Um diesem Problem entgegenzuwirken, kann man vollwertige Signale, welche eventuell schon auf den vorderen Lautsprechern abgebildet werden, anteilmäßig oder leicht abgewandelt auch auf den hinteren Lautsprechern verteilen, wie es der Aux 1 bewirkt. Mit vollwertigen Signalen meint der Autor zum Beispiel Stützmikrofone. Diffusere Signale wie Hall oder Raumklang können bei diesem Problem in vereinzelt Fällen nicht den gewünschten Zusammenhalt der Lautsprecher und somit keine Gesamteinheit schaffen. Zu Beginn des E-Gitarrensolos sind nur Schlagzeug, Synthbass und Posaune zu hören. Dass der Synthbass und die Posaune an dieser Stelle auch von hinten hörbar sind, soll zu einem Umhüllungsgefühl beitragen und Ton- und Gehörraum füllen. Das insertierte Filter hinter dem Aux 1 bewirkt eine leichte Pegelreduktion im Bereich der tieferen Mittenfrequenzen. Daher wirken die von hinten abgestrahlten Signale etwas definierter. Durch die erhöhte Raumgröße, welche durch Tonmeister:innen zu gestalten ist, bietet sich mehr Platz speziell für mittige Frequenzbereiche. Trotzdem muss man darauf achten, dass sich kein Raum mit zu vielen Frequenzen in irgendeinem Bereich füllt.

Hammond-Orgel

Das Neumann U47, welches den Bass des Leslies abgenommen hat, ist mittig platziert mit Anteilen auf Center und LFE. Die Sennheiser MD421 sind nach hinten gepannt, jedoch nicht komplett, damit sie sowohl von den "Side Surrounds" als auch den "Rear Surrounds" wiedergegeben werden. Platziert man Signale im dreidimensionalen Panner in Extremen, kann dies dazu führen, dass sie nur von wenigen oder einem Lautsprecher wiedergegeben werden. Die beiden Schoeps MK4 werden als Äquivalent dazu von den Stereo-Lautsprechern vorn wiedergegeben, da diese etwas klarer und heller als die MD421 klingen und somit von den hinteren Lautsprechern etwas weniger hohe Frequenzanteile abgestrahlt werden. Die Verteilung von eher hochfrequenten Signalen nach vorn hat nach Einschätzung des Verfassers dieser Arbeit den Vorteil, dass die Signale bzw. die hochfrequenten Anteile nicht hinter einem lokalisiert werden, was in gegebenen Fällen zu einer Verwirrung des Rezipienten führen könnte. In diesem Fall eignet sich das MK4-Paar dafür ziemlich gut, wobei die MD421 etwas dumpfer von hinten einen interessanten Umgebungseffekt erzeugen. Um diesen noch etwas zu verstärken, wird das Schoeps-Paar ebenfalls auf den Modulationseffekt von hinten gesendet. Die Orgel erscheint somit im Tutti eher von hinten, kann aber durchaus auch leicht von vorn wahrgenommen werden. Sie wird über einen Send an den Hall 2 geschickt. Dieser stellt einen mittellangen mehrkanaligen Hall dar, welcher für die Räumlichkeit der Instrumente sorgt.



Abbildung 19: Einstellung des Mehrkanalhalls

E-Gitarre

Wie die Hammond-Orgel übernimmt die E-Gitarre bis auf ihr Solo eine begleitende Funktion im Stück. Während die Orgel einen umhüllenden Charakter besitzt, jedoch primär stärker von hinten erscheint, soll auch die Gitarre von hinten wahrnehmbar sein. Das Neumann U67 wurde hinten rechts platziert, während das Schoeps MK4 hinten links wiedergegeben wird. Ähnlich zu den hinteren Mikrofonen der Orgel sind diese beiden nicht komplett hinten im Panner platziert, um von den vier Surround-Lautsprechern wiedergegeben zu werden. Das Sennheiser MD421 ist das dritte Mikrofon mit welchem der Gitarren-Verstärker aufgenommen wurde. Da dieses als dynamisches Mikrofon im Vergleich zu den beiden Kondensatormikrofonen am ehesten eine unterschiedliche Klangcharakteristik aufweist, wurde es mittig nach hinten, als Ergänzung zu den beiden anderen platziert.

Um den Klang des E-Gitarrensolos intuitiv bearbeiten zu können, wurde ein Bus erstellt, an welchen die drei duplizierten Mikrofonspuren gesendet werden. Für die Solostelle wird die Gitarre darüber und von vorn wiedergegeben. Der Wechsel von hinten nach vorn erscheint intuitiv und wird vom Verfasser dieser Arbeit als gelungene Abwechslung wahrgenommen. Die beiden Kondensatormikrofone werden beim Solo auf den Aux 1 gesendet, um auch von hinten eine gewisse Rückmeldung der Gitarre während des Solos zu besitzen. Der Solo-Bus wird außerdem auf den Delay- und den Hall 2-Bus gesendet. Das Delay-Plugin erzeugt einen mehrkanaligen Verzögerungseffekt, welcher auf allen Kanälen des Beds wiedergegeben werden kann. Das Plugin "Slapper" bietet dabei die Möglichkeit, auf jeden Kanal einzeln Einfluss zu nehmen (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Klangeinstellung des Mehrkanal-Delay-Plugins

Bläser

Da der Bläusersatz das musikalische Thema in diesem Stück präsentiert, hat sich der Verfasser dieser Arbeit entschieden, den Satz traditionell von vorn erklingen zu lassen. Das Tenorsaxophon von links, die Trompete aus der Mitte und die Posaune von rechts. Die jeweiligen Mikrofone der Bläser gehen dabei pro Instrument auf einen Mono-Bus, welcher entsprechend gepannt wurde. Die Trompete wird vom Center-Lautsprecher wiedergegeben, da diese somit etwas wärmer und direkter klingt, im Vergleich zu einer Phantomschallquelle. Das Saxophonsolo wird allerdings ähnlich wie das E-Gitarrensolo mittig und von vorn wiedergegeben, dabei kaum aus dem Center, da der klangliche Effekt der dabei zum Vorschein kam, den Saxophonklang unangenehm verfärbte. Während die Posaune im Gitarrensolo die Begleitung übernimmt, ist sie mittig und etwas vorn im Raum platziert. Kick-Drum, Synthbass und Posaune spielen vor allem zu Beginn des Gitarrensolos die selbe Figur; Posaune und Synthbass sind an dieser Stelle durch den Aux 1 auch von hinten wahrnehmbar und verzahnen daher gut.

Die Effektkette der Bläser besteht aus einem Stereohall mit einer hohen Pre-Delay-Zeit, dem mehrkanaligen Hall 2, dem Aux 1 und dem Delay. Der Stereohall wurde aus der Stereomischung übernommen und wird von den Lautsprechern vorn wiedergegeben. Dieser wird von vorn abgestrahlt und unterstützt den Klang der Bläser zusätzlich zum in der gesamten Mischung verwendeten Hall 2 und lässt sie somit weniger spröde wir-

ken. Da die Bläser relativ nah am Instrument mikrofoniert wurden und auf die Raummikrofone verzichtet wurde, wirkt das Klangbild somit homogener. Der Aux 1 sorgt auch hier dafür, dass ein gewisser Anteil der Bläser von hinten wiedergegeben wird. Hier ließ sich beobachten, dass bei zunehmendem Send-Pegel durch die Modulation des Aux 1 unangenehme Klangfärbungen zwischen vorderen und hinteren Blälersignalen entstehen. Daher ist dieser nur leicht unterstützend eingesetzt. Der Delay-Effekt sorgt für eine erweiterte wahrnehmbare Räumlichkeit, welcher vor allem durch die Anteile von hinten bewirkt wird.

5.3 Beispiel 2: City Light Symphony Orchestra - Star Wars – The Force Awakens: Rey's Theme

Das City Light Symphony Orchestra ist ein Orchester, welches sich auf das Darbieten von Filmmusik spezialisiert hat. „Es ist ein in Luzern beheimatetes Projektorchester, das sich entsprechend der benötigten Besetzung der jeweiligen Konzertprojekte in flexibler Größe präsentieren kann – von vollbesetztem oder gar erweitertem Sinfonieorchester bis hin zu Kleinformationen.“⁸⁰ Im September 2020 nahmen die Bauer Studios in einer elftägigen Session die Debüt-Doppel-CD des Orchesters im Kultur- und Kongresszentrum in Luzern auf. Der Verfasser dieser Arbeit konnte bei dieser Aufnahme als Assistent teilnehmen. Für die Aufnahmen spielte eine große sinfonische Besetzung, welche dem Aufbauplan (siehe Anlage 2) zu entnehmen ist.

5.3.1 Aufnahme und Anlegen der Session

Die Aufnahme wurde mit einem Decca-Tree-System inklusive Outriggern als Hauptmikrofon-System und verschiedenen Stützmikrofonen realisiert. Den Mikrofonplan und die genaue Verwendung der Stützmikrofone kann man der Anlage 3 entnehmen. Da zu Beginn der Aufnahme klar war, dass dieses Projekt zum Produzieren in Dolby Atmos herangezogen werden könnte, platzierte das Aufnahmeteam zusätzliche Mikrofone im höchsten Rang des Konzertsaals, sowie mehrere Raummikrofone.

Da die Stereomischung des Projekts mit der DAW "Pyramix" durchgeführt wurde, gestaltete sich der Import der Spuren in Pro Tools etwas komplizierter. Die einzelnen Audiospuren sollten die Bearbeitungen, Schnitte, Automationen und individuellen Klangeinstellungen beinhalten. Daher wurden die Spuren einzeln mit diesen Daten konsoli-

⁸⁰ [online] <https://www.citylightconcerts.ch/orchester/> [22.02.2021].

diert. Beim Import in Pro Tools wurden die Audiodateien außerdem von 88.2 kHz auf 48 kHz umgerechnet.

5.3.2 Konzept

Das Stück "Rey's Theme" ist der zweite Satz der Suite "The Force Awakens", komponiert von John Williams und Teil der Star-Wars-Filmmusik. Es ist dem Genre der Filmmusik zuzuordnen. Da es bezüglich Aufnahme und Besetzung eher einer Klassikproduktion ähnelt, wählte der Verfasser dieser Arbeit hier eine grundlegend verschiedene Philosophie zu der Produktion der "Hot Damn Horns". Auch um möglichst verschiedene Facetten der Klanggestaltung in dieser Arbeit darzulegen, sollte bei der Produktion ein möglichst authentischer Klang nachgebildet werden. Dieser orientiert sich an der Aufstellung des Orchesters und am Klang des Konzertsaals, in dem das Stück aufgeführt wurde. Die Herausforderung bestand darin, eine Klangeinstellung zu finden, welche den Aufführungsraum durchaus realistisch abbildet, jedoch die Präsenz und Klarheit der Stützmikrofone und damit der einzelnen Instrumente voll ausnutzt.

5.3.3 Mischung

Die Erklärung der Vorgehensweise in dieser Mischung ist unterteilt in Beschreibungen über das Hauptmikrofon-System und die Stützmikrofone, welche bis auf wenige Ausnahmen nach Registern und zugehörigen Bussen geordnet sind.

Hauptmikrofon-System

Das Decca-Tree-System lieferte beeindruckende Signale und einen sehr nahen, präzisen und schönen Klang. Überlegungen führten dazu, das System möglichst natürlich und so breit wie möglich im Tonraum zu platzieren. Dabei sollte das Orchester trotzdem noch von vorn wahrgenommen werden. Mit dem Hinzufügen von Höhe experimentierte der Verfasser dieser Arbeit ebenfalls bei den Hauptmikrofonen. Dies führte jedoch schnell zu klanglichen Verfärbungen und minderte den realistischen Anschein. Das AB-Paar wurde demnach auf die Stereolautsprecher platziert, während das Center-Mikrofon auch voll auf den Center-Lautsprecher gelegt wurde. Die Outrigger des Systems wurden voll nach links und rechts platziert, jedoch auch etwas in den Raum hinein (siehe Abbildung 21). Dies führt zu einer Erweiterung der Breite in der horizontalen Wahrnehmung. Platziert man die Outrigger weiter hinten im Raum, werden sie stark von den Side-Surround-Lautsprechern wiedergegeben. Dies führte dazu, dass äußere erste Geigen und äußere Celli teilweise stark hinter dem Rezipienten erschienen, weil diese nah an den Outrigger-Mikrofonen platziert waren.

Die fünf Mikrofone des Decca-Tree-Systems laufen auf einen Hauptmikrofon-Bus, welcher an den Hall 1 gesendet wird. Dieser stellt einen mehrkanaligen Hall dar, welcher etwas länger als der Hall 2 ist. Hinter dem Hall-Plugin sind noch drei Trim-Plugins inseriert, welche den Pegel des Halls reduzieren, der aus den drei vorderen Kanälen wiedergegeben wird (L, C, R). Die Trim-Plugins sind als Multi-Mono-Plugins inseriert und sollen den wiedergegebenen Hall von vorn reduzieren, um die direkten Anteile nicht zu verwaschen zu erscheinen lassen. Außerdem wird der Hall-Aux-Kanal mit einem Filter in seiner Bandbreite begrenzt. Auch dies führt zu erhöhter Definition.

Streicher

Die Stützmikrofone der Streichinstrumente wurden relativ ähnlich der wahren Aufstellung des Orchesters platziert, beziehungsweise so, dass sie mit dem Hauptmikrofon gut zusammen funktionieren. Dabei hat der Verfasser dieser Arbeit die Stützmikrofone der jeweils zweiten Geigen, Bratschen und Celli etwas weiter in die Mitte des Raumes und mit einer leichten Zugabe von Höhe platziert. Dies führt dazu, dass die Instrumente weiterhin von vorn und aus ihrer tatsächlichen Position wahrgenommen werden, sich die empfundene Breite dabei jedoch maximiert. Den Kontrabässen wird der Parameter Size leicht hinzugefügt. Wie schon in der Mischung der "Hot Damn Horns" bewirkt dies bei eher tieffrequenten Signalen eine warme und füllende Abbildung der Bässe. Eine Kontrabass-Spur wird als Effektsignal genutzt, welche direkt auf den LFE geroutet ist. Diese enthält mit Hilfe von Plugins erzeugte Subbässe.

Wie das Hauptmikrofon-System wird auch der Streicher-Bus an den Hall 1 gesendet. Außerdem sind zwei Stereo-Halls Bestandteil der Mischung. Der erste dieser beiden (vom Verfasser als Mid-Hall bezeichnet) besitzt ein leichtes Pre-Delay, ist mittig und etwas erhöht im Raum platziert. Der zweite Stereo-Hall (vom Verfasser als Rear-Hall bezeichnet) besitzt ein höheres Pre-Delay und ist voll nach hinten gepannt. Aus der Kombination dieser beiden lässt sich ein Welleneffekt nachbilden. Dabei werden die vorderen Lautsprecher ausgespart, um dem Direktklang die notwendige Präsenz nicht zu entziehen. Außerdem kann der Hall somit gezielt in der Mitte des Raumes oder hinten adressiert werden. Die Stützmikrofone der Streicher werden auf den ersten der beiden Halls geschickt. Hierbei entschied sich der Verfasser dieser Arbeit, bei steigendem Pegel der Stützmikrofone den Send-Anteil auf diesen Hall etwas zu verstärken beziehungsweise zu automatisieren. Da sich bei Forte-Passagen die Präsenz der Streicher auf den vorderen Lautsprechern erhöht, verträgt die Mischung an diesen Stellen auch etwas mehr Räumlichkeit, um auch an dynamisch lauten Stellen ein Umgebungsgefühl zu erzeugen. Der Send zu den Stereo-Halls lässt sich nur über die Einzelspuren realisieren, da der Send eines mehrkanaligen Busses nicht auf einen Stereo-Aux gesendet werden kann.



Abbildung 21: Ausschnitt des Mix-Fensters aus der Pro Tools Session mit Hauptmikrofon und Streichern

Bläser

Die Stützmikrone der Blasinstrumente sind ebenso nach ihrer tatsächlichen Aufstellung platziert. Dabei werden ähnlich zu den Streichern die Bassinstrumente mit dem Parameter Size gemischt. Die Bläser werden zusätzlich zum Hall 1 an den Rear-Hall gesendet, um eine gewisse Weite im Tonraum zu erzielen. Dies funktioniert gut mit den im Vergleich zu den Streichern weiter hinten sitzenden Bläsern. An den Mid-Hall werden nur die Trompeten gesendet, um deren hohe Direktschallanteile in den Stützmikrofonen leicht auszugleichen. Zwei von vier Mikrofonen der Hörner standen bei der Aufnahme hinter den Hornisten, also in Abstrahlrichtung des Schallbeckers. Diese werden in dieser Mischung auch mit dem Aux 1 leicht von hinten wiedergegeben. Der Aux 1 funktioniert in dieser Mischung ähnlich wie im Beispiel zu den "Hot Damn Horns". Dabei fällt auf, dass vor allem im Kontext des Klangideals von klassischer Musik dieser Modulationseffekt, bedingt durch den Aux 1, nur sehr gering eingesetzt werden kann, da dies sonst zu ungewollten Klangverfärbungen führt.

Holzbläser

Die Holzblasinstrumente sind relativ mittig angeordnet und werden ebenfalls an den Rear-Hall und den Hall 1 gesendet. Auch hier wird dem Kontrafagott als Bassinstrument ein leichter Anteil des Size-Parameters hinzugefügt.

Harfe, Klavier und Celesta

Die Stützmikrofone zu Harfe und Klavier gehen direkt auf das Master Bed und mit geringeren Anteilen auf Aux 1 und einen weiteren Mehrkanal-Hall, welcher als "Hall 2" in der DAW benannt ist. Dieser besitzt eine etwas kürzere Nachhallzeit als Hall 1 und eignet sich daher gut für die Saiten- und Tasteninstrumente, da deren Präzision dadurch nicht verschwimmt.

Die Celesta ist das erste Objekt der Mischung. Der Verfasser dieser Arbeit hat das Stützmikrofon als Objekt bearbeitet, da es so vorn oben rechts platziert werden kann, ohne auch von den hinteren Overhead-Lautsprechern wiedergegeben zu werden. In Kombination mit dem Hauptmikrofon ist die authentische Ortung trotzdem noch vorhanden bei einer wohligen Ausfüllung des vorderen rechten Klangraums. Außerdem wird diese Spur aufgrund des Size-Parameters von mehreren sich im Umkreis befindenden Lautsprechern wiedergegeben. Dadurch erhöht sich die Größe des Instruments.

Percussion

Die Pauken können besonders im Genre der Filmmusik für eine Intensivierung der Dramaturgie stehen. Auch deshalb entschied sich der Verfasser dieser Arbeit diese als Objekte im Raum zu verteilen und mit erheblichen Size-Anteilen zu mischen. Sie wirken durch den Mid- und Rear-Hall in ihrer Fülle noch etwas größer. Auch die große Trommel wird durch den Size-Regler in ihrer Wirkung verstärkt. Das Glockenspiel wird vorn rechts als Objekt wiedergegeben, da bei der Platzierung mit dem Aspekt der Höhe experimentiert wurde. Es stellte sich jedoch heraus, dass das Glockenspiel vor allem in Kombination mit dem Hauptmikrofon deutlich besser in der Horizontalebene klingt.

Raummikrofone

Die Raummikrofone stellen einen essentiellen Teil der Mischung dar. Mit ihrem Zusammenwirken soll eine möglichst intensive und realistische Abbildung des Konzertsaals geschaffen werden. Für die Aufnahmen wurden auf der Galerie des Konzertsaals jeweils auf der linken und rechten Bühnenseite, ziemlich in der vertikalen Mitte des Raumes Mikrofone mit der Richtcharakteristik Kugel aufgestellt. Diese duplizierte der Verfasser dieser Arbeit in der DAW und wandelte sie zu Objekten. Es entstanden also vier Spuren, welche jeweils voll auf einen Overhead-Lautsprecher gelegt wurden. Das linke Raummikrofon der Galerie liegt also auf beiden linken Overhead-Lautsprechern in Form von zwei getrennten Objekten an, genauso wie auf der rechten Seite der Overhead-Lautsprecher. Somit ist es möglich, den Pegel des vorderen linken Overhead-Lautsprechers im Gegensatz zu dem hinteren linken abzusenken. Dies wurde auf beiden Seiten auch getätigt, da der Raumeindruck somit etwas weiter nach hinten verla-

gert werden konnte und so mehr Platz für direkte und präsente Klänge im vorderen Bereich geschaffen wurde. Besonders hilfreich ist es, die Signale auf den Overhead-Lautsprechern vor allem im Bereich der Bässe und tiefen Mitten zu entzerren, um eine klanglich unvorteilhafte Erhöhung bestimmter Frequenzbereiche zu vermeiden. Ebenfalls experimentierte der Verfasser dieser Arbeit mit einem insertierten Hall auf diesen Spuren um das Signal diffuser erscheinen zu lassen. Dies war allerdings nicht nötig, da auch die räumlichen Signale eine gewisse Durchsetzungskraft und Klarheit benötigen, um mit den anderen Elementen der Mischung zu einem ausgewogenen Klangbild zu fusionieren.

Die Mikrofone, welche zusätzlich im Zuschauerraum aufgestellt waren, sind ähnlich ihrer wahrhaftigen Aufstellung hinten links und hinten rechts platziert. Auf deren Spuren ist jeweils ein Kompressor mit einer sehr schnellen Attack-Zeit insertiert, um Direkt-schallanteile und kurze Peaks etwas abzusenken. Somit wirkt der Klang dieser Mikrofone diffuser. Die Mikrofone der Galerie und die im Zuschauerraum bilden in Kombination eine gute Abbildung des Konzertsaals. Sie stellen, in der Mischung hinten oben platziert, das Gegenstück zu Hauptmikrofon-System und Stützmikrofonen dar, welche fast ausschließlich vorn platziert sind.

Masterbus

Sowohl bei Klangbeispiel 1 als auch bei dem "City Light Symphony Orchestra" erfolgt auf dem Masterbus eine leichte Dynamikbearbeitung. Durch den als Multi-Mono insertierten "Shadow Hills Mastering Compressor" erfolgt eine leichte Verdichtung der Mischung. Der "Pro L2"-Limiter der Firma "FabFilter" limitiert außerdem die Kanäle des 7.1.2-Beds auf den geforderten True Peak-Wert von -2 dbTP. Dabei gilt zu beachten, dass erzeugte Objekte sich dieser Limitierung entziehen, da sie nicht über den Masterbus laufen. Dies spielt eine Rolle bei der Einhaltung der geforderten Lautheitswerte (siehe Kapitel 3.6). Hierbei empfiehlt es sich bereits von Beginn der Mischung an, die Lautheitswerte über die Hauptansicht des Renderers im Blick zu haben, um in den richtigen Bereich der geforderten Lautheit zu kommen.

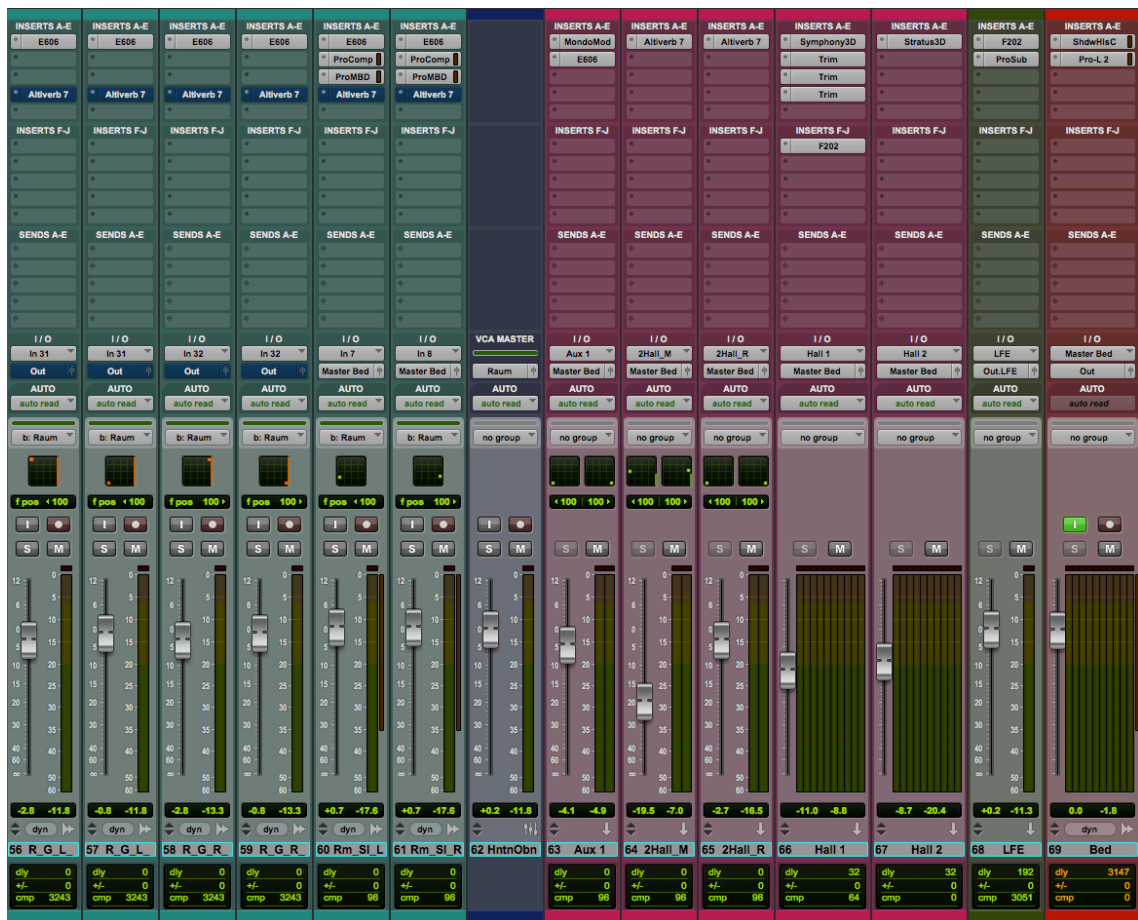


Abbildung 22: Ausschnitt des Mix-Fensters aus der Pro Tools Session mit Raummikrofonen, Effektrückwegen und dem Masterbus

6 Auswertung des Empfindungstests

Im folgenden Kapitel soll eine Einschätzung der Erkenntnisse und deren Wirkungen in Bezug auf die Klangbeispiele systematisiert werden. In Kombination mit dem vom Verfasser dieser Arbeit entworfenen Hörtest im Sinne einer Empfindungsbeschreibung sollen aufgeworfene Fragen und Erklärungen ergründet werden.

6.1 Beispiel 1: Hot Damn Horns – Shake your Leg

Das Beispiel der “Hot Damn Horns“ sollte frei gestaltet sein. Dabei wurden das Schlagzeug und die Bläser trotzdem relativ stereo-typisch gemischt. Es ist daher kein prädestiniertes Beispiel, um die vielen Möglichkeiten in Form von Bewegung, Automationen und Effekten des Formats Dolby Atmos zu demonstrieren. Dies sollte allerdings auch nicht die Intention hinter einer Musikmischung sein, unabhängig vom Format. Vielmehr soll die Musik weiterhin in ihrer Wirkungsabsicht dargeboten werden. Dabei hielt es der Verfasser bei diesem Musikstück für sinnvoll, auch stereo-typische und weniger experimentelle Gestaltungsmöglichkeiten mit einfließen zu lassen. Effekte wurden daher passend eingesetzt, auffallende Bewegungen der Instrumente im Tonraum sind selten. Trotz der kreativen Gestaltung überwog beim Verfasser der Anschein einer Produktion von hauptsächlich akustischen Instrumenten. Ein Einsatz von Effekten wird dabei schnell zu einem Drahtseilakt zwischen gekonnter Bereicherung des klanglichen Erscheinungsbildes und verwirrend wirkender Überbenutzung. Dies kann zu einer Fehlinterpretation der musikalischen Aussage führen.

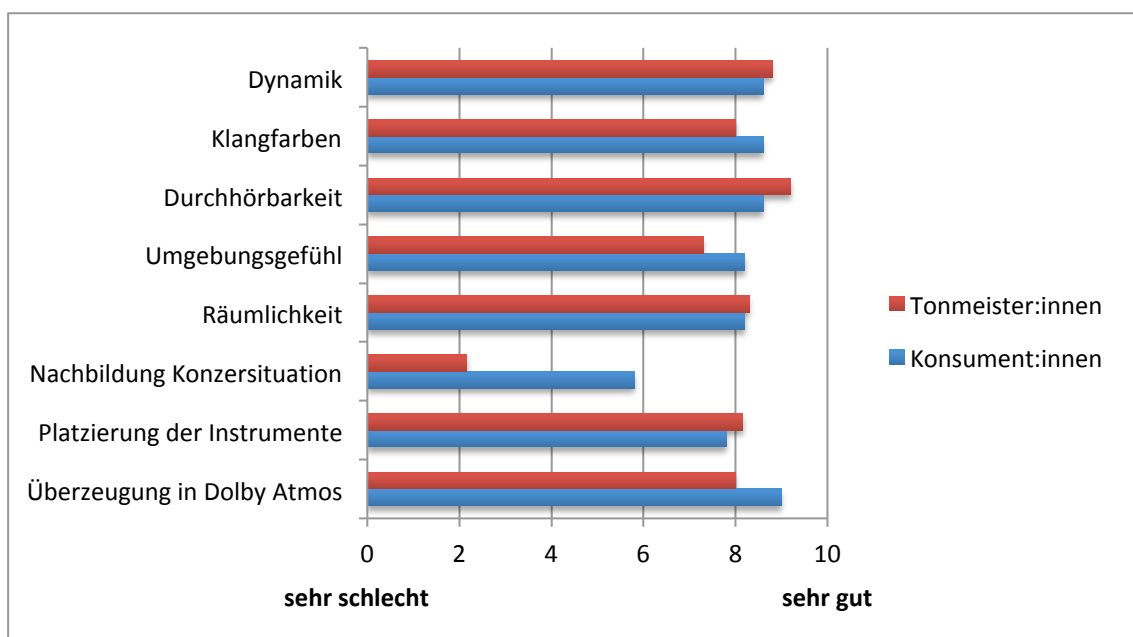


Abbildung 23: Ergebnisse des Empfindungstests bei Klangbeispiel 1

Die exakten Fragestellungen des Hörtests lassen sich in Anlage 4 nachvollziehen. Die erste Frage sollte die grundlegende Überzeugung des Stückes im Format Dolby Atmos bestimmen. Die Konsument:innen sind hier prinzipiell eher beeindruckt, was sicherlich an der ungewohnten und damit neuen Dimension bei der Wiedergabe von Musik liegen kann. Auch stellen sich Tonmeister:innen eher die Frage, inwiefern die jeweiligen musikalischen Inhalte für das Format geeignet sind. Dies wird sicher einen Einfluss auf die Beantwortung dieser Fragestellung haben.

Die Platzierung der Instrumente im Tonraum wird von den Tonmeister:innen leicht gelungener bewertet. Auch hier konnte im Gespräch mit den beiden befragten Gruppen deutlich werden, dass die Gruppe der Tonmeister:innen etwas sensibler auf die genaue Panoramaverteilung achtet als die Konsument:innen und damit diese auch etwas differenzierter heraushören kann.

Die dritte Frage erschien für das Klangbeispiel 1 als eher irrelevant, da es nicht das Ziel war, den Anschein einer realen Konzertsituation akustisch nachzubilden. Der Gruppe der Tonmeister:innen ist dieser Fakt deutlicher aufgefallen. Die Gruppe der Konsument:innen empfand die akustische Repräsentation mit Klang von hinten kommend als teilweise konzertähnlich.

Die Gestaltung der Räumlichkeit wird von beiden Gruppen gut und gleichmäßig empfunden. Die Konsument:innen fühlen sich jedoch vom Klang umgebener als die Gruppe der Tonmeister:innen. Diese könnte hier etwas kritischer gewesen sein, da im Musikstück bis auf Hammond-Orgel und E-Gitarre fast alle Instrumente zu hohen Anteilen von vorn wahrgenommen werden konnten bzw. sie durch die Erfahrung im Bearbeiten von Musik von Dolby Atmos andere Panoramaeinstellungen gewohnt sind. Ein Großteil der Mischungen von akustischer Musik zeichnet sich dadurch aus, dass dem Rezipient der Eindruck verliehen werden soll, er säße in der Mitte des Ensembles. Dies ist ein oft bevorzugtes Konzept bei kleineren Besetzungen oder bei Aufnahmen, zu welchen die Musiker um ein Hauptmikrofon-System einspielen. Wenn die Instrumente dann auch aktiv und dauerhaft zu großen Anteilen von hinten wahrgenommen werden, könnte demnach das Umgebungsgefühl größer sein und bei der Mischung der "Hot Damn Horns" dafür sorgen, dass dieser Aspekt nicht ganz so stark empfunden wird.

Am besten hat bei diesem Musikstück die Einschätzung in Bezug auf die Durchhörbarkeit der einzelnen Instrumente abgeschlossen. Ein wichtiger Grund dafür ist sicherlich die erhöhte Bandbreite und der gewonnene Raum im Vergleich zu einer Wiedergabe über Stereo. Dies lässt sich am deutlichsten anhand der Hammond-Orgel darstellen. In Stereo-Mischungen ist es oft der Fall, dass man bei einer Hammond-Orgel eine leichte Pegelverringern im Bereich der tiefen Mitten tätigt, um eine Überhöhung dieses Frequenzbereiches in der Mischung zu vermeiden. In der Dolby Atmos Mischung war dies

nicht von Nöten, stattdessen wurde die Wiedergabe der Orgel ungefiltert und zu hohen Anteilen über vier Lautsprecher wiedergegeben, ohne dass es zu ungewollten Maskierungen benachbarter Frequenzbereiche führt. Ebenfalls lassen sich durch den expandierten Tonraum und die genauere Auflösung aufgrund der erhöhten Lautsprecheranzahl die Instrumente deutlicher abbilden. Auch dies kann ein Grund für eine gute Durchhörbarkeit einzelner Instrumente sein.

In Bezug auf die Klangfarbe waren die Tonmeister:innen leicht kritischer, was vor allem auf den sehr charakterstarken Klang der Bläser zurückzuführen ist. Die Dynamik wurde von beiden Gruppen in etwa gleich und als gelungen vermerkt. Vor allem bei diesen beiden Aspekten profitierte der Verfasser dieser Arbeit jedoch in großem Maße von der guten Spielweise der Musiker und einer sehr gelungenen Aufführung dieses Stücks.

6.2 Beispiel 2: City Light Symphony Orchestra - Star Wars – The Force Awakens: Rey’s Theme

Das Beispiel des “City Light Symphony Orchestras“ sollte eher an der realen Aufstellung des Orchesters orientiert sein und die damit einhergehende Aufführung möglichst authentisch und trotzdem energetisch und präsent abbilden. Dieses Klangbeispiel bildet daher ebenfalls keine Vielzahl von sich bewegenden Elementen ab. Trotzdem wurde die Bearbeitungsmethode mit Objekten genutzt, um zum Beispiel Pegelanpassungen zwischen vorderen und hinteren Höhen-Lautsprechern zu tätigen.

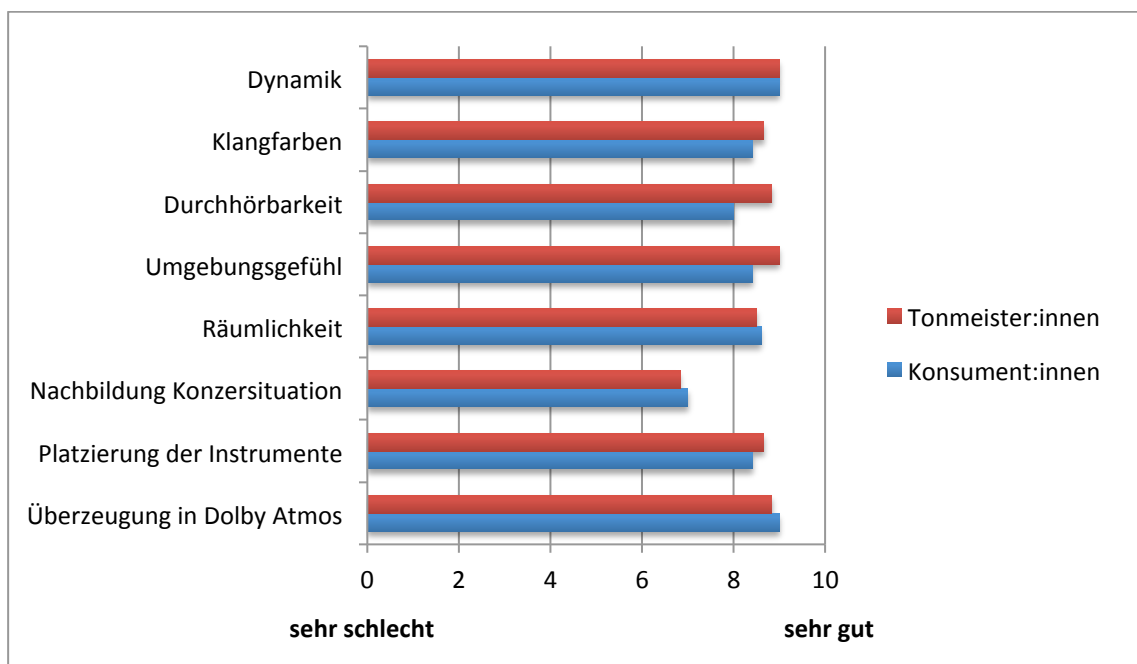


Abbildung 24: Ergebnisse des Empfindungstests bei Klangbeispiel 2

Bei der Auswertung zum Hörtest des zweiten Beispiels fällt in erster Linie auf, dass sich die beiden befragten Gruppen einiger sind als beim ersten Beispiel. Auch bekam die zweite Mischung insgesamt eine bessere Bewertung. Dies könnte daran liegen, dass sich ein Orchester, als in sich klingender großer Klangkörper, sehr gut eignet, um dieses für eine mehrkanalige Wiedergabe zu inszenieren.

Die Platzierung der Instrumente erschien den Befragten schlüssig. Das Orchester kann von vorn in seiner tatsächlichen Aufstellung wahrgenommen werden. Lediglich psychoakustisch sinnvolle Ergänzungen der Panoramaeinstellungen wurden durch den Verfasser der Arbeit vorgenommen, ohne den Klang einzelner Instrumente aus dem Kontext seines Registers oder des Hauptmikrofon-Systems zu reißen.

Die Frage nach der Nachbildung einer Konzertsituation wurde für den Verfasser überraschend negativ bewertet. Dieser hatte sich jedoch zum Beispiel auch an den teilweise präsenten Klang der Streicher gewöhnt. Viele Befragte argumentierten damit, dass es für eine reale Konzertsituation etwas zu direkt klingt. Die Philosophie der akustischen Abbildung des Orchesters orientiert sich jedoch auch an den Hörgewohnheiten dieses Genres. Dabei soll die Aufnahme nicht so klingen, wie man sie auf einem Platz im Konzertsaal wahrnehmen würde. Sie soll eine gezielt adäquate Transformation in das Format Dolby Atmos darstellen (siehe Kapitel 5.1.1). Natürlich bedient sich der Verfasser dieser Arbeit den Stützmikrofonen, um die Wahrnehmung einzelner Instrumente zu verbessern. Mit Verweis auf das Zitat von Thorsten Weigelt, mit welchem der Verfasser diese Arbeit einleitete, ähnelt der Klang einem Konzerterleben, jedoch besitzt eine solche Darbietung über dieses Format eigene Charakteristiken: Das Orchester kann in der Mischung vielleicht von seiner Aufstellung ähnlich dem Konzert nachempfunden werden, die Klangfarbe und die Ausbalancierung ist jedoch deutlich näher als in Bezug auf das wahre Hören in einem Konzertsaal. Die Aspekte der Direktheit und des Raumklangs gekonnt zu vereinen, gilt bei einer solchen Philosophie hinter der Mischung wohl als eine der großen Herausforderungen.

Dass die Kombination von Hauptmikrofon und Stützmikrofonen, welche von vorn wahrnehmbar sind, und der Raummikrofone mit verschiedenen Halls, welche prinzipiell eher von hinten wahrnehmbar sind, gut funktioniert, versuchen die Fragen zur Räumlichkeit und zum Umgebungsgefühl zu belegen. Trotzdem, dass die Instrumente von vorn erscheinen, fühlt man sich in einen Raum hineinversetzt. Die Platzierung einzelner Stützmikrofone mit Höhe und innerhalb des Tonraums bewirkt dabei ein Immersionsgefühl. Die Automationen in Bezug auf die verschiedenen Halls, speziell auf die beiden Mid-Halls, haben sich an dynamisch intensiven Tutti-Passagen als besonders hilfreich erwiesen. Mit ihnen wird vor allem bei Hörnern und tiefem Blech eine Art der Wellenbewegung durch den Tonraum impliziert. Dadurch wird eine gewisse Körperlichkeit der

Musik spürbar, was bei den Empfindungen der Befragten zur Thematik der Räumlichkeit und des Umgebungsgefühls sicherlich eine Rolle spielt.

Die Durchhörbarkeit wurde von der Gruppe der Tonmeister:innen erneut als gut empfunden. Auf der Seite der Konsument:innen schnitt diese nicht ganz so gut ab. In der Kommunikation mit den Konsument:innen stellte sich jedoch heraus, dass es einer gewissen Übung bedarf, einzelne Instrumente in einem Orchester herauszuhören. Daher könnte die Durchhörbarkeit auch leicht eingeschränkt worden sein. In beiden Beispielen hat die Gruppe der Tonmeister:innen die Durchhörbarkeit als sehr gut bewertet. Das belegt die These, dass Instrumente im Format Dolby Atmos in ihrer ursprünglichen Dynamik und in ihrem gesamten Frequenzspektrum weniger beeinträchtigt werden müssen.

Die Klangfarbe der Instrumente und die Dynamik des Stückes wurden von beiden Gruppen ähnlich empfunden. Die Beurteilung der Dynamik fiel in beiden Gruppen am besten aus. Dass die Dynamik des Stückes so erlebbar erscheint, ist hier auch auf die sehr gelungene Vortragsweise des Orchesters zurückzuführen.

7 Fazit

Musik, betrachtet als künstlerisches Gesamtwerk, umfasst unzählige verschiedene Bereiche. Die Vielseitigkeit und die Diversität der Klänge und Formen, welche sich aus den Einflussfaktoren einer Musikproduktion ergeben können, sind mindestens genauso verschieden wie Produktionsmethoden und klangästhetische Gestaltungsmittel, die dabei eine Anwendung finden können. Nicht immer sind diese auch genau zu systematisieren, da Emotionen in der Rezeption eine Rolle spielen können. Diese Arbeit versucht anhand der zwei ausgewählten Beispiele Gefühle zu unterstützen und beschreibt mögliche Workflows mit dem Umgang von Musik in Dolby Atmos.

Anhand der Vielseitigkeit wird ebenfalls deutlich, wie stark klangliche Bearbeitungen, Panoramaeinstellungen und Produktionsmethoden vom vorhandenen musikalischen Material abhängig sind. Eine experimentelle Improvisation mit vielen eventuell auch elektroakustischen Instrumenten als Beispiel lässt sich völlig anders bearbeiten als eine Aufführung von Musik mit akustischen Instrumenten und gewöhnlichen Harmonien, an welche eventuell auch spezielle Hörerfahrungen geknüpft sind.

Die Arbeit von Tonmeister:innen ist nicht selten von der Intuition und Kreativität der Person selbst beeinflusst. Neue Möglichkeiten der Platzierung von Instrumenten, wie es bei Dolby Atmos der Fall ist, können und sollten einen Einfluss auf die gestalterischen Möglichkeiten von Tonmeister:innen haben. Vielleicht kann es in Zukunft zur Aufgabe dieser werden, sich mit dem neuen Format zu beschäftigen und dabei Ideen zu entwickeln, welche auch Komponist:innen und Musiker:innen dazu inspirieren, ihre Musik in Dolby Atmos zu produzieren.

Dass der Weg der Musik in Dolby Atmos zum Konsumenten dabei einfach und intuitiv gestaltet werden muss, ist eine Bedingung, um den Inhalt nicht nur einer sehr kleinen Nische darbieten zu können. Somit wird dies auch die Aufgabe der Zukunft sein: Es müssen einfache Wege geschaffen werden, um das neue Medium fernab von Hi-Fi-, Klang- oder Musikenthusiasten einer breiten Masse zu vermitteln.

Ein weiteres, in dieser Arbeit jedoch nicht hauptsächlich thematisiertes Feld, ist die Aufnahme von Musik für mehrkanalige Formate wie zum Beispiel Dolby Atmos. Auch hier entstehen viele Herangehensweisen, wobei in den letzten Jahren immer mehr Mikrofonarrays entwickelt wurden. Der Verfasser konnte anhand des 3D-Mikrofonsystems der Hochschule Mittweida für Aufnahmen in 3D-Sound sensibilisiert werden. So bildet das Array, welches zum Beispiel für Klavier- und Raumaufnahmen im Einsatz war, hochwertige Aufnahmemöglichkeiten, welche sehr unkompliziert in ein 5.1.4-System integriert werden können. Die Thematik der Aufnahme von Musik in 3D-Audio stellt

eine völlig andere Thematik dar, welche natürlich auch die klangästhetische Gestaltung in der Postproduktion beeinflussen wird.

Die Ergebnisse und die Klangbeispiele zeigen verschiedene klangästhetische Gestaltungsmittel auf, von denen Musik in Dolby Atmos profitieren kann. Die dabei benötigten Kenntnisse in Bezug auf Workflow, Technik und kreative Hintergründe einer immersiven Musikmischung werden deutlich gemacht. Die Möglichkeiten und die damit einhergehende Qualität von Musikdarbietungen in Dolby Atmos können noch vielfältiger und besser werden. Komponist:innen und Musiker:innen könnten bereits während des Entstehungsprozesses eines musikalischen Werks für die Besonderheiten in Dolby Atmos sensibilisiert sein.

Der Verfasser dieser Arbeit wird das Thema der Musikproduktion in Dolby Atmos mit Engagement weiter verfolgen, weil er selbst von der Einzigartigkeit des Klangerlebnisses bei professionellen Musikproduktionen in diesem Format überzeugt ist.

Literaturverzeichnis

Monografien

Bieger, Laura: Ästhetik der Immersion: Raum-Erleben zwischen Welt und Bild. Las Vegas, Washington und die White City. Bielefeld: transcript Verlag, 2007.

Blauert, Jens & Jonas Braasch: Räumliches Hören, Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.

Brech, Martha: Der hörbare Raum: Entdeckung, Erforschung und musikalische Gestaltung mit analoger Technologie, Bielefeld: transcript Verlag, 2015.

Dickreiter, Michael & Volker Dittel & Wolfgang Hoeg & Martin Wöhr: Handbuch der Tonstudioteknik: Band 1, 7., völlig neubearbeitete und ergänzte Auflage, München: K. G. Saur Verlag KG, 2008.

Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudioteknik: Band 1, 5., völlig neubearbeitete und ergänzte Auflage, München: K. G. Saur Verlag KG, 1987.

Dolby Laboratories, Inc.: Authoring for Dolby Atmos Cinema Sound Manual, San Francisco, CA, 2013.

Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos Music – Delivery Specification, o.O, o.J.

Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos Renderer: Guide, Software Version 3.0, San Francisco, CA, 2018, S.223

Dolby Laboratories, Inc.: Dolby Atmos: Next-Generation Audio for Cinema, San Francisco, CA, 2013.

Friesecke, Andreas: Die Audio-Enzyklopädie: Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Auflage, Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH, 2014.

Görne, Thomas: Tontechnik, Prof. Dr. Ulrich Schmidt (Hrsg.), 3., neu bearbeitete Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 2011.

International Telecommunication Union: Recommendation ITU-R BR.780-2: Time and control code standards, for production applications in order to facilitate the international exchange of television programmes on magnetic tapes, o.O., 2005.

Maempel, Hans-Joachim & Stefan Weinzierl & Peter Kaminski: Audiobearbeitung, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.

Rostásy, Andrea & Tobias Sievers: Handbuch Mediatektur: Medien, Raum und Interaktion als Einheit gestalten. Methoden und Instrumente., Bielefeld: transcript Verlag, 2018.

Sikora, Frank: Neue Jazz-Harmonielehre: Von der Theorie zur Improvisation, 9. Auflage, Mainz: Schott Music GmbH & Co. KG, 2012.

Slavik, Karl M. & Stefan Weinzierl: Wiedergabeverfahren, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.

Webers, Johannes: Handbuch der Tonstudioteknik: Analoges und digitales Audio Recording bei Fernsehen, Film und Rundfunk, 8. Auflage, Poing: Franzis´ Verlag, 2003.

Weinzierl, Stefan: Aufnahmeverfahren, in: Stefan Weinzierl (Hrsg.), Handbuch der Audiotechnik, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.

Wellek, Albert: Musikpsychologie und Musikästhetik: Grundriss der systematischen Musikwissenschaft, Frankfurt am Main: Akademische Verlagsgesellschaft, 1963.

Studienarbeiten

Marti, Othmar & Alfred Plettl: Physikalische Elektronik und Messtechnik, Skriptum zur Lehrveranstaltung, Institut für Experimentelle Physik, Universität Ulm, 2017.

Schulz, Detlef: Eigenschaften des gesunden Gehörs und grundlegende Schall-Messgrößen, Skriptum zur Lehrveranstaltung „Sound Engineering“, Fakultät Medien, Hochschule Mittweida: University of Applied Sciences, 2020.

Stahl, Stephan: Objektorientierte Audioumgebungen für Surround-Sound, Masterarbeit, Elektronische Medien, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2013.

Sternbauer, Markus: 3D Audio Sound Branding: Neue Dimension in der akustischen Markenkommunikation, Masterarbeit, Institut für Elektronische Musik und Akustik, Graz: Universität für Musik und darstellende Kunst Graz, FH JOANNEUM University of Applied Sciences, 2020.

Strübig, Daniel: Analyse des Audio Definition Model hinsichtlich der Funktionalität auf Kreationsebene, Bachelorarbeit, Audiovisuelle Medien, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2018.

Utke, Max: Objekt- und kanalbasierte Audioformate: Vor- und Nachteile, Tonseminar, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2018.

Zelli, Bijan: Reale und virtuelle Räume in der Computermusik: Theorien, Systeme, Analysen, Dissertation, Fachbereich 1 Kommunikations- und Geschichtswissenschaften, Berlin: Technische Universität, 2001.

Zimmermann, Michael: Untersuchung zur Optimierung der automatisierten Anpassung und Konvertierung von NGA Inhalten, Masterarbeit, Institut für Rundfunktechnik, Fakultät Electronic Media, Stuttgart: Hochschule der Medien, 2019.

Artikel

Assmann, Claudia & Marina Dafova: Raumklangenergie, in: Bühnen Technische Rundschau – Zeitschrift für Veranstaltungstechnik-Ausstattung-Management, Jg. 114, Nr. 01, 2020.

Curtis, Robin: Immersion und Einfühlung: Zwischen Repräsentationalität und Materialität bewegter Bilder, in: montage AV: Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation, 17/02/2008, S.89-107.

Fellner, Maria & Höldrich, Robert: Physiologische und Psychoakustische Grundlagen des räumlichen Hörens, in: IEM-Report, Nr. 03, 1998.

Haas, Helmut: Über den Einfluss eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache, in: ACUSTICA, Jg. 1, Nr. 2, 1951, S.49-58.

Nipkow, Lasse & Gregor Zielinsky & Tom Ammermann: Die Bedeutung von 3D bei Immersive Audio, in: 30. Tonmeistertagung – VDT International Convention, Köln, November 2018.

Ruiz, Alejandro Gasull & Christoph Sladeczek & Thomas Sporer: A Description of an Object-Based Audio Workflow for Media Productions, in: AES 57TH INTERNATIONAL CONFERENCE, Hollywood, CA, USA, 06.-08. März, 2015.

Rumori, Martin: Konstruierte Räume – ästhetische Implikationen von Verfahren und Werkzeugen der Binauraltechnik, in: 29. Tonmeistertagung – VDT International Convention, Köln, November 2016.

Vorträge

Börsing, Christian: Klang als Raum – Raum als Klang. Dimensionen musikalischer Raumzeit, öffentlicher Vortrag im Rahmen der Reihe “K-Camp“ anlässlich der Alexander-Calder-Ausstellung der Kunstsammlung NRW, Düsseldorf, 24.10.2013.

Online-Quellen

[online] <https://www.avid.com/de/pro-tools> [07.12.2020].

[online] <https://www.citylightconcerts.ch/orchester/> [22.02.2021].

[online]

<https://developer.apple.com/library/archive/documentation/MusicAudio/Conceptual/CoreAudioOverview/WhatisCoreAudio/WhatisCoreAudio.html> [02.01.2021].

[online] <https://www.duden.de/rechtschreibung/Immersion> [23.11.20].

Sengpiel, Eberhard: Bedeutung der Blauertschen Bänder für die Tonaufnahme, 1995,
[online] <http://www.sengpielaudio.com/DieBedeutungDerBlauertschenBaender.pdf>
[27.03.2021].

[online]

[https://www.sony.de/electronics/support/articles/00227116#:~:text=eARC%20steht%20für%20Enhanced%20Audio,Audio%20Return%20Channel%20\(Audiorückkanal\).](https://www.sony.de/electronics/support/articles/00227116#:~:text=eARC%20steht%20für%20Enhanced%20Audio,Audio%20Return%20Channel%20(Audiorückkanal).),
[03.02.2021].

[online] <https://www.tcelectronic.com/loudness-explained.html> [09.12.2020].

Anlagen

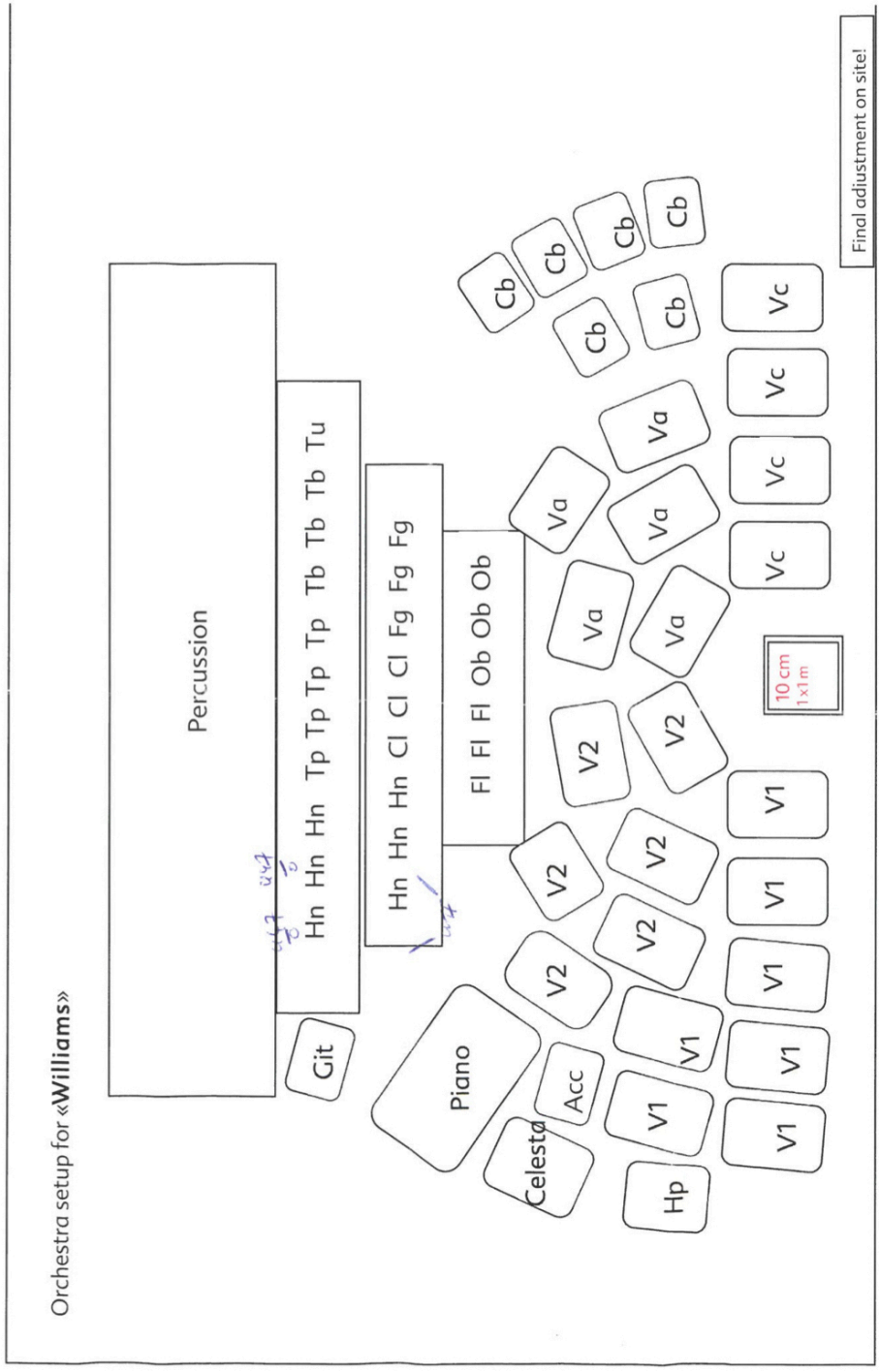
The screenshot shows the Dolby Atmos Renderer interface with the following labeled components:

- Übersicht Master File**: Points to the top header area showing file information like "/Volumes/Audio_PT2/JK/CLSO_Star Wars_Atmos/Star Wars VII_Exp_01/Star Wars VII_Exp_01.atmos".
- Stumm-schaltung und Dämpfung**: Points to the Mute and Dim controls.
- Lautheits-anzeige und Limiter**: Points to the Loudness and Limiter section, which includes a bar graph and numerical values like -18.3, -19.4, and -9.6.
- Verteilung der Objekte im Raum**: Points to the 3D visualization of the audio field.
- Punch in/out**: Points to the Record in/out controls.
- Pegelanzeige**: Points to the CPU meter and playback controls.
- Lautsprecherkonfiguration im Raum**: Points to the speaker layout diagram with labels like L, C, R, LFE, Ls, Lr, Ltr, Rls, Rr, Rrs.
- Transportsfenster**: Points to the Source selection (Input/Master) and monitoring section.
- Status der Eingangssignale**: Points to the grid of 128 input signal status indicators.
- Auswahl der Abhör-gebung**: Points to the Monitoring section (7.1.4).
- CPU Auslastung**: Points to the CPU meter showing 33% usage.
- Bed**: Points to the "All Objects" list.
- Objekte**: Points to the individual object status indicators in the grid.

Anlage 1: Dolby Atmos Renderer Hauptansicht, Quelle: Verfasser

PZ / 17.9.2020

City Light Symphony Orchestra



Anlage 2: Aufstellung des City Light Symphony Orchesters in Luzern

Mikrofonplan CLSO Luzern Produktion September 2020
Bauer Studios

Horus Kanal	Subcore	Stimme	Mikrofon	5	16	23	0	9	4
				Stativ XXL	Stativ L	Stativ M	Manfrotto M	Stativ silber	Stativ S
XLR 1	Front A - 1	A	4006	1					
XLR 2	Front A - 2	B	4006	1					
XLR 3	Front A - 3	LL	MK2H	1					
XLR 4	Front A - 4	RR	MK2H	1					
XLR 5	Front A - 5	C	MK2S	1					
XLR 6	Front A - 6	Solo (Trp / Klar / Sax)	TLM 170				1		
XLR 7	Front A - 7	Solo Vibra L	TLM 170		1				
XLR 8	Front A - 8	Solo Vibra R	TLM 170		1				
XLR 9	Front A - 9	Solo KB	TLM 170			1			
XLR 10	Front A - 10	VI 1.1	MK4		1				
XLR 11	Front A - 11	VI 1.2	MK4		1				
XLR 12	Front A - 12	VI 2.1	MKS Niere		1				
XLR 13	Front B - 1	VI 2.2	MKS Niere		1				
XLR 14	Front B - 2	Vla 1	M930		1				
XLR 15	Front B - 3	Vla 2	M930		1				
XLR 16	Front B - 4	Vcl 1	M930				1		
XLR 17	Front B - 5	Vcl 2	M930				1		
XLR 18	Front B - 6	KB 1	U87						
XLR 19	Front B - 7	KB 2	U87						
XLR 20	Front B - 8	KB 3	U89						
XLR 21	Blech 1	Trp 1-2	M950					1	
XLR 22	Blech 2	Trp 3-4	M950					1	
XLR 23	Blech 3	Pos 1-2	M950					1	
XLR 24	Blech 4	Pos 3 /Basspos.	M950					1	
XLR 25	Blech 5	Tuba	KM 184		1				
XLR 26	Blech 6	Horn 1-2 (hinten)	U47				1		
XLR 27	Blech 7	Horn 3-4 (hinten)	U47				1		
XLR 28	Blech 8	Horn ORTF L	KM 184			1			
XLR 29	Blech 9	Horn ORTF R	KM 184			-Schiene-			
XLR 30	Blech 10	spare							
XLR 31	Blech 11	spare (evtl. Holz ORTF)							
XLR 32	Blech 12	spare (evtl. Holz ORTF)							
Siemens1 - 33	Holz 1	Fl 1-2	KM 84				1		
Siemens1 - 34	Holz 2	Fl 3 /Picc	KM 84				1		
Siemens1 - 35	Holz 3	Ob 1-2	KM 84				1		
Siemens1 - 36	Holz 4	Ob 3 /EH	KM 84				1		
Siemens1 - 37	Holz 5	Klar 1-2	KM 84				1		
Siemens1 - 38	Holz 6	Klar 3 /BC	KM 84				1		
Siemens1 - 39	Holz 7	Fag 1-2	KM 84				1		
Siemens1 - 40	Holz 8	Fag 3 /Kfg	KM 84				1		
Siemens2 - 41	Key/Harm 1	Harfe	KM 184				1		
Siemens2 - 42	Key/Harm 2	Flügel L	KM130				1		
Siemens2 - 43	Key/Harm 3	Flügel R	KM130				-Schiene-		
Siemens2 - 44	Key/Harm 4	Akkordeon Lo	MKH80				1		
Siemens2 - 45	Key/Harm 5	Akkordeon Hi	MKH80				1		
Siemens2 - 46	Key/Harm 6	E-Git.	SM57				1		
Siemens2 - 47	Key/Harm 7	Celesta	MK21				1		
Siemens2 - 48	Key/Harm 8	Cembalo	KM 184				1		
DAD1 - 49	Perc A 1	Pk lo	Beyer Stäbchen		1				
DAD1 - 50	Perc A 2	Pk hi	Beyer Stäbchen		1				
DAD1 - 51	Perc A 3	Perc 1	MKH40		1				
DAD1 - 52	Perc A 4	Perc 2	MKH40		1				
DAD1 - 53	Perc A 5	Perc 3	MKH40		1				
DAD1 - 54	Perc A 6	Perc 4	MKH40		1				
DAD1 - 55	Perc A 7	Perc 5	C414					1	
DAD1 - 56	Perc A 8	Perc 6	C414					1	
DAD2 - 57	Perc B 1	Perc 7	C414					1	
DAD2 - 58	Perc B 2	Perc 8	C414					1	
DAD2 - 59	Perc B 3	Drumset BD	D112						1
DAD2 - 60	Perc B 4	Drumset SN	KM86					1	
DAD2 - 61	Perc B 5	Drumset T1	Clips aus Reise						
DAD2 - 62	Perc B 6	Drumset T2	Clips aus Reise						
DAD2 - 63	Perc B 7	Drumset OHL	? =Perc 7				1		
DAD2 - 64	Perc B 8	Drumset OHR	? =Perc 8				1		
	Perc B 9								
	Perc B 10								
	Perc B 11								
	Perc B 12								

Anlage 3: Mikrofonplan für die Aufnahme des City Light Symphony Orchesters in Luzern

Fragebogen zum Hörversuch

Musikproduktion in Dolby Atmos

Klangästhetische Gestaltungsmittel immersiver Musikmischungen

Bachelorarbeit von Johannes Kellig

Mit Teilnahme an diesem Hörversuch stimmen Sie der Verarbeitung ihrer anonym angegebenen Daten für die Forschungsarbeit zu.

Welcher Kategorie teilen Sie sich zu?

- Professionelle Tonmeisterin bzw. professioneller Tonmeister
 Reine Musikkonsumentin bzw. reiner Musikkonsument

Hörbeispiel 1 "Shake your Leg" - Hot Damn Horns

Konnte Sie das Stück in Dolby Atmos überzeugen?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie empfanden Sie die Platzierung der einzelnen Instrumente im Raum?

verwirrend											für die Musik vorteilhaft
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hatten Sie das Gefühl einer authentischen Nachbildung einer Konzertsituation beizuwohnen?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie gefiel Ihnen die Gestaltung der Räumlichkeit?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie stark haben Sie sich von der Musik umgeben gefühlt?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie fanden Sie die Durchhörbarkeit der einzelnen Instrumente?

schlecht											sehr gut
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie fanden Sie die Klangfarbe der einzelnen Instrumente?

schlecht											sehr gut
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie fanden Sie die dynamische Gestaltung?

schlecht											sehr gut
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Hörbeispiel 2 "Star Wars - The Force Awakens: Rey's Theme" -
City Light Symphony Orchestra**

Konnte Sie das Stück in Dolby Atmos überzeugen?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie empfanden Sie die Platzierung der einzelnen Instrumente im Raum?

verwirrend											für die Musik vorteilhaft
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hatten Sie das Gefühl einer authentischen Nachbildung einer Konzertsituation beizuwohnen?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie gefiel Ihnen die Gestaltung der Räumlichkeit?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie stark haben Sie sich von der Musik umgeben gefühlt?

gar nicht											sehr
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie fanden Sie die Durchhörbarkeit der einzelnen Instrumente?

schlecht											sehr gut
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie fanden Sie die Klangfarbe der einzelnen Instrumente?

schlecht											sehr gut
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie fanden Sie die dynamische Gestaltung?

schlecht											sehr gut
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname