
BACHELORARBEIT

Herr
Florian Krönert

**Nachbilden von Hallräumen –
Möglichkeiten und Grenzen der
Raumsimulation am Beispiel
von Drumset-Aufnahmen**

2017

BACHELORARBEIT

Nachbilden von Hallräumen – Möglichkeiten und Grenzen der Raumsimulation am Beispiel von Drumset-Aufnahmen

Autor:
Herr Florian Krönert

Studiengang:
Media and Acoustical Engineering

Seminargruppe:
MG13wA-B

Erstprüfer:
Herr Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

Zweitprüfer:
Herr Dipl.-Musikpädagoge Thomas Wand

Einreichung:
Mittweida, 19.06.2017

BACHELOR THESIS

Simulating of reverberation rooms – possibilities and limits of space simulation through the example of drumset recordings

author:

Mr. Florian Krönert

course of studies:

Media and Acoustical Engineering

seminar group:

MG13wA-B

first examiner:

Mr. Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

second examiner:

Mr. Dipl.-Music pedagogue Thomas Wand

submission:

Mittweida, 19.06.2017

Bibliografische Angaben

Krönert, Florian

Nachbilden von Hallräumen – Möglichkeiten und Grenzen der Raumsimulation am Beispiel von Drumset-Aufnahmen

Simulating of reverberation rooms – possibilities and limits of space simulation through the example of drumset recordings

60 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2017

Abstract

Eines der wichtigsten Bausteine in der Audioproduktion ist die Erschaffung von Hallräumen. In dieser Arbeit wird sich mit der Aufnahme und Simulation von Räumen beschäftigt. Ohne die Möglichkeit Hallräume künstlich zu erschaffen sind die heutigen Musik-, Sprach-, Filmton- oder sonstige Audioproduktionen kaum mehr vorstellbar. Sie bietet eines der bedeutsamsten Mittel Audioproduktionen einen natürlichen Klang zu verleihen. Gibt es zwischen den verschiedenen Arten der Hallraumerzeugung Unterschiede und inwieweit ist es damit wirklich möglich den natürlichen Raum nachzubilden? Zur Veranschaulichung dienen in dieser Arbeit Drumset-Aufnahmen. Die Beurteilung der verschiedenen Methoden geschieht mittels einer messtechnischen Analyse, einer eigenen subjektiven Bewertung und einer Umfrage.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Formelverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	2
2.1 Akustische Grundlagen.....	2
2.1.1 Schallausbreitung.....	2
2.1.2 Räumliches Hören.....	6
2.1.3 Raum- und Bauakustik.....	9
2.2 Instrumentelle Grundlagen des Drumsets.....	16
2.2.1 Prinzipieller Aufbau	16
2.2.2 Schallerzeugung	19
2.3 Grundlagen der Mikrofonierung.....	21
2.3.1 Intensitätsstereofonie	21
2.3.2 Laufzeitstereofonie	23
2.3.3 Gemischte Verfahren	24
2.4 Künstliche Erzeugung von Hall.....	25
2.3.1 Analoge Arten der Hallerzeugung.....	25
2.3.2 Digitale Arten der Hallerzeugung.....	26
2.3.3 Hallerzeugung durch Plugins.....	28
3 Vergleich an Hand von Drumset-Aufnahmen	29
3.1 Erklärung der Aufnahme	29
3.2 Reproduktion der Raumaufnahmen mit Hallgeräten.....	33
3.3 Umsetzung des Hallraumes durch Plugins	34
4 Beurteilung der verschiedenen Umsetzungen	38
4.1 Messtechnische Beurteilung.....	38
4.2 Eigene Beurteilung.....	52
4.3 Subjektive Wahrnehmung mittels Umfrage.....	55

5	Schlussbetrachtungen...	58
5.1	Zusammenfassung und Reflektion der Ergebnisse	58
5.2	Erkenntnisse aus den Betrachtungen	59
	Literaturverzeichnis.....	VIII
	Anlagen	IX
	Eigenständigkeitserklärung	XXXIII

Abkürzungsverzeichnis

A/D	Analog/Digital
DAW	Digital Audio Workstation
dB	Dezibel
DIN	Deutscher Industrie-Normenausschuss
EMT	Elektro-Mess-Technik
FFT	Fast Fourier Transform
FIR	Finite Impulse Response
Hz	Hertz
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IIR	Infinite Impulse Response
LUFs	Loudness Units relative to Full Scale
NOS	Nederlands Omroep Stichting
ORTF	Office de Radiodiffusion Télévision Française
RAI	Radio Italia

Formelverzeichnis

Formel 1: Absorptionsvermögen (Dickreiter 2008, S.14).....	4
Formel 2: Schalldämmmaß (Dickreiter 2008, S.19).....	4
Formel 3: Nachhallzeit 1 (Dickreiter 2008, S.26)	5
Formel 4: Nachhallzeit 2 (Dickreiter 2008, S.26)	5
Formel 5: Hallradius (Dickreiter 2008, S.30).....	6
Formel 6: Laufzeitdifferenz (Dickreiter 2008, S.107)	7
Formel 7: Moden (Görne 2011, S.78)	9
Formel 8: untere Grenzfrequenz Raum (Görne 2011, S.79).....	10
Formel 9: untere Grenzfrequenz Absorber (Görne 2011, S.91).....	11
Formel 10: Eigenfrequenz Resonator (Görne 2011, S.65).....	12
Formel 11: untere Grenzfrequenz Reflektor (Görne 2011, S.97)	13
Formel 12: Frequenzen Membranmoden (Rossing 2013, S.284).....	19
Formel 13: M- und S-Signale (Dickreiter 2008, S.217).....	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schallreflexion an einer ebenen Fläche (Dickreiter 2008, S.10).....	3
Abbildung 2: Stehende Wellen zwischen parallelen Wänden (Dickreiter 2008, S.10)....	3
Abbildung 3: Schallbeugung an Zylindern (Dickreiter 2008, S.10).....	4
Abbildung 4: Kopfbezogenes Koordinatensystem (Weinzierl 2008, S.87).....	7
Abbildung 5: Richtungsbestimmende Frequenzbänder (Dickreiter 2008, S.109).....	7
Abbildung 6: Darstellung der Ohrsignale (Weinzierl 2008, S.102).....	8
Abbildung 7: Klassischer Plattenschwinger (Fuchs 2010, S.43).....	11
Abbildung 8: Diffusoren (Görne 2011, S.95).....	13
Abbildung 9: Reflektionswirkung einer Reflektorplatte (Görne 2011, S.97).....	13
Abbildung 10: Aufnahmerraum mit Gobos (Horus Sound Studio 2016).....	14
Abbildung 11: Frequenzabhängige Nachhallzeiten (Weinzierl 2008, S.294).....	15
Abbildung 12: Standard-Drumset (schulbilder.org 2017, verändert).....	18
Abbildung 13: Moden einer Membran (Görne 2011, S.57).....	19
Abbildung 14: Frequenzspektrum Basedrum (nach Rossing 2013, S.287).....	20
Abbildung 15: Moden eines Beckens (Rossing 2013, S.294).....	21
Abbildung 16: General Feedback Delay Network (Weinzierl 2008, S.753).....	26
Abbildung 17: Zeichnung des Raumes (eigene Darstellung).....	29
Abbildung 18: Nachhallzeit-Messung (eigene Darstellung).....	31
Abbildung 19: Einstellungen 2C-Audio Aether (eigene Darstellung).....	35
Abbildung 20: Einstellungen Waves Trueverb (eigene Darstellung).....	35
Abbildung 21: Einstellungen Waves H-Reverb (eigene Darstellung).....	36
Abbildung 22: Einstellungen Hofa IQ-Reverb Preset (eigene Darstellung).....	36
Abbildung 23: Einstellungen Hofa IQ-Reverb Impulsantwort (eigene Darstellung).....	37
Abbildung 24: FFT-Frequenzdarstellung Basedrum (eigene Darstellung).....	38
Abbildung 25: FFT-Frequenzdarstellung Snaredrum (eigene Darstellung).....	40
Abbildung 26: FFT-Frequenzdarstellung Tom 1 (eigene Darstellung).....	41
Abbildung 27: FFT-Frequenzdarstellung Tom 2 (eigene Darstellung).....	42
Abbildung 28: FFT-Frequenzdarstellung HiHat (eigene Darstellung).....	43
Abbildung 29: FFT-Frequenzdarstellung HiHat (offen) (eigene Darstellung).....	43
Abbildung 30: FFT-Frequenzdarstellung Crash (eigene Darstellung).....	44
Abbildung 31: FFT-Frequenzdarstellung Ride (eigene Darstellung).....	45
Abbildung 32: FFT-Frequenzdarstellung Ride (Bell) (eigene Darstellung).....	46

Abbildung 33: FFT-Frequenzdarstellung Zusammenfassend (eigene Darstellung)	47
Abbildung 34: Lautheitshistogramm Basedrum (eigene Darstellung)	48
Abbildung 35: Lautheitshistogramm Snaredrum (eigene Darstellung).....	48
Abbildung 36: Lautheitshistogramm Tom 1 (eigene Darstellung).....	49
Abbildung 37: Lautheitshistogramm Tom 2 (eigene Darstellung).....	49
Abbildung 38: Lautheitshistogramm HiHat (eigene Darstellung).....	50
Abbildung 39: Lautheitshistogramm HiHat (offen) (eigene Darstellung)	50
Abbildung 40: Lautheitshistogramm Crash (eigene Darstellung)	51
Abbildung 41: Lautheitshistogramm Ride (eigene Darstellung)	51
Abbildung 42: Lautheitshistogramm Ride (Bell) (eigene Darstellung).....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Programme und Parameter algorithmischer Hallgeräte (Dickreiter 2008, S.354).....	27
Tabelle 2: Absorptionstabelle (eigene Darstellung)	30
Tabelle 3: Nachhallzeit-Messung (eigene Darstellung)	31

1 Einleitung

In dieser Arbeit wird auf eines der wichtigsten Bausteine in der Audioproduktion eingegangen. Es handelt sich um die Aufnahme und Erschaffung von Hallräumen. Ohne die Möglichkeit Hallräume künstlich zu erschaffen sind die heutigen Musik-, Sprach-, Filmton- oder sonstige Audioproduktionen kaum mehr vorstellbar. Sie bietet eines der bedeutsamsten Mittel, Audioproduktionen einen natürlichen Klang zu verleihen. Thomas Görne schreibt in seinem Buch „Tontechnik“ dazu: „Das Hallgerät (Reverb) ist der wichtigste Signalprozessor im Tonstudio und auf der Bühne. Es simuliert die frühen Reflexionen und den Diffusschall geschlossener Räume. Synthetische und in ‚trockener Akustik‘ aufgenommene Signale werden erst durch die Bearbeitung mit dem Hallgerät zu natürlich wirkenden Klängen.“¹

Zur Veranschaulichung wurden Drumset-Aufnahmen in einem Aufnahmerraum des Horus Sound Studio angefertigt. Das Drumset ist ein vielfältiges Instrument, wodurch eine Untersuchung in vielen verschiedenen Aspekten möglich ist. Außerdem wird bei diesem Instrument in dem Bereich der modernen Musikproduktionen so viel technischer Aufwand betrieben wie bei keinem anderen Instrument. Dadurch lohnt es sich gerade bei diesem Instrument hinsichtlich der Schaffung und Gestaltung von Hallräumen weiter nachzuforschen.

Der Aufnahmerraum wurde vor den Aufzeichnungen ausgemessen und mittels einer Impulsantwortmessung auf seine akustischen Eigenschaften untersucht. Für die Aufnahme wurden Direktsignale und Raumsignale aufgezeichnet. Um den Raum nachzubilden wurden die Direktsignale in verschiedene Hallgeräte und -plugins eingespeist. Gibt es zwischen diesen Methoden Unterschiede und inwieweit ist es damit wirklich möglich den natürlichen Raum nachzubilden? Dieser Frage wird in dieser Publikation nachgegangen.

Um die Hintergründe zu erklären, wird erst auf die theoretischen Grundlagen eingegangen. Wichtige Punkte sind dabei unter den akustischen Gesichtspunkten die Ausbreitung des Schalles, das räumliche Hören und die Raum- und Bauakustik. Danach werden die instrumentalen Grundlagen behandelt. Dazu wird der Aufbau eines Drumsets beschrieben und wie damit Schall erzeugt wird. Im nächsten Kapitel folgen die Grundlagen der Mikrofonierung mit den verschiedenen Arten der Stereophonie. Anschließend wird die Erzeugung künstlichen Halls der unterschiedlichen Systeme beschrieben. Im anschließenden Abschnitt wird die Vorbereitung und Durchführung der Aufnahme dargelegt. Daraufhin wird auf die Mittel der Nachbildung des aufgenommenen Raumes eingegangen und die Vorgehensweise beschrieben. Um die verschiedenen Hallräume zu vergleichen werden diese messtechnisch begutachtet. Zusätzlich werden subjektive Beurteilungen mittels einer persönliche Einschätzung und einer Umfrage abgegeben. In den letzten Punkten werden die Resultate zusammengefasst und die Erkenntnisse aus den Untersuchungen dargestellt.

¹ Görne, Thomas: Tontechnik. Auflage 3, Carl Hanser Verlag, München 2011, S. 350

2 Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel dient zur Einführung in die Thematik der Bachelorarbeit und zur Schaffung der nötigen Grundkenntnisse für die späteren Ausführungen. Dabei wird auf die akustischen Grundlagen, die instrumentellen Grundlagen des Drumsets, Grundlagen der Mikrofonierung und die Mittel zur künstlichen Erzeugung von Hall eingegangen.

2.1 Akustische Grundlagen

In den Akustischen Grundlagen werden die Besonderheiten der Ausbreitung des Schalls beschrieben. Außerdem werden die Funktionsweise des räumlichen Hörens und die Grundlagen zur Bau- und Raumakustik dargelegt.

2.1.1 Schallausbreitung

Schallwellen breiten sich in verschiedenen Arten aus. Es existieren Oberflächenwellen, Biege-Wellen, Torsionswellen, Transversalwellen, Schub- und Longitudinalwellen. Man betrachtet dabei in der Audiotechnik rund um die Musikaufnahme hauptsächlich Longitudinalwellen, da diese die einzige Art der Wellen sind, die in der Luft auftreten. Longitudinal bedeutet, dass die Luftteilchen einer Schallwelle stets in der Ausbreitungsrichtung dieser Welle schwingen. Prinzipiell breiten sich Schallwellen in der Luft von einer Schallquelle kugelförmig oder in ebener Form aus.²

Bei der Ausbreitung des Schalles wirken verschiedene Faktoren auf ihn ein. Dies ist gerade bei der Ausstrahlung des Schalles im Raum wichtig, da er durch Gegenstände im Raum und natürlich dessen Wände beeinflusst wird. Die Einflussfaktoren sind:

- Schallreflexion
- Schallbeugung
- Schallabsorption
- Schalldämmung

Die Reflexion des Schalles ist kongruent zu der, der Lichtausbreitung. Die Voraussetzung dafür ist, dass die reflektierende Fläche im Vergleich zur Wellenlänge der reflektierten Schallwelle groß ist (ein Ausmaß von mindestens einigen Wellenlängen hat).³

² Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin: Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, Auflage 7, K. G. Saur Verlag, München 2008, S. 3

³ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 9

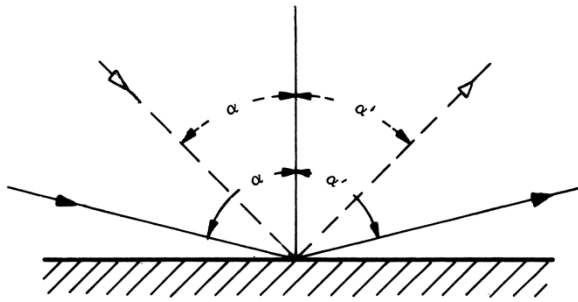


Abb. 1: **Schallreflexion an einer ebenen Fläche** (Dickreiter 2008, S.10)

Für die Reflexion an ebenen Flächen gelten also die aus der Optik bekannten Regeln. Der Austrittswinkel ist gleich dem Einfallswinkel (Abb. 1). Ebenso gelten die Gesetzgebungen für die Schallreflexion an gekrümmten Flächen, analog der Reflexion an Streu- und Hohlspiegeln.

Eine Besonderheit der Schallreflexion existiert zwischen parallelen, reflektierenden Wänden. Es können „stehende Wellen“ auftreten. Dies geschieht sobald eine senkrecht auftreffende Schallwelle sich immer wieder überlagert. Dabei entstehen an bestimmten Punkten im Raum Auslöschungen und Verstärkungen. So können Störungen bei Aufnahmen entstehen, die meist durch minimales Umstellen des Mikrofons zu beheben sind. Voraussetzungen für stehende Wellen sind ein Wandabstand mit einem Vielfachen der halben Wellenlänge $\lambda/2$ und eine durchgängige Schallquelle (Abb.2). Geschieht nur eine impulsartige Anregung des Raumes entsteht ein Flatterecho, bei welchem der Schall hin und her reflektiert wird.⁴

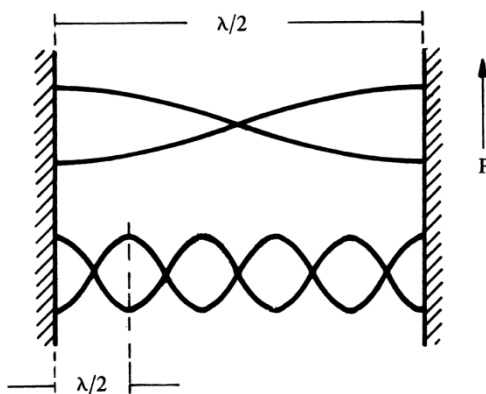


Abb. 2: **Stehende Wellen zwischen parallelen Wänden** (Dickreiter 2008, S. 10)

Schallbeugung tritt auf, wenn eine Schallwelle auf einen Gegenstand trifft, der eine Ausdehnung größer als die Wellenlänge besitzt, aber nicht die Größe des 5-fachen der Wellenlängen annimmt (Abb. 3). Ab dieser Größe wirkt der Gegenstand als Reflektor.⁵

⁴ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 10f.

⁵ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 12f.

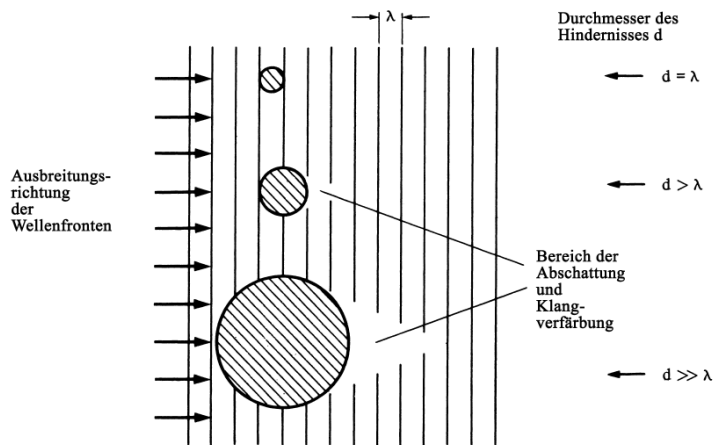


Abb. 3: **Schallbeugung an Zylindern** (Dickreiter 2008, S.10)

Ein weiterer Faktor, der die Schallausbreitung beeinflusst, ist die Schallabsorption. Absorption bedeutet, dass dem Schall Energie entzogen wird und er so abgeschwächt wird. Das Maß für die Absorption ist der Absorptionsgrad α . Er befindet sich in der Größenordnung zwischen 0 und 1, wobei 0 keine Absorption und 1 komplette Absorption bedeutet.⁶

Aus diesem kann man das Absorptionsvermögen A wie folgt berechnen:

(1) [Dickreiter 2008, S. 14]

$$A = \alpha \cdot S \quad ; \quad A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \dots$$

A = Absorptionsvermögen [m²]
 α = Absorptionsgrad
 S = absorbierende Fläche [m]

Der Absorptionsgrad ist frequenzabhängig. Dies ist auf die Materialeigenschaften und Aufstellung des Absorbers zurückzuführen.

Der letzte Aspekt ist die Schalldämmung. Sie gilt als die Eigenschaft von Baustoffen Schall an der Bewegung durch Wände und Decken zu hindern. Als Größe wird hauptsächlich das Schalldämmmaß R genutzt:

(2) [Dickreiter 2008, S. 19]

$$R = 10 \lg \frac{I_1}{I_2} = 20 \lg \frac{p_1}{p_2}$$

R = Schalldämmmaß [dB]
 I_1 = auf eine Wand auftreffende Schallintensität [W/m²]
 I_2 = durch die Wand durchgelassene Schallintensität [W/m²]
 p_1 = auf eine Wand auftreffender Schalldruck [Pa]
 p_2 = durch die Wand durchgelassener Schalldruck [Pa]

Sie ist ebenfalls frequenzabhängig.⁷

Das Schallfeld lässt sich zeitlich in drei verschiedene Bestandteile aufgliedern. Der erste Abschnitt ist der Direktschall. Darauf folgen einzelne Reflexionen, welche ersten Reflexionen (engl. early reflections) genannt werden. Sie sind von großer Wichtigkeit in Bezug auf den Raumeindruck. Im Handbuch der Tonstudioteknik werden diese folgendermaßen beschrieben:

⁶ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 14f.

⁷ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 19

„Frühe Reflexionen mit einer Verzögerung von 0,8 ms bis etwa 20 ms entsprechend 0,3 m bis 7 m Umweg verursachen bei der Tonaufnahme gleichzeitig eine unangenehme Klangfärbung [...] Reflexionen mit einer Laufzeitdifferenz von 20 ms bis 50 ms entsprechend 7 m bis 17 m Umweg bestimmen die empfundene Raumgröße; ein Raum erscheint um so [sic!] größer, je mehr die erste Reflexion verzögert ist, um so [sic!] kleiner und enger, je früher sie eintrifft.“⁸

Doch auch die Stärke und Richtung der Reflexionen sind neben der Verzögerung wichtig und definieren den Raum weiter.

Die ersten Reflexionen vermehren sich und bilden dann den Nachhall. Dieser ist generell an jedem Ort im Raum gleich. Für den Nachhall wurde ein Maß mit der Nachhallzeit T , nach dem Vorschlag von Wallace Clement Sabine, eingeführt. Sie gibt an wie lange es dauert bis der Schalldruck nach dem Ausschalten einer Schallquelle, auf ein Tausendstel des Anfangswerts (der Schalldruckpegel um 60 dB) abfällt. Die Nachhallzeit wird daher auch unter dem Kürzel T_{60} angegeben.⁹

(3) [Dickreiter 2008, S. 26]

$$T = 0,163 \frac{V}{A}$$

T = Nachhallzeit [s]

V = Raumvolumen [m³]

A = Absorptionsvermögen [m²]

Diese Formel wurde von Eyring überarbeitet. Es wird eine andere Formel für die Berechnung des Absorptionsvermögens zu Grunde gelegt. Das spielt vor Allem für große Absorptionsgrade bzw. kürzere Nachhallzeiten eine Rolle.

(4) [Dickreiter 2008, S. 26]

$$T = 0,163 \frac{V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_m)}$$

T = Nachhallzeit [s]

V = Raumvolumen [m³]

S = absorbierende Fläche [m²]

α_m = mittlerer Absorptionsgrad

Neben der Nachhallzeit T_{60} gibt es noch andere verbreitete Angaben. Beispiele sind die Initial Reverberation Time mit einer Abnahme des Schalldruckpegels um 15 dB, eine Definition von Kürer und Kurze mit der Betrachtung des Pegelbereiches von 0 bis -20 dB und die Early Decay Time in der eine Verminderung von 10 dB betrachtet wird. Sie definieren die Anfangsnachhallzeit, da diese bei der Darstellung von Musik mit der entsprechenden Raumakustik wichtig ist.¹⁰

Die definierte Nachhallzeit spiegelt aber nur in geringem Maße die Dauer der Wahrnehmung des Nachhalls durch das menschliche Gehör wieder. Der Zeitbereich, in dem der Hall für uns unhörbar wird bezeichnet man deshalb extra als Nachhalldauer. Sie ist stark von dem Schallpegel der Schallquelle abhängig. Eine lautere Schallquelle klingt in dem gleichen Raum länger nach als dieselbe, nur leisere Schallquelle. Sie ist daher für die akustische Ausgestaltung nur bedingt geeignet.

⁸ Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 23

⁹ Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 20ff.

¹⁰ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 27

In einem Raum kann man sich das Schallfeld vereinfacht aus zwei verschiedenen Teilen vorstellen. Einerseits dem Direktfeld, in dem der Direktschall der Schallquelle dominiert, andererseits das Diffusfeld, in diesem Bereich überwiegt der Nachhall, auch als Diffusschall bezeichnet, dem Direktschallpegel. Die Grenze dieser beiden Felder beschreibt der Hallradius r_H .¹¹ Er lässt sich wie folgt berechnen:

(5) [Dickreiter 2008, S. 30]

$$r_H = 0,057 \sqrt{\frac{V}{T}}$$

r_H = Hallradius [m]
 V = Raumvolumen [m³]
 T = Nachhallzeit [s]

Wenn man also einen Abstand größer als den Hallradius von der Schallquelle einnimmt, befindet man sich im Diffusfeld. Der Diffusschall ist größer als der Direktschallpegel. Hierbei wird sich allerdings auf eine ungerichtete Schallquelle bezogen. Nimmt die Schallquelle oder ein verwendetes Mikrofon eine bestimmte Richtcharakteristik an, kann der Hallradius doppelt so groß oder noch größer werden.¹²

2.1.2 Räumliches Hören

Die Autoren Jens Blauert und Jonas Braasch beschreiben den Bereich des räumlichen Hörens wie folgt:

„Räumliches Hören‘ als wissenschaftliches Fachgebiet erforscht und beschreibt die Beziehungen zwischen den Orten sowie den räumlichen Ausdehnungen der Hörereignisse untereinander und zu den korrelierten Merkmalen anderer Ereignisse – vorwiegend Schallereignisse aber z.B. auch physiologische Vorgänge, Ereignisse anderer Sinnesgebiete usw.“¹³

In dieser Ausführung über das räumliche Hören wird hauptsächlich auf die Merkmale der Schallereignisse eingegangen, da in diesen der Hauptaspekt für die weiterführende Arbeit liegt.

Das menschliche Gehör kann im Prinzip als ein paralleles Signalverarbeitungssystem betrachtet werden. Es existiert dabei ein Zusammenwirken von Entfernungs- und Richtungswahrnehmung. Man betrachtet für die genauere Untersuchung ein so genanntes kopfbezogenes Koordinatensystem (Abb. 4). Legt man Betrachtungen in der Horizontalebene an werden Laufzeitunterschiede und Pegeldifferenzen in den Frequenzen zwischen den beiden Ohrsignalen zur Lokalisierung des Hörereignisses begutachtet. Wenn gleichzeitig mehrere Schallquellen zu hören sind kommt es für die Richtungswahrnehmung auf verschiedene zusätzliche Faktoren an.¹⁴

¹¹ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 30

¹² Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 86

¹³ Blauert, Jens/Braasch, Jonas: Kapitel 3. Räumliches Hören. In: Prof. Dr. Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008, S. 87

¹⁴ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 106

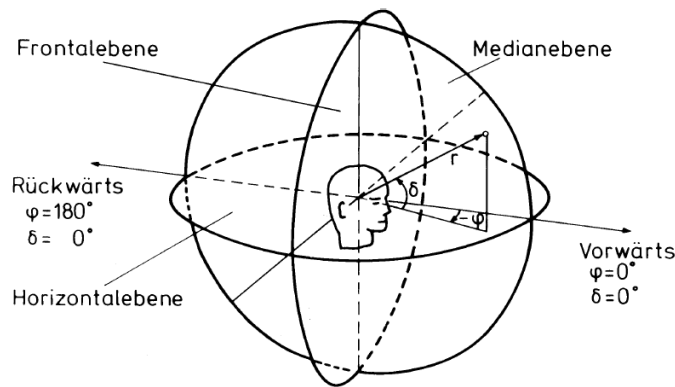


Abb. 4: **Kopfbezogenes Koordinatensystem** (Weinzierl 2008, S.87)

Dabei handelt es sich um die Ähnlichkeit der Schallsignale, die Positionierung im Raum sowie auch psychologische Anlagen und Erfahrungen.

Zum Berechnen der Laufzeitdifferenz Δt kann man folgende Formel nutzen:

(6) [Dickreiter 2008, S. 107]

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c} = \frac{d}{c} \cdot \sin \alpha = 0,5 \sin \alpha$$

Δt = Laufzeitdifferenz [s]

Δs = Wegunterschied [m]

d = Abstand der Ohren [m] = 0,17m

c = Schallgeschwindigkeit [m/s]

α = Einfallswinkel [°]

Generell ist die Lokalisierung von Sinusschwingungen durch Laufzeitdifferenzen maximal bis 1,6 kHz möglich. Natürliche breitbandige Schallereignisse können leichter als Sinussignale lokalisiert werden, da die einhüllenden Kurven der Signale als Grundlage der Ortung genutzt werden. Die Lokalisierung mit Hilfe interauraler Pegeldifferenzen funktioniert hingegen im gesamten hörbaren Frequenzbereich, jedoch erst ab ca. 300 Hz, da sich in den tiefen Frequenzen der Schall um den Kopf beugt. Es existiert allerdings keine feste Zuordnung zwischen den Pegeldifferenzen und der Schallereignisrichtung. Bei breitbandigen Signalen entstehen Klangfarbenunterschiede, welche für die Lokalisierung von Bedeutung sind. Hierbei sind jedoch Lernprozesse und Erfahrungen Voraussetzung. Prinzipiell arbeitet das Gehör bei natürlichen Schallquellen kooperativ zwischen Laufzeit- und Pegelunterschieden. Für das menschliche Gehör sind impulshafte Schallsignale am besten zu orten, was auch evolutionäre Hintergründe hat. Reine Töne mit einer Frequenz von unter 100 Hz sind immer schwerer zu orten, weil der interaurale Phasenwinkel zu klein wird. Für die Richtungswahrnehmung in der vertikalen Ebene sind Klangfarbenunterschiede der Hauptbestandteil der Lokalisierung (Abb. 5).¹⁵

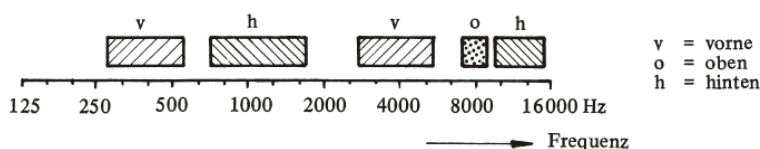


Abb. 5: **Richtungsbestimmende Frequenzbänder** (Dickreiter 2008, S.109)

¹⁵ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 106ff.

Bei dieser Art der Ortung sind die Breitbandigkeit des Signals und die Erfahrungen des Gehörs sehr wichtig. Die Lautstärke und die spektrale Veränderungen des Schallereignisses liefern für die Wahrnehmung der Entfernung wichtige Merkmale. Bei einer Verdopplung der Entfernung von einer ungerichteten Schallquelle nimmt der Pegel um ca. 6 dB ab. In höheren Bereichen werden die Quellen meist gerichteter und der Lautstärkepegel nimmt geringer ab.¹⁶

Daraus ergibt sich mit steigender Entfernung nicht nur ein abnehmender Schallpegel sondern auch eine Färbung im Klangspektrum. Ebenfalls wird das Frequenzspektrum durch die Absorption hoher Frequenzen in der Luft beeinflusst. In einem freien Schallfeld geschehen jedoch Fehleinschätzungen ab einer Entfernung von 3m, da Reflexionen zur Einschätzung fehlen. Je weiter die Quelle entfernt ist umso größer wird der Fehler. Befindet man sich in einem geschlossenen Raum wird zur Abschätzung zusätzlich noch das Verhältnis von Direktschall zu Nachhall zu Hilfe genommen. Hierbei spielen aber raumakustische Kenntnisse, das Wissen wie stark der Raum absorbiert, reflektiert, etc. sowie wiederum generelle Erfahrungen des Gehörs, eine Rolle.

In der Stereophonie trifft man auf noch weitere wichtige Besonderheiten. Die sogenannten Phantomschallquellen. Diese treten auf sobald ein Schallsignal von mehreren Schallquellen wiedergegeben wird. Wenn ein Schallsignal zum Beispiel mit gleichem Pegel und zu der exakt gleichen Zeit aus zwei Lautsprechern wiedergegeben wird, so entsteht eine Phantomschallquelle genau in der Mitte der beiden Monitore. Wird das Signal an einer der beiden Lautsprecher mit Verzögerung oder einem geringeren Pegel abgespielt, so verlagert sich die Phantomschallquelle in die andere Richtung. Die zeitliche Veränderung nennt man auch Laufzeitstereophonie und die Anpassung durch Pegeldifferenzen Intensitätsstereophonie. Beide Arten zusammen bilden die Äquivalenzstereophonie.¹⁷ Für die Stereo-Standardaufstellung (Basiswinkel der Monitore ist 60°) mit impulsförmigen Lautsprechersignalen, lässt sich dies schematisch wie in Abb. 6 darstellen.

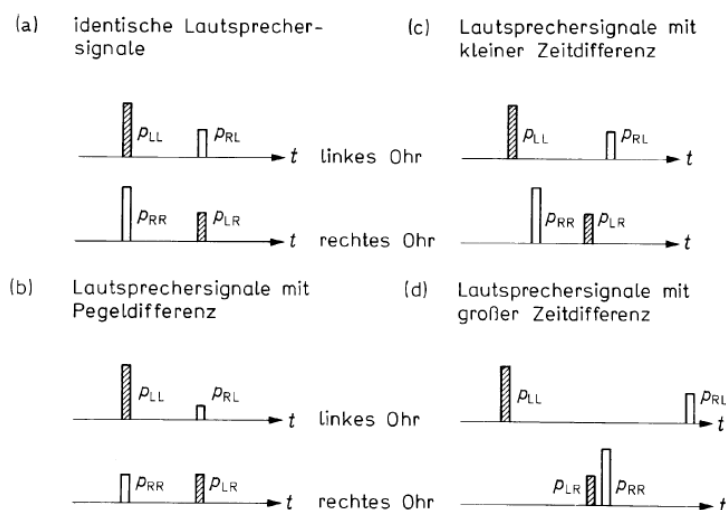


Abb. 6: Darstellung der Ohrsignale (Weinzierl 2008, S.102)

¹⁶ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 110

¹⁷ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 129

p_{LL} ist dabei der Pegel des linken Lautsprechers, welcher auf das linke Ohr trifft. p_{RL} gibt den Pegel an, der auf das linke Ohr aus Richtung des rechten Monitors trifft. p_{RR} ist der Pegel des rechten Lautsprechers, welcher auf das rechte Ohr trifft und p_{LR} gibt wiederum den Pegel, der auf das rechte Ohr aus der Richtung des linken Lautsprechers trifft an.

Wird die Verzögerung der Signale größer, so tritt eine weitere wichtige Funktion des räumlichen Hörens ein. Sie wird vom Gesetz der ersten Wellenfront, dem Präzedenzefekt, beschrieben. Es besagt, dass eine Schallquelle stets dort geortet wird, von wo die erste Wellenfront auf den Kopf eintrifft. Dies trifft auch zu wenn eine nachfolgende Schallwelle bis zu 10 dB lauter ist.¹⁸

Die maximale Verzögerungszeit liegt dabei, je nach Pegel, Form und Trockenheit des Signals, bei ca. 20 ms. Wenn der Pegel um 10 dB vermindert wird liegt die mögliche Verzögerung der späteren Wellenfront sogar bei bis zu 50 ms für Sprache und für Musik bei ca. 80 ms. Danach setzt der Echoeffekt ein. Der Verzögerungsgrenzwert wird auch Echschwelle genannt.¹⁹

2.1.3 Raum- und Bauakustik

Wie schon in Punkt 2.1.1 angesprochen hat der Raum für die Ausbreitung des Schalles eine große Bedeutung. Der sich ausbreitende Schall wird innerhalb eines Raumes reflektiert, absorbiert, gebeugt und gedämpft. Doch auf welche Faktoren muss dabei in einem Raum genau geachtet werden und was macht die Akustik eines bestimmten Raumes überhaupt genau aus? Darauf wird in diesem Kapitel genauer eingegangen.

Wenn man das Schallfeld in einem Rechteckraum genauer betrachtet fallen die stehenden Wellen (siehe S.3) als sogenannte Raumresonanzen, auch Moden genannt, an. Voraussetzung dafür ist, dass Wände den Schall überwiegend reflektieren und geringer absorbieren. Dabei handelt es sich um ganzzahlige Vielfache der halben Wellenlänge, die zwischen zwei Wände passen. Diese bilden sich in dreizehn Richtungen aus.²⁰ Die Formel dafür lautet:

(7) [Görne 2011, S. 78]

$$f_{(m,n,o)} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{o}{l_z}\right)^2}$$

$f_{(m,n,o)}$ = Frequenz der Raummode [Hz]
 c_0 = Schallgeschwindigkeit [m/s]
 m, n, o = Index der Moden 0, 1, 2, ...
 l_x, l_y, l_z = Raumabmessungen in x-, y-, z-Richtung

Der Bauch einer solchen stehenden Welle hat eine Pegelerhöhung um 6 dB. In den Wellenknoten ist der Schalldruck hingegen sehr gering.

¹⁸ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 108f.

¹⁹ Vgl. Blauert, Jens/Braasch, Jonas (2008), S. 103

²⁰ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 77f

Für die tiefste Frequenz f_0 ist die Mode bei der größten Raumabmessung (in Länge, Breite oder Höhe) 1 und den anderen Werten 0. Unterhalb dieser Frequenz gibt es in dem Raum keine Schallabstrahlung.

(8) [Görne 2011, S. 79]

$$f_0 = \frac{c_0}{2} \cdot \frac{1}{l}$$

f_0 = untere Grenzfrequenz [Hz]

c_0 = Schallgeschwindigkeit [m/s]

l = größte Raumabmessung [m]

Um diese Moden zu unterdrücken kann ein Raum mit absorbierenden Material oder diffusierenden Strukturen versehen werden. Darunter leidet dann allerdings auch die Nachhallzeit aber die Diffusität wird erhöht. Die Diffusität gibt die Schallstreuung an. Eine hohe Diffusität bedeutet, dass Schallwellen häufig in verschiedene Richtungen reflektiert werden und ein diffuser Klang entsteht.²¹

Neben der zeitlichen Aufteilung des Schallfeldes in Direktschall, ersten Reflexionen und Nachhall lässt sich das diffuse Schallfeld in Anhall, den darauffolgenden stationären Zustand und den Nachhall einteilen. Das diffuse Schallfeld stellt dabei nur den Bereich in dem die Schallausbreitung keine bevorzugte Richtung mehr enthält dar. Der Anhall beschreibt das Ansteigen des Schalldrucks im Diffusfeld auf seinen maximalen Wert. Der stationäre Zustand hält dann bis zum Verstummen der Schallquelle an. Danach knüpft sich der Nachhall an. Dieser bildet einen Hauptaspekt in der Raumakustischen Gestaltung. Um diese zu beeinflussen bzw. zu errechnen schaut man auf die im Raum vorhandenen absorbierenden Flächen. Wie die Nachhallzeit errechnet wird, wurde bereits in Kapitel 2.1.1 erklärt. Nun wird näher auf die absorbierenden sowie beugenden und reflektierenden Flächen eingegangen.

Zusätzlich zur natürlich vorkommenden und vorhandenen Absorption, Reflexion und Beugung an Wänden, Decke, Boden und natürlichen Gegenständen im Raum werden zur raumakustischen Gestaltung mit den Absorbern aber auch Diffusoren und Reflektoren, Mittel genutzt um Störgeräusche zu verhindern und das akustische Umfeld zu verbessern.

Eine Art der Absorber sind mit einer porösen Oberfläche versehene Materialien. Daher werden sie auch poröse Absorber genannt. Sie funktionieren auf Grundlage der Reibung der schwingenden Luftmoleküle im Absorber. Für diese Art werden Materialien wie vor allem Akustik-Schaumstoff aber auch Vorhänge, Teppiche, rohes Mauerwerk sowie unlackiertes Holz und Fasermaterial genutzt. Der poröse Absorber funktioniert als ein $\lambda/4$ -Absorber und muss dementsprechend am besten eine viertel Wellenlänge vor einer Begrenzungsfläche angebracht werden, da dort die Schallschnelle ein Maximum hat. Der poröse Absorber ist hauptsächlich als Höhenabsorber zu betrachten, da der Absorptionsgrad mit größerer Frequenz ansteigt. Befindet sich ein Schnelleximum in dem Absorber ist der Absorptionsgrad am höchsten.²²

²¹ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 79f.

²² Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 90f.

Die untere Grenze f_u lässt sich durch

(9) [Görne 2011, S. 91]

$$f_u = \frac{c_0}{4t}$$

f_u = untere Grenzfrequenz [Hz]

c_0 = Schallgeschwindigkeit [m/s]

t = Tiefe des Absorbers [m]

errechnen.

Es ist wichtig ein luftdurchlässiges Material als porösen Absorber zu wählen, da das Material anderenfalls mehr als Reflektor arbeiten würde. Mit genopptem Akustikschaumstoff muss vorsichtig umgegangen werden, da seine Absorption, in dem nicht so stark im Raum ausgeprägten, hohen Frequenzbereich sehr stark ist.²³

Ein weiterer wichtiger Typ von Absorbern sind Resonanzabsorber. Der Autor Thomas Görne schreibt dazu: „Sie werden vom einwirkenden Schall zu Schwingungen angeregt und entziehen dem Schallfeld dadurch Energie, die im Absorber durch Dämpfung (Eigendämpfung des Materials und mechanische Schwingungsdämpfung z.B. durch Mineralwolle) in Wärme umgesetzt wird.“²⁴ Diese Art der Absorber wird als Plattenschwinger, Helmholtz-Resonator, Röhrenresonator oder Bassfalle ausgeführt. Der Plattenschwinger hat eine bestimmte Resonanzfrequenz. Treten Frequenzen in dem Bereich auf, wird die Platte angeregt und durch das Mitschwingen dem Schall Energie entzogen.

Diese Resonanzfrequenz ist meist im tiefen Frequenzbereich angesiedelt, daher werden sie als Tiefenabsorber verwendet. Sie werden hauptsächlich aus Holz oder Gipskarton hergestellt. Die beste Absorption wird dann erzielt, wenn die Platte auf einer Unterkonstruktion befestigt wird und somit ein Luftfeld einschließt (Abb. 7).

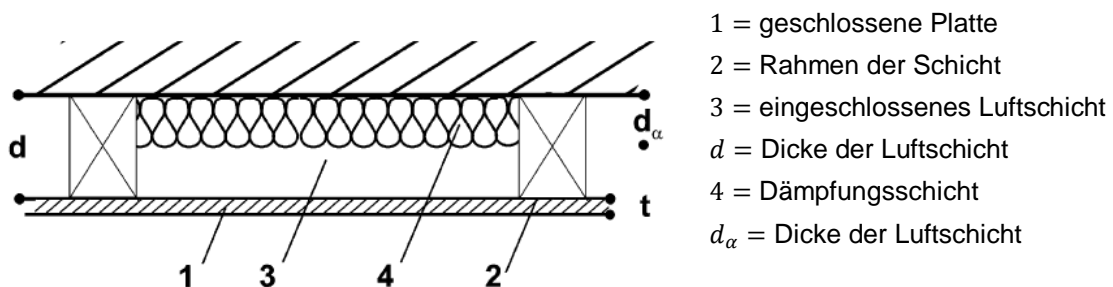


Abb. 7: **Klassischer Plattenschwinger** (Fuchs 2010, S.43)

Als akustische Schwinger werden unter den Resonanzabsorbern außerdem noch Helmholtz- und Röhrenresonatoren genutzt. Röhrenabsorber funktionieren dabei wie Blasinstrumente. Um eine Absorption zu erzielen muss der Rohrdurchmesser d kleiner als die halbe Wellenlänge $\lambda/2$ sein. Im Helmholtz-Resonator wird eingeschlossene Luft durch eine Öffnung in Schwingung gebracht und dem Schall Energie entzogen.²⁵

²³ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 91f.

²⁴ Görne, Thomas (2011), S. 92

²⁵ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 92f.

Er hat nur eine Eigenfrequenz welche sich, wenn der Absorber nur eine Öffnung hat, durch

(10) [Görne 2011, S. 65]

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{l_{eff}V}}$$

f_0 = Eigenfrequenz des Resonators [Hz]

c = Schallgeschwindigkeit [m/s]

A = Mündungsfläche [m²]

l_{eff} = effektive Lochtiefe [m]

V = Resonatorvolumen [m³]

errechnen lässt.

Die effektive Lochtiefe l_{eff} ist durch die Mündungstiefe + 0,8 · Mündungsdurchmesser definiert. Außerdem werden auch Bassfallen verwendet. Sie funktionieren als $\lambda/4$ -Röhrenresonatoren und sind im Inneren mit Dämm-Material ausgefüllt. Sie absorbieren den Schall sehr breitbandig. Alle Arten der Resonanzabsorber sollen am besten an einer Raumecke montiert werden, da sie hauptsächlich zum absorbieren des tieffrequenten Bereiches dienen und sich dort meist ein Druckmaximum einer stehenden Welle befindet. Gerne genutzt werden auch Mikroperforierte Absorber. Sie sind gelochte oder geschlitzte Platten und Folien und besitzen einen bestimmten Abstand zu Wand. Mit einem Millimeter sind die Löcher dabei so gering gewählt, dass dem Schalldruck durch Reibung Energie entzogen wird. Sie dienen damit als Höhen-, Mitten- oder Breitbandabsorber.²⁶

Eher selten vorkommende Absorber sind solche mit aktiven Komponenten. Sie bieten eine sogenannte „Aktive Lärminderung“ benötigen aber eine hohe elektronische Anforderung. Darunter zählen Masse-Feder-Systeme, Abzweig-Resonatoren und Moden-Dämpfer. Als Beispiel besteht das Masse-Feder-System prinzipiell aus einer Reihenschaltung von Masse, Feder und Reibung. Es kann in verschiedenen Formen ausgeführt werden. Zur einfachen Anschauung dient ein Konus-Lautsprecher. Die Membran nimmt die Funktion der Masse an. Das Gehäusevolumen dient als die nachgiebige Feder. Zwischen diesen findet eine Reibung statt.²⁷

Andere räumliche Gestaltungsmöglichkeiten bieten Diffusoren. Sie werden genutzt um Reflexionen in verschiedene Richtungen aufzuteilen. Anwendung finden sie vor Allem in kleinen Räumen mit glatten Wänden. Eine Schallquelle klingt in solchen Räumen sehr hart, eng und kann sogar verfärbt werden. Diffusoren sind Gegenstände, die sich im Größenbereich der Wellenlänge befinden. So können auch normalgebräuchliche Gegenstände als Diffusor dienen. Bei eigens für die Diffusion angefertigten Strukturen muss darauf geachtet werden, dass sie geometrisch unregelmäßig aufgebaut sind. Diese angefertigten Diffusoren sind zum Beispiel Maximalfolgen- (Abb. 8 oben) und Quadratic-Residue-Diffusoren (Abb. 8 unten).

²⁶ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 94

²⁷ Vgl. Fuchs, Helmut V.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Auflage 3, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2010, S. 89ff

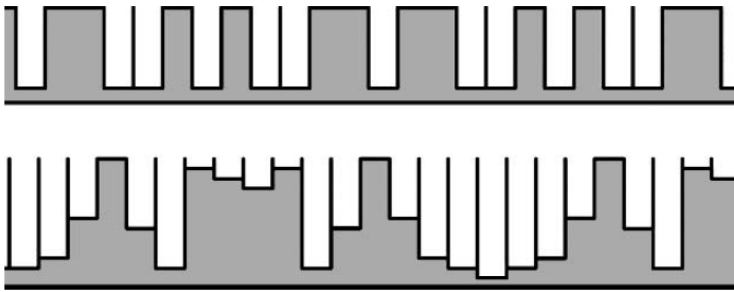


Abb. 8: Diffusoren (Görne 2011, S.95)

Die Oberfläche des Maximalfolgen-Diffusors wird als $\lambda/2$ -Leitung strukturiert. Die Leitung beugt den Schall und führt ihn so in eine andere Richtung. Die Vertiefungen sind alle gleichgroß. Trifft eine Schallwelle mit der Größe von $\lambda/4$ gegenüber der Vertiefung ein, so wird diese um $\lambda/2$ zu der reflektierten Welle von der Oberfläche verschoben. Dadurch kommt es zu Verstärkung und Auslöschung und letztendlich zur Streuung der Welle. Durch die einheitliche Strukturtiefe kann aber lediglich eine Wellenlänge beeinflusst werden. Deshalb wurden die Quadratic-Residue-Diffusoren erfunden. Sie bieten eine streuende Funktion auf einen großen Frequenzbereich. Die Strukturen dafür werden aus Zufallszahlenfolgen berechnet, welche aus quadratischen Residuenfolgen stammen.²⁸ Die letzte Art der räumlichen Gestaltung sind Reflektoren. Mit diesen werden Schallwellen in bestimmte Richtungen gelenkt. Als Reflektoren dienen Platten. Damit sie nicht absorbierend wirken müssen sie groß, glatt und schwer sein. Materialien die man dafür häufig nutzt sind mitteldichte Faserplatten, Gipskarton, Blech, Wellaluminium, Sperrholz, Spanplatten oder glasverstärkter Kunststoff. Reflektoren müssen größer als die Wellenlänge sein. Zudem müssen sie sehr schwer sein, andernfalls könnten sie wie ein Plattenschwinger wirken und Schall absorbieren. Eine Formel zur Berechnung der kleinsten Frequenz f_u unter der noch eine Reflexion stattfindet, hat Jürgen Meyer 1999 aufgestellt (Abb. 9)²⁹:

(11) [Görne 2011, S. 97]

$$f_u = \frac{2c_0}{(d \cos \vartheta)^2} \cdot \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$$

f_u = untere Grenzfrequenz der Reflexion [Hz]

c_0 = Schallgeschwindigkeit [m/s]

d = Durchmesser des Reflektors [m]

a_1 = Abstand zwischen Quelle und Reflektor [m]

a_2 = Entfernung von Empfänger zu Reflektor [m]

ϑ = Normalwinkel [°]

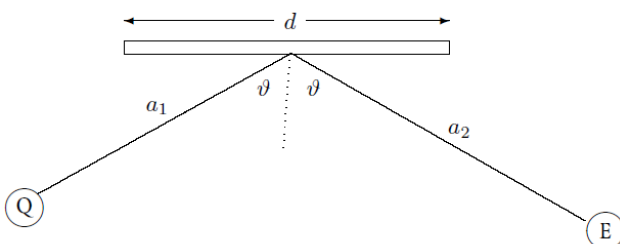


Abb. 9: Reflektionswirkung einer Reflektorplatte (Görne 2011, S.97)

²⁸ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 94ff

²⁹ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 96ff

In vielen modernen Studios werden zum Beispiel auch Gobos verwendet. Unter Gobos versteht man verschiebbare Wände. Sie haben meist eine Seite die reflektiert, während die andere Seite absorbierend wirkt und sind somit sehr praktisch, um Störgeräusche zu eliminieren oder den Raumklang schnell an die jeweiligen Anforderungen anzupassen.³⁰ (Abb. 10)



Abb. 10: **Aufnahmerraum mit Gobos** (Horus Sound Studio 2016)

Der Raumklang kann durch verschiedene Begriffe beschrieben werden. Ein objektives Qualitätskriterium ist dabei die Zeitstruktur eines Raumes. Diese kann zum Beispiel durch Messung der Impulsantworten ermittelt werden. Es ist dann möglich das Energieverhältnis der frühen Reflexionen mit dem, des Nachhalls zu betrachten. Eine akustische Besonderheit beschreiben sogenannte „Schuhkarton-Räume“. Diese stehen für hohe und verhältnismäßig schmale Räume. Sie lassen, anders als man vorerst denken mag, Schallsignale räumlich sehr ausgedehnt klingen und können somit zweidimensionale Aufnahmen in der horizontalen Ebene räumlich sehr gut klingen lassen.³¹ Andere objektive Kriterien, wie die Nachhallzeit oder der Hallradius wurden schon in Kapitel 2.1.1 erwähnt. Subjektiv kann man einen Raum noch nach vielen zusätzlichen Parametern bewerten. Darunter zählen in Betrachtung des Frequenzbereiches: Ausgewogenheit, Wärme, Brillanz und Helligkeit oder Klangverfärbungen. Räumlich und zeitlich bewertet man zusätzlich noch Raumeindruck, Durchsichtigkeit, Halligkeit, Klangeinsatz und Breite sowie Entfernung zur Schallquelle.³²

³⁰ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 96f.

³¹ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 101

³² Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 102

Es gibt für die verschiedenen Nutzungsarten der Räume, unterschiedliche Konzepte. Da in dieser Bachelorarbeit vor Allem die Akustik von Aufnahmeräumen wichtig ist, wird auf diese Art der Räume nun näher eingegangen. Dabei muss auch darauf geachtet werden, welche Art der Musik in einem solchen Raum aufgezeichnet werden soll. Deshalb werden viele Aufnahmeräume auch mit verstellbaren akustischen Elementen wie umklappbaren oder schiebbaren Wänden versehen. Meist werden auch extra „Schalltote“-Räume eingerichtet, welche zum Aufnehmen von Sprache oder lautstarken Musikinstrumenten genutzt werden, damit im Nachhinein eine einfache Bearbeitung und das künstliche hinzufügen von Raumeffekten ermöglicht wird.

Aufnahmeräume werden prinzipiell dazu konzipiert, eine möglichst optimale Übertragung des Schalls aus dessen Quellen an die möglichen Mikrofonpositionen zu schaffen. Bei dem Versuch einer Optimierung eines Raumes durch Absorber, Diffusoren oder Reflektoren muss immer auf ihre Wirkungsweise und einen möglichst natürlichen Einsatz geachtet werden. Für die unterschiedlichen Musikrichtungen werden verschiedene Nachhallzeiten als optimal angesehen. Für Sinfonieorchester und große Chöre liegt diese bei ca. 2 Sekunden, während für kleinere Chöre, Big Band oder Kammerorchester Nachhallzeiten zwischen 0,8 bis 1,6 Sekunden vorausgesetzt werden. Dabei wird aber auch auf den Verlauf der Nachhallzeiten innerhalb des Frequenzbereiches geachtet. Dieser ist in großen Aufnahmesälen meist S-förmig gestaltet (Abb. 11 oben), in kleinen bis mittelgroßen Aufnahmeräumen wird hingegen auf einen möglichst frequenzneutralen Nachhallzeitverlauf abgezielt (Abb. 11 unten). Dabei liegen die Nachhallzeiten je nach Raumvolumen und Nutzung zwischen 0,1 Sekunden bei sehr kleinen Räumen bis zu 0,8 Sekunden bei mittelgroßen Aufnahmeräumen.³³

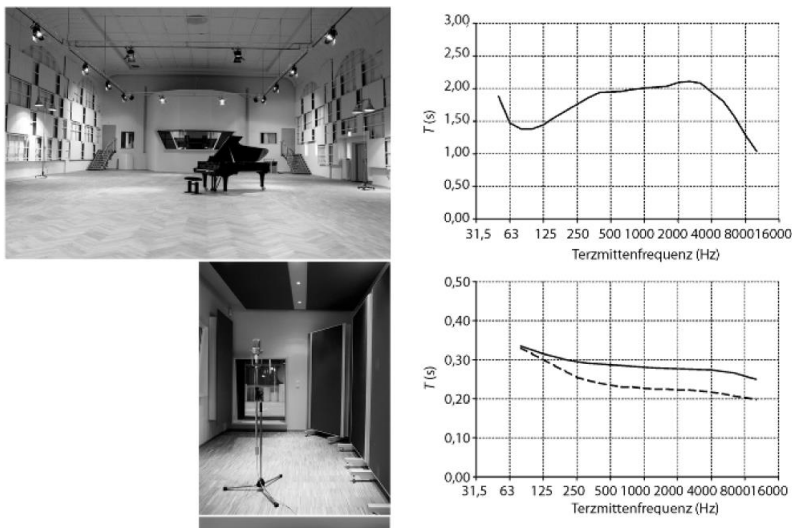


Abb. 11: Frequenzabhängige Nachhallzeiten (Weinzierl 2008, S.294)

³³ Vgl. Maier, Peter: Kapitel 6. Studioakustik. In: Prof. Dr. Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audio-technik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008, S. 291ff

2.2 Instrumentelle Grundlagen des Drumsets

Das Drumset bzw. Schlagzeug dient in dieser Arbeit als zentrales Instrument zur Veranschaulichung der Thematik. In diesem Kapitel wird auf die Bestandteile und deren Besonderheiten in der Klangerzeugung eingegangen.

2.2.1 Prinzipieller Aufbau

Ein Schlagzeug oder auch Drumset besteht aus verschiedenen Komponenten. Bei den Bestandteilen unterscheidet man prinzipiell zwischen den Membranophonen und Idiophonen. Zu den Membranophonen gehören alle Arten der vorhandenen Trommeln. Dies sind die Bassdrum, Snare und Tom-Toms. Zu den Idiophonen gehören die Becken. Ein Drumset enthält mindestens die Hi-Hat, ein Crash- und ein Ride-Becken.

Die Bassdrum, oder auch große Trommel, ist eine Doppelfelltrommel mit einem Korpus, der meist aus Holz besteht. Die Größe wird zwischen 18 und 26 Zoll variiert. Die Felle sind mit zwei Spannreifen, welche durch Spannschrauben fixiert werden, befestigt. Es wird zwischen Schlagfell und Resonanzfell (engl. batter/carry) unterschieden. Der zweite wichtige Bestandteil ist die kleine Trommel bzw. Snaredrum. Sie ist ebenfalls mit zwei Fellen bespannt. Der Korpus wird größtenteils aus Holz oder Metall gefertigt. Die Befestigung erfolgt durch metallene Spannreifen, welche wiederum durch Spannschrauben die Felle an den Korpus pressen. Zusätzlich befinden sich an dem Resonanzfell Metallspiralen, die Snares. Sie können mittels eines Hebels angespannt und gelockert werden. Die Tom-Toms, kurz auch Toms, sind genauso wie Bassdrum und Snaredrum Doppelfelltrommeln. Sie befinden sich in einem Größenbereich von 8 bis 18 Zoll und werden auf der Bassdrum oder an separaten Ständern befestigt. Die Felle werden wie bei der Snaredrum mit metallischen Spannreifen durch Spannschrauben am Kessel befestigt.

Das Schlagfell wird bei diesen Trommelarten in den meisten Fällen ein wenig höher als das Resonanzfell gestimmt. Es werden unharmonische, geräuschhafte Schwingungen erzeugt. Die benutzten Felle werden heutzutage meist aus synthetischen Stoffen hergestellt. Dadurch wird die Reproduzierbarkeit des Klanges, eine längere Haltbarkeit und die Stimmbarkeit gestattet. Je dünner ein Fell ist, desto heller und klarer wird der Ton. Der Abklingvorgang hält lange an. Ein dickeres Fell bietet einen tieferen Ton, der schneller abklingt. Außerdem werden zwei verschiedene Oberflächenarten verwendet eine glatte (engl. clear) oder raue (engl. coated) Oberfläche. Glatte Felle besitzen weniger Masse wirken deshalb eher wie dünnere Felle. Eine raue Oberfläche verhindert ungünstige Obertöne und besitzt mehr tieffrequente Anteile. Besonderheiten bieten Dots. Sie bieten eine kreisförmige Verstärkung und verlängern die Lebensdauer des Fells an stark bespielten Stellen. Extravagant sind Ölfelle, dies sind doppellagige Felle mit einer Schicht Öl in der Mitte. Sie dienen zur starken Unterdrückung von unerwünschten Obertönen, besitzen dabei aber eine geringe Klangdauer. Einfacher zu verwenden sind Dämpfungsringe.

Sie können hohe Obertöne oder den tiefen Frequenzbereich dämpfen. Zum Dämpfen wird auch Moongel gern verwendet. Es sind kleine Gelpads die an der gewünschten Stelle haften. Es dient primär zur Dämpfung von ungewünschten mitklingenden Tönen.³⁴

Um eine möglichst optimale Stimmung zu erhalten müssen einige Punkte beachtet werden. Vor dem Nutzen eines neuen Fells ist das Eindehnen wichtig. Dazu wird das Fell an der Trommel befestigt und mit der Hand auf die Mitte des Fells gedrückt. Somit wird das Fell besser stimmbar und stabiler. Beim generellen Stimmen soll immer über Kreuz an den jeweiligen Stimmschrauben gedreht werden. Nach dem Erreichen der gewünschten Tonhöhe schlägt man einzeln in kurzem Abstand zur Stimmschraube auf das Fell und passt es so lange an, bis vor jeder Stimmschraube der gleiche Klang ertönt. Um den Gesamtklang final zu überprüfen wird die Mitte des Fells angeschlagen. Die Holzarten der Kessel beeinflussen den Klang. Während das beliebte Ahorn warm und in den Tiefen betont, ausgewogen in Mitten und Höhen klingt, ist die Birke aggressiver im Klang. Die Tiefen und Höhen sind stark ausgeprägt. Die Buche ist in den tiefen Frequenzen stark präsent, in den Mitten ausgewogen und bietet so einen kraftvollen Klang. Eichenholz klingt hingegen klar und rund. Das teure Mahagoni-Holz bietet ausgeprägte Bässe, ausgewogene Mitten und somit einen sehr warmen Klang. Pappel und Linde dienen als günstige Alternativen. Je dünner das Holz ist, desto besser ist Schwingungsübertragung und ein reichhaltiger, tieferer, sehr dynamischer Klang wird erzeugt. Dicke Kessel bieten hingegen eine nicht so starke Klangfülle, sind aber lauter. Der Kesseldurchmesser beeinflusst den Klang ebenfalls und macht ihn bei zunehmendem Durchmesser tiefer. Je größer die Tiefe des Kessels gewählt wird umso lauter und wärmer wird der Ton. Ein flacher Kessel bietet einen kurzen, artikulierte Klang.³⁵

Außer den Membranophonen sind an einem Drumset auch Idiophone vorhanden. Darunter fallen hauptsächlich die Becken (engl. Cymbals). Sie bestehen aus hochwertigen Metalllegierungen, meist Messing und Bronze. Die Hi-Hat besteht aus 2 Becken welche entgegengesetzt zu einander positioniert werden, sodass beide Innenflächen aufeinander zeigen. Der Ständer, an dem sie befestigt sind, verfügt über ein Fußpedal, welches die Becken über ein mechanisches System schließen und öffnen kann. Die Größe der Hi-Hat-Becken ist weitgehend 14 Zoll. Das Crash-Becken wird für laute, markante Schläge genutzt. Es wird daher relativ dünn gewählt und wird stark angeschlagen. Es wird auch Abschlagbecken genannt. Ein Crash-Becken hat eine Größe von 12 bis 20 Zoll. Der dritte typische Bestandteil der Idiophone in einem Standard-Drumset ist ein Ride-Becken. Es ist dicker als ein Crash-Becken. Es dient eher als Rhythmusgeber oder zum Spielen von Figuren. Die Größe wird zwischen 18 und 24 Zoll gewählt. Andere, in einem Drumset noch typische Idiophone sind vor allem Splash- und China-Becken oder eine Kuhglocke. Ein Splashbecken dient als Abschlagbecken und ist sehr klein (6 bis 12 Zoll).

³⁴ Vgl. Schmidtke, Marco (o.J.): Drum-Info. www.drum-info.de

³⁵ Vgl. Thomann GmbH (o.J.): Thomann. www.thomann.de/de/onlineexpert_topic_drumkessel.html

Das China-Becken ist ebenfalls für Abschläge und besitzt einen hochgebogenen Rand. Der Klang erinnert an den kulturellen Hintergrund aus dem alten China. Bespielt werden diese Teilinstrumente mittels Drumsticks. Das sind Schlagstocke, die meist aus Holz gefertigt werden. Als Holz wird meist Nussholz (engl Hickory) verwendet. Bei dem verwendeten Holz kommt es hauptsächlich auf die Dichte an, um ein ideales Verhältnis zwischen Masse und Volumen des Sticks zu gewährleisten. Durch die vergleichsweise hohe Dichte und Härte im Vergleich zu anderen Holzarten bietet er auch eine gute Beständigkeit. Andere verwendete Materialien sind Carbon oder Aluminium. Sie bieten eine größere Lebensdauer als Holzsticks sind allerdings nicht sonderlich materialschonend zu Fellen und Becken. Die Spitze eines Sticks ist in verschiedenen Arten (rund, Oliven-, Fass oder Eichel-förmig) designt, um die verschiedenen Spielstile der Schlagzeuger zu unterstützen und die Beeinflussung des Sounds zu verbessern. Genauso hängen auch Länge und Durchmesser von der Spielweise des Drummers ab. Sie beeinflussen aber auch den Rebound, Schlagenergie und Haltbarkeit des Sticks. Sonderformen sind mit Jazzbesen, Rods und Mallets gegeben. Jazzbesen bestehen aus einem Schaft und Borsten. Sie bieten einen ruhigen, zurückhaltenden Sound. Rods bieten eine Kombination aus Sticks und Besen. Sie bestehen aus mehreren gebündelten dünnen Stäben und dienen ebenfalls für einen leiseren Klang. Mallets hingegen bestehen aus einem Stab und einem Schlagkopf mit Stoffuberzug. Sie dienen zum Beispiel beim Schlag auf Becken für besondere Effekte.³⁶

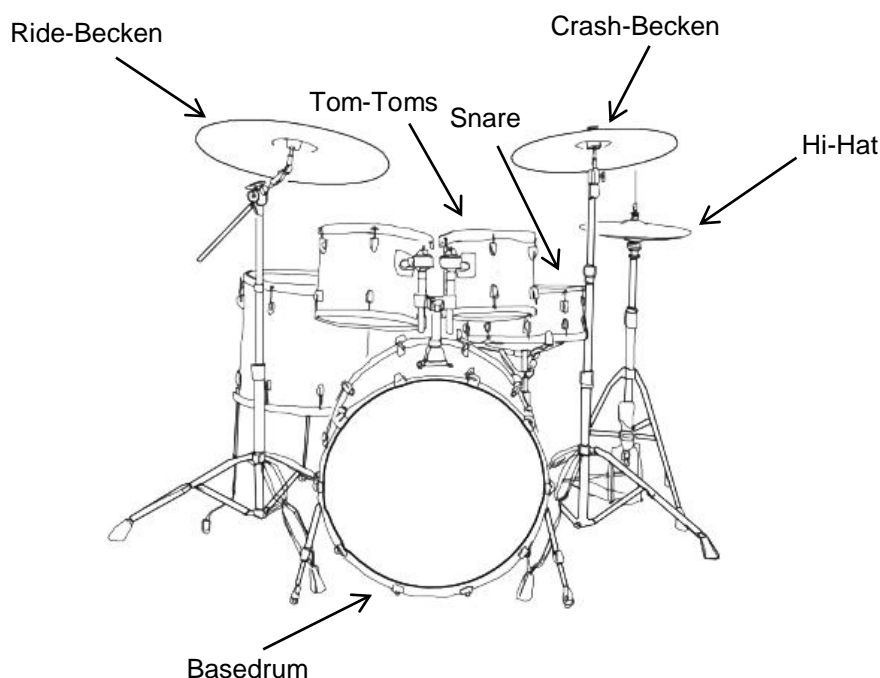


Abb. 12: **Standard-Drumset** (De Kievith, Mike (o.J.), verändert)

³⁶ Vgl. Schmidtke, Marco (o.J.)

2.2.2 Schallerzeugung

Die Schallerzeugung von Trommeln fundiert hauptsächlich auf der Schwingung von Membranen (den Fellen). Diese erzeugen unharmonische Schwingungen, welche durch Moden beschrieben werden können. Diese Moden bilden sich zirkular oder radial. Die Moden werden durch zwei Zahlen beschrieben (m, n). m gibt die Anzahl der radialen und n , die Anzahl der zirkularen Knotenlinien, wie in Abb. 13 zusehen, an.³⁷

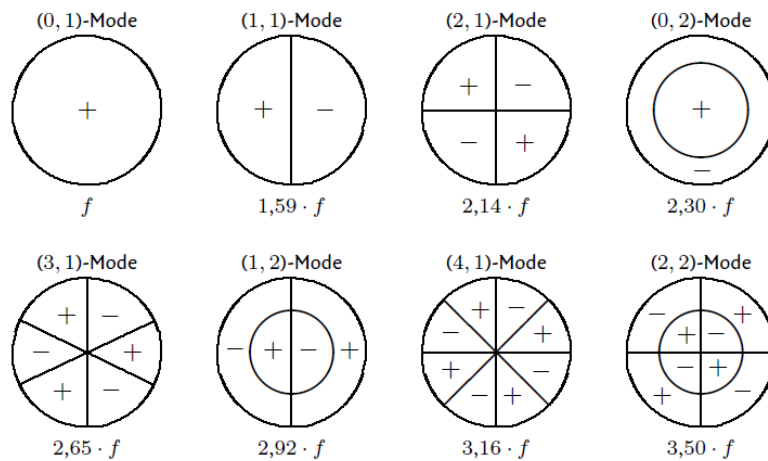


Abb. 13: **Moden einer Membran** (Görne 2011, S.57)

Innerhalb der Moden ist mit dem jeweiligen Vorzeichen die Phasenlage gekennzeichnet. Außerdem ist unterhalb der dargestellten Mode jeweils die relative Frequenz, bezogen auf die Grundfrequenz der (0,1)-Mode, angegeben. Die Frequenzen lassen sich über folgende Gleichung errechnen:

(12) [Rossing 2013, S. 284]

$$f_{mn} = \frac{1}{2r} \sqrt{\frac{T}{\sigma}} \beta_{mn}$$

f_{mn} = Frequenzen der Schwingungsmoden [Hz]

r = Radius der Membran [m]

T = Spannung der Membran [N/m]

σ = Flächendichte der Membran [kg/m²]

β_{mn} = Wert der Bessel-Funktion

β_{mn} nimmt Werte an, wo die Bessel-Funktion m -ter Ordnung, die n -te Nullstelle hat. (Die Bessel-Funktion ist eine wichtige Mathematische Gleichung und ist in der Physik vielfältig anwendbar.) In der Gleichung wird deutlich, welche die Hauptfaktoren sind, die die Frequenzen beeinflussen. Dies sind der Radius bzw. Durchmesser der Membran, die Spannung und die Flächendichte und somit das Material.

Am Beispiel einer Frequenzspektrum-Messung einer Bassdrum mit 82 cm Durchmesser, sieht man in Abb. 14 die Anteile der Schwingungen im Frequenzbereich.

³⁷ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 56ff.

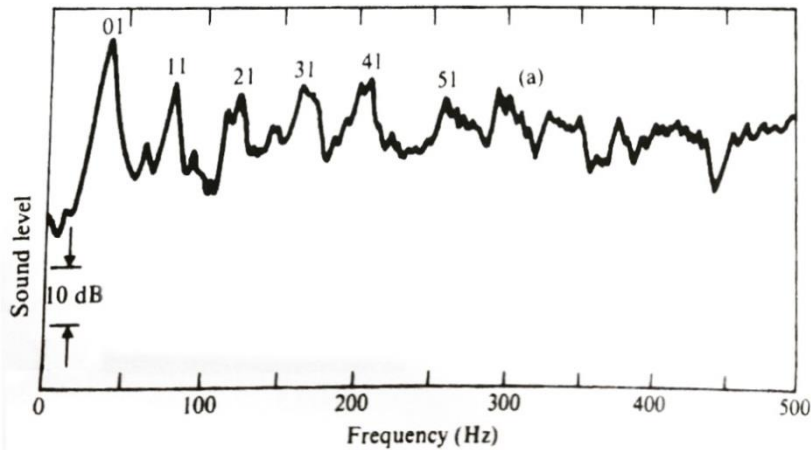


Abb. 14: **Frequenzspektrum Bassdrum** (nach Rossing 2013, S. 287)

Die Grundfrequenz tritt bei der (0,1)-Mode auf und liegt bei ca. 45 Hz. Die Frequenzen der (1,1)-, (2,1)-, (3,1)-, (4,1)- und (5,1)-Moden sind nahezu harmonisch. Wären diese die einzig hörbaren Frequenzen, würde sich eine ziemlich klare Tonlage ergeben. Über 200 Hz existieren jedoch viele unharmonische Frequenzanteile und diese klingen lauter als die tiefen Frequenzen, wodurch sich der unharmonische Klang ergibt.³⁸

In der Snaredrum wird der Schall ebenso wie in der Basedrum durch die Kopplung der beiden Membranen über die eingeschlossene Luft und den Kessel erzeugt. Es entstehen Moden-Paare. So entstehen in der (0,1)-Mode eine Schwingung, in der beide Felle in die gleiche Richtung schwingen (der tiefere Frequenzanteil) und eine Schwingung, in der sie entgegengesetzt schwingen (der höhere Frequenzanteil).

Das gleiche entsteht auch für die (1,1)-Mode. Dabei entsteht jedoch durch das entgegengesetzte Schwingen der tiefere Frequenzanteil und durch das Schwingen in gleicher Richtung entsteht der höhere Frequenzanteil des Paares. Außerdem wird dadurch auch der Kessel in Bewegung versetzt. Die Schwingungen sind von sehr kleiner Amplitude, können aber den Klang der Trommel beeinflussen. Der typische Snare-Sound, der durch die Metallspiralen am Resonanzfell erzeugt wird, entsteht ebenfalls durch die Schwingung der Membranen. Sie werden zur Schwingung angeregt und entfernen sich vom Fell und treffen dann wieder darauf.

Die Spannung der Metallspiralen ist dann am besten, wenn das Fell und die Spiralen, in dem Augenblick wo sie aufeinander treffen, mit der höchsten Geschwindigkeit in die entgegengesetzten Richtungen schwingen.³⁹

Die Schallerzeugung der Becken gründet auf der Schwingung von Platten. Die Schwingung hängt hauptsächlich von der Steifigkeit des verwendeten Materials ab. Es bilden sich Obertöne die wesentlich höher als die Grundfrequenz sind. Die Schwingungen lassen sich wieder am einfachsten mit Moden beschreiben. Wie man in Abb. 15 sieht lassen sich die ersten fünf über die radialen Moden mit $m = 2 \dots 6$ beschreiben.

³⁸ Vgl. Rossing, Thomas D./Moore, Richard F./Wheeler, Paul A.: The Science of Sound. Pearson, Harlow 2013, S. 287f

³⁹ Vgl. Rossing, Thomas D./Moore, Richard F./Wheeler, Paul A. (2013), S. 289f

Danach setzen sich die Schwingungen aus zwei oder noch mehreren Moden zusammen. Dies liegt an der Form des Beckens, mit der leicht konvexen Form und der Kuppe in der Mitte. Der Verlauf des Schwingungsvorgangs eines Beckens lässt sich in drei Stufen teilen. Erst entstehen harmonische Schwingungen, danach bilden sich subharmonische Frequenzen und dann erst folgt die chaotische Phase.⁴⁰

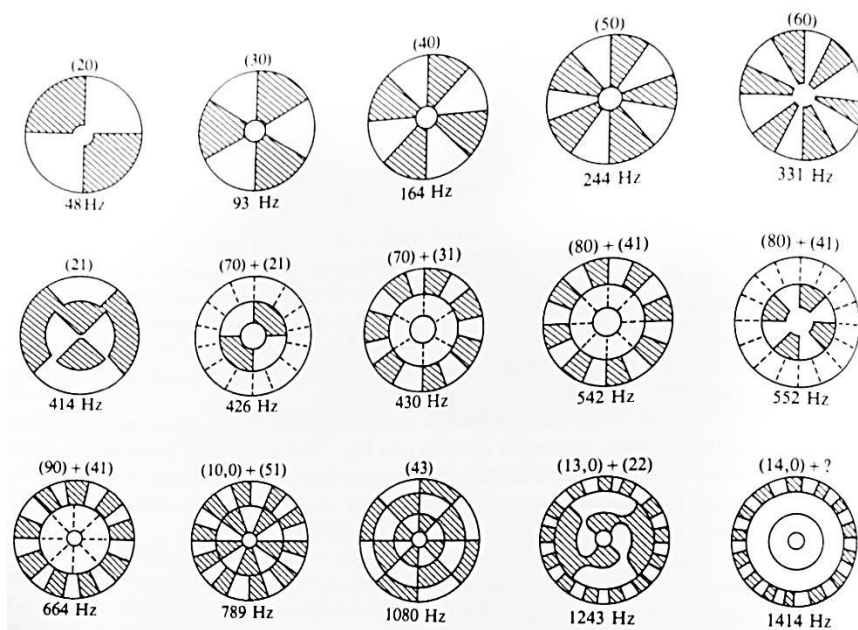


Abb. 15: **Moden eines Beckens** (Rossing 2013, S.294)

2.3 Grundlagen der Mikrofonierung

Um die Eigenschaften eines Raumes aufnehmen zu können, werden verschiedene Mikrofonverfahren genutzt. Es existieren verschiedene Vorteile. Damit beschäftigt sich die Stereophonie. Dabei werden die Schallquellen so aufgenommen, dass sie auf den linken und rechten Kanal aufgeteilt werden können.

2.3.1 Intensitätsstereophonie

In der Intensitätsstereophonie wird dies mittels Intensitätsunterschieden (Pegeldifferenzen) realisiert. Umgesetzt wird dieses Verfahren durch die Verwendung von den MS- oder XY-Haupttechniken und dem Einzel- bzw. Stützmikrofonverfahren. Die Haupttechniken sind im Bereich der Lokalisation sehr gut. Die Tiefenstafflung hingegen ist weniger gut erkennbar. Da beim Einzelmikrofonverfahren die Schallquellen separat aufgezeichnet werden, kann die Position der Phantomschallquellen grundsätzlich selbst bestimmt werden. Dabei wird das akustische Umfeld jedoch kaum bis gar nicht aufgezeichnet. Um dies zu verhindern kann man das Stützmikrofonverfahren nutzen und die Vorteile der Techniken verbinden.

⁴⁰ Vgl. Rossing, Thomas D./Moore, Richard F./Wheeler, Paul A. (2013), S. 295

Für die XY-Technik werden zwei Mikrofone am gleichen Ort platziert und mit einem Versatzwinkel zueinander positioniert. Sie sind symmetrisch zur verlängerten Mittelachse der Schallquelle. Die Mikrofone müssen die gleiche Richtcharakteristik haben, dazu werden Niere, Superniere, Hyperniere oder Acht genutzt. Der Aufnahmebereich liegt für die Pegeldifferenztechnik zwischen +18dB und -18dB Pegelunterschied zwischen den beiden Kanälen. Das bedeutet, wenn der eine Kanal einen um 18dB oder höheren Pegel als der andere Kanal hat, befindet sich die Schallquelle am Rand der Stereobasis. Die breite der Stereobasis kann mit Hilfe des Öffnungswinkels verändert werden. Ist der Öffnungswinkel groß wirkt die Schallquelle breit. Wird ein kleiner Öffnungswinkel gewählt wirkt die Schallquelle schmal.⁴¹

Das andere Hauptverfahren der Intensitätsstereofonie ist das MS-Verfahren. Dabei werden ebenfalls zwei Mikrofone genutzt, allerdings besitzen diese zwei verschiedene Richtcharakteristiken. Ein seitlich gerichtetes Mikrofon mit einer Achterrichtcharakteristik, welches das Seitensignal (S) erzeugt und ein zur Schallquelle zeigendes Mikrofon, dass das Mittensignal (M) erzeugt. Dieses Mikrofon kann eine beliebige Richtcharakteristik haben, meist wird eine Niere oder eine Kugel gewählt. Die Mikrofone stehen in einem Winkel von 90° zueinander. Anders als bei der XY-Technik, wo direkt die Signale für Links und Rechts aufgezeichnet werden, müssen die M-, S-Signale errechnet werden. Dies geschieht über:

(13) [Dickreiter 2008, S. 217]

$$L = \frac{1}{\sqrt{2}}(M + S)$$

$$R = \frac{1}{\sqrt{2}}(M - S)$$

L = linker Kanal
M = Mittensignal
S = Seitensignal
R = rechter Kanal

Werden die Mikrofone mit gleichem Pegel aufgenommen und das Mittenmikrofon besitzt eine Nierenförmige Richtcharakteristik, so entspricht dies einem Öffnungswinkel von 204° verglichen mit dem XY-Verfahren. Bei geringerem S-Signal wird der Öffnungswinkel kleiner und bei höherem Seiten-Pegel vergrößert sich der Öffnungswinkel.⁴²

Neben den genannten Hauptmikrofonverfahren wird in der Intensitätsstereofonie auch das Einzelmikrofonverfahren angewendet. Wie schon angedeutet werden in diesem Verfahren für jede einzelne Schallquelle eines Instruments Monomikrofone genutzt. Diese werden dann von dem Toningenieur durch den Pegel und im Panorama wie gewünscht angepasst. Es ist wichtig zu beachten, dass die Einzelmikrofone gut akustisch voneinander getrennt sind. Sie werden angewendet, wenn die Schallquellen anders als im Raum gegeben angeordnet werden sollen, wenn die Lautstärkeunterschiede nicht ausbalanciert sind oder wenn später eine getrennte Bearbeitung erfolgen soll.

⁴¹ Vgl. Friesecke, Andreas: Die Audio-Enzyklopädie. 2. Auflage, De Gruyter Saur Verlag, Berlin 2014, S. 442f

⁴² Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 444f

Die Mikrofone werden sehr nahe an den Schallquellen platziert, wodurch kaum Raumanteile vorhanden sind. Die Wahl des Mikrofonortes und der gewählten Richtcharakteristik kann den Klang stark beeinflussen. Da in diesem Verfahren meist eine Aufnahme mit so wenig wie möglich Diffusschall erwünscht ist, werden oft Nieren-, Achter-, Supernieren-, Hypernieren- oder Keulencharakteristiken gewählt.⁴³

2.3.2 Laufzeitstereofonie

In der Laufzeitstereofonie arbeiten die Aufnahmeverfahren mit Laufzeitunterschieden, es ergeben sich dabei meist aber auch geringe Pegelunterschiede, da die Mikrofone nicht am gleichen Ort aufgestellt werden können. Trifft ein Signal früher bei dem linken Mikrofon ein, so wird das Signal links lokalisiert.

In der Laufzeitstereofonie gibt es mit dem AB-Verfahren lediglich ein Mikrofonhauptverfahren. Die beiden Mikrofone verwenden die gleiche Richtcharakteristik. Dabei wird oft die Kugelcharakteristik gewählt, es können aber auch Nieren- oder Achtercharakteristiken genutzt werden. Die Mikrofone werden mit einem bestimmten Abstand zueinander symmetrisch und gerade zu der Schallquelle ausgerichtet. Ein Signal wird ab einer Laufzeit von 1,5 ms am Rand der Stereobasis lokalisiert.

Ab ca. 30 ms Laufzeitunterschied kommt es zur Echobildung. Der Mikrofonabstand wird meist von 51 bis 73 cm gewählt, um eine gute Stereoabbildung zu erzielen. Große Abstände lassen dabei die Schallquelle breit wirken.⁴⁴

Werden die Abstände größer oder kleiner gewählt so spricht man von einem Groß- bzw. Klein-AB-Verfahren. Für das Klein-AB-Verfahren wird die Mikrofonbasis ab ca. 25 cm gewählt. Dabei wird eine bessere Abbildung der Phantomschallquelle erzielt. Wählt man einen Mikrofonabstand unter 25 cm, wie zum Beispiel den Abstand der Ohren mit 17,5 cm, so ist die Laufzeitdifferenz für seitlich eintreffenden Schall bei nur 0,5 ms. Damit ist keine seitliche Abbildung der Phantomschallquellen möglich. Dies ist nur mittels der Ergänzung durch Pegeldifferenzen durch gerichtete Mikrofone möglich. Dies ergibt dann jedoch ein gemischtes Verfahren. Die Groß-AB-Technik wird meist mit Grenzflächenmikrofonen umgesetzt. Dieses Verfahren dient hauptsächlich zur Aufnahme von Rauminformationen. Es ist nicht zur Bildung von Phantomschallquellen geeignet. Man kann diese Mikrofone dann auch als Raumstützen bezeichnen.⁴⁵

Eine häufig benutzte Sonderform stellt die Dreipunkttechnik dar. Dabei wird in der Mitte der beiden AB-Mikrofone ein Mittenstützmikrofon platziert. Es wird mit reduziertem Pegel auf dem linken und rechten Kanal zugemischt. Dies dient zur Füllung des schnell entstehenden Loches in der Mitte.

⁴³ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 235f

⁴⁴ Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 446

⁴⁵ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 221f

2.3.3 Gemischte Verfahren

Um die Vorteile der Intensitäts- und Laufzeitverfahren zu verbinden werden sie oft kombiniert und somit gemischte Verfahren gebildet. Während in der Laufzeitstereofonie besonders die Raumabbildung auch im tiefen Frequenzbereich sehr gut umgesetzt wird, können durch die Intensitätsstereofonie im hohen Frequenzbereich die Phantom-schallquellen gut abgebildet werden. Wenn die beiden Verfahren mit ungefähr gleicher Wirkung genutzt werden spricht man von den Äquivalenzmikrofontechniken. Sehr oft wird das ORTF (Office de Radiodiffusion Télévision Française)-Mikrofonverfahren als eine mögliche Kombination genutzt. Bei dieser Technik werden zwei Nierenmikrofone mit einer Mikrofonbasis von 17 bis 17,5 cm und einem Öffnungswinkel von 110° gewählt. Der Laufzeitunterschied liegt dadurch bei maximal 0,5 ms und die Pegeldifferenzen können maximal 6 dB betragen. Durch variieren der Basis und des Winkels kann die Laufzeit- und Pegeldifferenz den Anforderungen entsprechend angepasst werden.⁴⁶ Andere bekannte Äquivalenztechniken sind zum Beispiel die DIN (Deutscher Industrie-Normenausschuss)-, RAI (Radio Italia)- oder NOS (Nederlands Omroep Stichting)-Verfahren. Sie sind von der Mikrofonbasis und dem Öffnungswinkel leicht unterschiedlich zum ORTF-Verfahren basieren aber auf der gleichen Kombination.

Ein weiteres gemischtes Verfahren ist die Trennkörpertechnik. In diesem Verfahren wird ein Objekt zwischen den Mikrofonen platziert. Der Trennkörper soll dabei den Kopf simulieren, der beim natürlichen Hören vorhanden ist. Das Problem daran ist, dass bei der späteren Wiedergabe über Lautsprecher der eigene Kopf vorhanden ist. Dadurch kann es im Endeffekt zu störenden Klangveränderungen kommen. Für die Kopfhörerwiedergabe ist dieser Effekt hingegen sehr wünschenswert. Auch in diesem Bereich gibt es bekannte Techniken. So zum Beispiel die Jecklin-Scheibe. Es werden zwei Mikrofone mit einem Abstand von jeweils 36 cm zu einer in der Mitte platzierten Scheibe gestellt. Der Öffnungswinkel der Mikrofone beträgt 60°. Die Scheibe erhält außerdem 10 mm dickes absorbierendes Material. Ein anderes bekanntes System bietet die Crown-Stereo Ambient Sampling System-Technik. Dabei befinden sich zwei Grenzflächenmikrofone mit einem Abstand von 17 cm auf einem Schaumstoff-Trennkörper. Außerdem üblich ist noch das Kunstkopffverfahren. Es wird ein Trennkörper ähnlich des menschlichen Kopfes hergestellt. Die Ohren werden dem Verhalten der menschlichen Ohren angepasst und innerhalb des Gehörgangs befindet sich jeweils ein Mikrofon. Andere bekannte Systeme sind zum Beispiel noch die Kugelfläche oder Clara, welche ähnlich funktionieren.⁴⁷ Eine letzte Möglichkeit der Mikrofonierung ist das Stützmikrofonverfahren. Dafür werden meist an einzelne Schallquellen, wie zum Beispiel bei dem Drum-Set die einzelnen Trommeln, Monomikrofone platziert um die Schallquellen separat aufzunehmen und später bearbeiten zu können. Zusätzlich dient es dazu die Lautstärkeverhältnisse der einzelnen Teilschallquellen anzupassen.

⁴⁶ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 225f

⁴⁷ Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 449f

Außerdem kann ein akustisch ungeeigneter Raum durch Stützmikrofone weitestgehend ausgeblendet werden. Das Stützmikrofon dient zur Unterstützung des verwendeten Hauptmikrofons und wird in einem geringen Abstand zu der Schallquelle angebracht. Es ist auch möglich eine zusätzliche Art der Stereomikrofone für größere Schallquellen zu verwenden. Es wird mit dem Panorama-Potentiometer dort eingeordnet, wo es aus der Sicht des Hauptmikrofons platziert ist. Die Stützmikrofone nehmen hauptsächlich Direktschall auf. Wenn man lediglich mit der Stützmikrofonierung arbeitet, fehlen Informationen zur Raumtiefe und alle Schallquellen erhalten die gleiche Präsenz.⁴⁸

2.4 Künstliche Erzeugung von Hall

Um den Nachhall von Räumen nachzuempfinden oder auch Effekthalle zu erstellen werden verschiedene Arten der Erzeugung genutzt. Diese werden in den folgenden Punkten näher erläutert.

2.4.1 Analoge Arten der Hallerzeugung

Wenn Aufnahmen ohne oder mit nur geringem Raumanteil angefertigt werden, müssen diese in der Nachbearbeitung mit einem Halleffekt (engl. Reverb) versehen werden um einen natürlich wirkendes Gesamtbild zu erzeugen. Um diesen Effekt zu erzeugen werden verschiedene Arten der Hallerzeugung genutzt.

Eins der ältesten Verfahren ist die Erzeugung durch einen Hallraum. Dazu werden Signale mit Lautsprechern in einem Raum abgespielt und mit Mikrofonen wieder aufgezeichnet. Diese Funktion findet auch in den heute verwendeten digitalen Hallgeräten noch Anwendung. Mit dem Beginn der magnetischen Aufzeichnungstechnik kurz nach 1950 wurde die Erzeugung künstlichen Nachhalls durch elektromagnetische Verzögerungssysteme eingeführt. In dem System wurde mit rotierenden magnetischen Rädern und mehreren Tonköpfen gearbeitet. Das Signal wurde aufgespielt und ausgelesen. Durch die Position der Tonköpfe konnten verzögerte Reflexionen erzeugt werden. Diese Art der Hallerzeugung spielt allerdings heutzutage nahezu keine Rolle mehr.⁴⁹

Andere historische Verfahren werden auf Grund ihres besonderen Klanges allerdings auch heute noch gern genutzt. So zum Beispiel die Hallplatte. Eine ca. zwei Quadratmeter große Stahlplatte wird durch einen elektrodynamischen Wandler zu einer Biegeschwingung angeregt, die sich über die Platte ausbreitet und an den Kanten reflektiert wird. Dieses Signal wird dann an einer anderen Stelle der Platte piezoelektrisch abgenommen. Je nach Anzahl der Elemente wurde dadurch ein monofones, stereofones oder quadrofones Nachhallsignal erzeugt. Nahe der Hallplatte wurde eine Dämpfungsplatte angebracht um die Nachhallzeit einzustellen.

⁴⁸ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 230ff

⁴⁹ Vgl. Maempel, Hans-Joachim/Weinzierl, Stefan/Kaminski, Peter: Kapitel 13. Audiotbearbeitung. In: Prof. Dr. Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008, S. 751

Ein ähnlich funktionierendes Modell bietet die Hallfolie. Sie kommt mit einer kleineren und leichteren Goldfolie aus. Diese Art wurde im Jahr 1971 mit dem EMT 240 eingeführt. Die Folie hatte lediglich eine Größe von 27 x 29 cm und klingt im Vergleich zur Hallplatte heller und natürlicher.⁵⁰

Ein anderes Verfahren zur Hallerzeugung ist der Federhall. Das System besteht aus einer oder mehreren Stahlfedern, welche einige Zentimeter bis zu über einem Meter lang sind. An den Enden befinden sich die Wandler. Eine einfache Feder wird von einer Torsionswelle durchlaufen und liefert so Einzelreflexionen mit abnehmendem Pegel. Für einen möglichst natürlichen Nachhall wird die Feder mit Störstellen versehen und so die Dichte der Reflexionen erhöht. Dafür erhält die Feder zum Beispiel Ätzstellen, Dellen oder Dämpfungsscheiben. Zwischen diesen Stellen entstehen Reflexionen geringerer Stärke. Die Nachhallzeit kann durch einen Dämpfungsverstärker, welcher das abgenommene Signal phasengedreht an die Aufsprechspulen weiterleitet und somit auf die Abschlussimpedanz der Federenden einwirkt, beeinflusst werden. Das Gerät wird meist in einer zweikanaligen Ausführung angefertigt.

Typische Merkmale des Federhalls sind Flatterechos, die meist unterdrückt werden sollen und eine, durch eben die Feder erzeugte, metallische Klangfärbung.⁵¹

2.4.2 Digitale Arten der Hallerzeugung

Bereits in den 1960er Jahren wurden auch schon Algorithmen zur digitalen Nachhallerzeugung von Manfred R. Schroeder vorgeschlagen. Dieser benutzte darin vier parallel geschaltete Rückkopplungsschleifen, welche als Kammfilter fungieren und zwei nacheinander geschaltete Allpass-Filter. Durch geschickte Wahl der Dimensionierung der Verzögerungen konnte ein dichter und nahezu Färbungsfreier Nachhall erzeugt werden. Ab Mitte der 1970er Jahre wurden digitale Hallgeräte realisiert, welche in Echtzeit arbeiten konnten. Das erste seiner Art ist das EMT (Elektro-Mess-Technik) 250. Mit der fortschreitenden Digitalisierung wurden nach und nach weitere Algorithmen zur Nachhallerzeugung angefertigt.⁵²

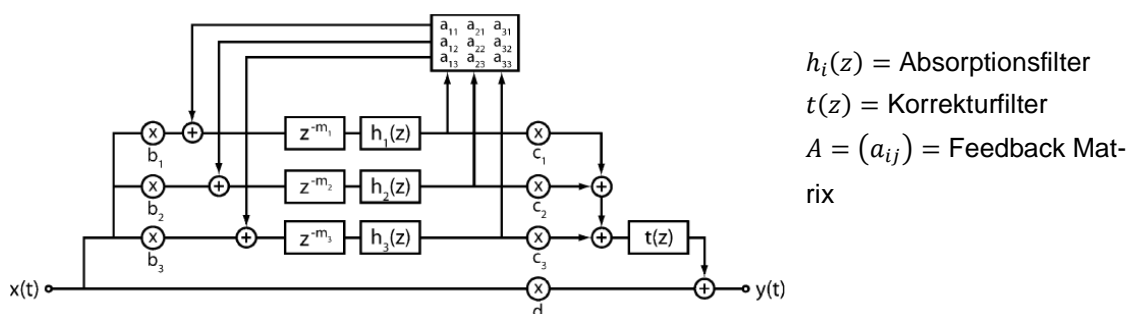


Abb. 16: **General Feedback Delay Network** (Weinzierl 2008, S.753)

⁵⁰ Vgl. Maempel, Hans-Joachim/Weinzierl, Stefan/Kaminski, Peter (2008), S. 751f.

⁵¹ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 350

⁵² Vgl. Maempel, Hans-Joachim/Weinzierl, Stefan/Kaminski, Peter (2008), S. 752f.

Dabei werden aber immer noch Kammfilter- und Allpass-Filter-Strukturen verwendet. Hinzu gekommen sind Tiefpassfilter, die die raumakustischen Absorptionen simulieren. Grundlage für die meisten modernen Geräte bildeten dann Jot und Chaigne im Jahr 1991. Sie ermöglichten durch das parallele hinzufügen einer Feedback Matrix unabhängige Änderungen des zeitlichen und spektralen Verhaltens des Nachhalls (Abb. 16). Hinzu kommen in manchen modernen Nachhallgeräten zusätzlich eine Nachhallverzögerung, sparse-FIR (Finite Impulse Response)-Filter oder Delays um frühe Reflexionen zu erzeugen. Außerdem wird manchmal eine nicht rückgekoppelte Matrix-Delay-Kombination hinzugefügt, die eine Gruppe weiterer dichter Reflexionen erzeugen kann.⁵³ Durch die vielen Komponenten, die in einem digitalen Hallgerät vorhanden sind, gibt es auch sehr viele Parameter die geändert werden können. Viele davon sind aber lediglich innerhalb einer Gruppe von dem Nutzer steuerbar. Diese Gruppen lehnen sich meist mehr an raumakustische Parameter an, wodurch man einen einfacheren Bezug auf den natürlich vorkommenden Hall erreicht. Zusätzlich sind bei den meisten Geräten Standard-Programme (engl. presets) vorhanden, welche schon Standard-Einstellungen für Parameter liefern und dann genauer angepasst werden können. Meist vorhandene Programme und Parameter sind in Tab. 1 dargestellt.⁵⁴

Programmkategorie	Programm bzw. Parameter	Bedeutung
Räume	Room Concert Hall Small Hall Cathedral Church Hall	mittelgroßer Raum Konzertsaal kleiner Raum Kathedrale Kirche Halle
Simulation analoger Hallerzeuger	Spring Plate	Hallfeder Hallplatte
Effekte	Gated Reverb Stage Reverse	abgeschnittener Nachhall Verbreiterung umgekehrter Hallhüllkurvenverlauf
Parameter	Pre-delay Size Reverb Time, RT Bass Multiply, BR Crossover Shape, Spread Wander Preecho Level Diffusion Randomization	Verzögerung des Nachhalls Raumgröße Nachhallzeit bei Frequenzen um 500 Hz Multiplikationsfaktor der Nachhallzeit tiefer Frequenzen, dazugehörige Übergangsfrequenz Form des Nachhallauf- und -abbaus zeitliche Ausdehnung des Nachhallauf- und -abbaus Modulation einzelner früher Reflexionen Pegel früher Reflexionen Dichtezunahme früher Reflexionen Modulation des Frequenzspektrums des Nachhalls

Tab. 1: **Programme und Parameter algorithmischer Hallgeräte** (Dickreiter 2008, S.354)

Das neueste System zur Hallerzeugung bietet der digitale Faltungshall. Er ermöglicht das Produzieren künstlichen Nachhalls mit Hilfe von Impulsantworten eines Raumes. Dies geschieht durch Faltungsalgorithmen und ist seit Ende der 1990er Jahre in Echtzeit ausführbar. Diese Art der künstlichen Hallerzeugung ist kaum bis gar nicht von dem Hall in einem realen Raum zu unterscheiden. Die Einstellungsmöglichkeiten eines Faltungshalls sind allerdings ziemlich gering.

⁵³ Vgl. Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin (2008), S. 352f

⁵⁴ Vgl. Maempel, Hans-Joachim/Weinzierl, Stefan/Kaminski, Peter (2008), S. 753f.

Meist ist es lediglich möglich den Predelay, also die Verzögerung des Nachhalls zum Direktsignal und das Ausklingen der Impulsantwort, zu verändern. Da zur Hallerzeugung dabei Impulsantworten realer Räume genutzt werden, kann man dieses System als nahezu perfekte Simulation natürlicher Räume ansehen. Lediglich zeitvariante Elemente, wie die Bewegung von Quelle und Hörer sind durch eine solche Momentaufnahme, der Impulsantwort nicht abbildbar.⁵⁵ Die Qualität ist zusätzlich noch an folgende Faktoren gebunden:

- Fehler bei der Messung der Impulsantwort und begrenzte Länge im Speicher
- Bei zweimaliger Transformation der schnellen Faltung kann es zu Fehlern im Zeitbereich kommen
- Quelle wird als Punktstrahler angesehen, was nie hundertprozentig so auftritt⁵⁶

2.4.3 Hallerzeugung durch Plugins

In einem Audiotbearbeitungsprogramm (kurz DAW für Digital Audio Workstation) werden Software-Module, sogenannte Plugins zur Bearbeitung verwendet. Ihre Funktionen werden mit Hilfe mathematischer Operationen umgesetzt.

Alle großen DAWs arbeiten seit 2013 mit der Fließkommaberechnung. Durch diese Art der Berechnung könnte man zum Beispiel in dem Fließkommaformat IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 754 einen Dynamikbereich von 1673,7 dB nutzen. Die Verzerrungen, die dabei auftreten können, sind sehr gering.⁵⁷ Eine DAW arbeitet dabei aber nur im Wertebereich zwischen -1 und +1. Dies liegt an der nötigen Kompatibilität zu den Festkommazahlen, womit die A/D (Analog/Digital)- und D/A-Wandler arbeiten.⁵⁸

Bei der Darstellung für den Nutzer wird sich an den gewohnten Geräten orientiert, während die tatsächliche Berechnung oft über andere Werte läuft. So zum Beispiel bei einer Pegeländerung. Während es für den Nutzer in der logarithmischen Form mit Dezibel angegeben wird, wird die Berechnung nicht logarithmisch durchgeführt.

Hall-Plugins arbeiten auf der Grundlage von Multitap- und Feedback-Delays. Dafür werden Samples zwischengespeichert und je nachdem wie lang es verzögert werden soll wieder ausgegeben. Wenn die Verzögerungszeit unter einem Sample liegt werden Allpassfilter berechnet, womit beliebige Verzögerungszeiten möglich sind. In Multitap-Delays werden zur Erzeugung von Raumreflexionen die unterschiedlichen Ausgänge mit Verstärkungsfaktoren und Filtern versehen. Mit den Feedback-Delays können zusätzlich die verzögerten Signale wiederholt und je nach Einstellung leiser werden. Außerdem kann man in diesen Weg einen Tiefpass-Filter schalten, wodurch das Signal immer dumpfer werden kann.⁵⁹

⁵⁵ Vgl. Maempel, Hans-Joachim/Weinzierl, Stefan/Kaminski, Peter (2008), S. 754f

⁵⁶ Vgl. Görne, Thomas (2011), S. 353

⁵⁷ Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 513f

⁵⁸ Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 718

⁵⁹ Vgl. Friesecke, Andreas (2014), S. 722ff

3 Vergleich an Hand von Drumset-Aufnahmen

Um die Arten der Hallerzeugung zu Vergleichen wurden Drumset-Aufnahmen angefertigt. In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung der Durchführung und Umstände der Aufnahmen. Außerdem wird die künstliche Erzeugung der Hallräume erklärt.

3.1 Erklärung der Aufnahmen

Für die Durchführung der Aufnahmen wurden die im Kapitel 2 genannten theoretischen Grundlagen als Vorbild genommen. Es wurde dabei auch auf die normalen Umstände bei Produktionen geachtet. Der Raum in dem die Aufnahme durchgeführt wurde befindet sich innerhalb des Horus Sound Studio. Er hat die Abmessungen von 5,20 m x 12,30 m x 2,85 m. Es ist ein Rechteck-Raum. Die Decke des Raumes ist leicht gewellt, was zu einer leichten Diffusität und geringer Verhinderung von stehenden Wellen führt. Die Höhe des Raumes variiert somit um ± 5 cm von 2,80 bis zu 2,90 m.

Da der Raum eine schlauchige Form hat und im vorderen Bereich Gegenstände fest im Raum verbaut sind, wurden um den Bereich, wo das Schlagzeug später platziert wird, Gobos platziert. Insgesamt wurden sechs Gobos mit einer Abmessung von 1,10 m x 2,20 m um diesen Bereich gestellt. Sie zeigen mit einer absorbierenden Fläche in Richtung Drumset. Der Boden des Raumes besteht aus Holzparkett. Die Wände und Decke bestehen aus tapeziertem Mauerwerk. Unter dem Schlagzeug befindet sich eine Holzspanplatte, welche an der Unter- und Oberseite mit einem Teppich versehen ist.

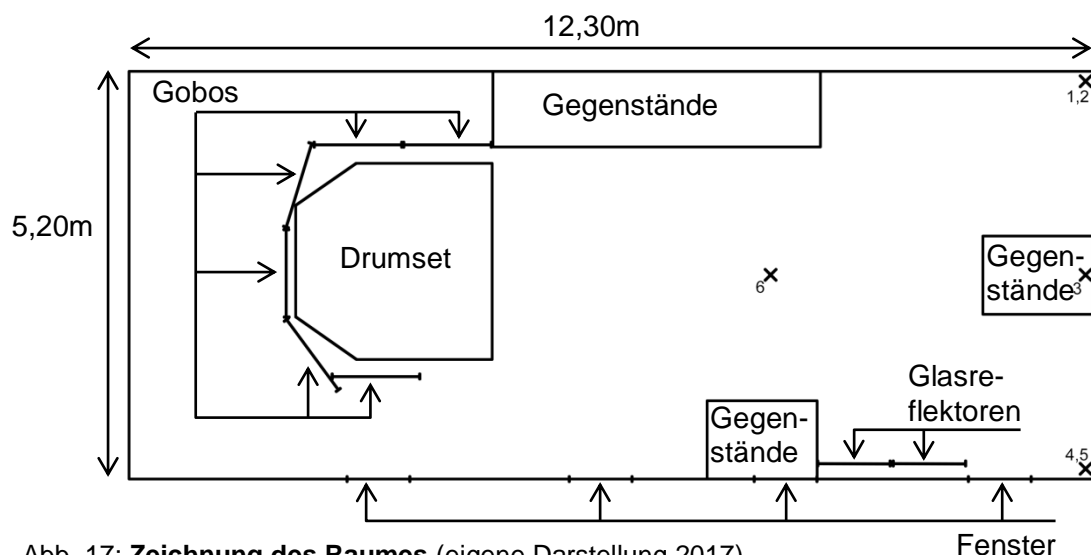


Abb. 17: **Zeichnung des Raumes** (eigene Darstellung 2017)

An der rechten Wand befinden sich vier doppelt verglaste Fenster. Außerdem befinden sich verschiedene Gegenstände im Raum. Abb. 17 zeigt eine Zeichnung des Raumes während der Aufnahme. In Tab. 2 werden die Maße der verschiedenen absorbierenden Materialien angegeben. Der mittlere Absorptionsgrad ist bei 1 kHz anzunehmen.

Bezeichnung	Material	Größe in m ²	α bei 125 Hz	α bei 250 Hz	α bei 500 Hz	α bei 1 kHz	α bei 2 kHz	α bei 4 kHz
Wände und Decke	Tapete auf Mauerwerk	147,50	0,10	0,09	0,08	0,07	0,09	0,10
Fußboden	Holzparkett	47,40	0,15	0,12	0,10	0,07	0,06	0,07
Gobos	Dämmstoff	14,50	0,60	0,72	0,80	0,95	0,95	0,95
Holzplatte mit Teppich	Holzplatte mit Teppich	6,00	0,24	0,36	0,40	0,80	0,75	0,80
Fenster	Doppelfenster	3,50	0,10	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Sonstige Gegenstände	Sofa, Tisch, Teppich, Kisten	32,70	0,28	0,35	0,40	0,43	0,40	0,39

Tab. 2: **Absorptionstabelle** (eigene Darstellung 2017)

Es ergibt sich somit das Absorptionsvermögen A **(1)** bei 1 kHz mit 46,35 m² durch:

$$A = 0,07 \cdot 147,50m^2 + 0,07 \cdot 47,40m^2 + 0,95 \cdot 14,50m^2 + 0,80 \cdot 6,00m^2 + 0,02 \cdot 3,50m^2 + 0,43 \cdot 32,70m^2 = 46,35m^2$$

Daraus ist es möglich die Nachhallzeit T **(3)** mit:

$$T = 0,163 \frac{s}{m} \frac{182,3m^3}{46,35m^2} = 0,64s$$

zu errechnen.

Für die anderen Werte ergeben sich: bei 125 Hz $T = 0,71s$, bei 250 Hz $T = 0,69s$, bei 500 Hz $T = 0,68s$, bei 2kHz $T = 0,62s$, bei 4 kHz $T = 0,60s$

Zusätzlich wurden Messungen bezüglich der Nachhallzeit des Raumes durchgeführt. Diese Messungen erfolgten mit dem Programm „Audionet CARMA 4“. Das Programm lässt über einem im Raum platzierten Lautsprecher einen Sinus-Sweep durchführen. Dies wird mittels eines Messmikrofones, genutzt wurde ein Microtech Gefell MV220 mit einer MK 250 Kapsel, aufgenommen, wieder zurück in das Programm geleitet und dann ausgewertet. Dafür wurden sechs verschiedene Messpunkte gewählt. Diese sind ebenfalls in Abb. 18 gekennzeichnet. Messpunkte 1 und 2 befinden sich in Richtung Schlagzeug gesehen rechts, einmal 0,1m über dem Boden und einmal in Höhe von 1,6m. Messpunkt 3 ist in der Mitte an der Wand mit ebenfalls einer Höhe von 1,6m. Messpunkte 4 und 5 sind so ausgerichtet wie Messpunkt 1 und 2 nur in der linken Ecke. Der 6. Messpunkt ist in der Mitte und 4,5m vom Schlagzeug entfernt und hat eine Höhe von 1,6m. Der Lautsprecher befindet sich an der Position, an der später auch das Schlagzeug steht. Die Ergebnisse der Messung sind in Abb. 18 in grafischer Form und in Tab. 3 in tabellarischer dargestellt.

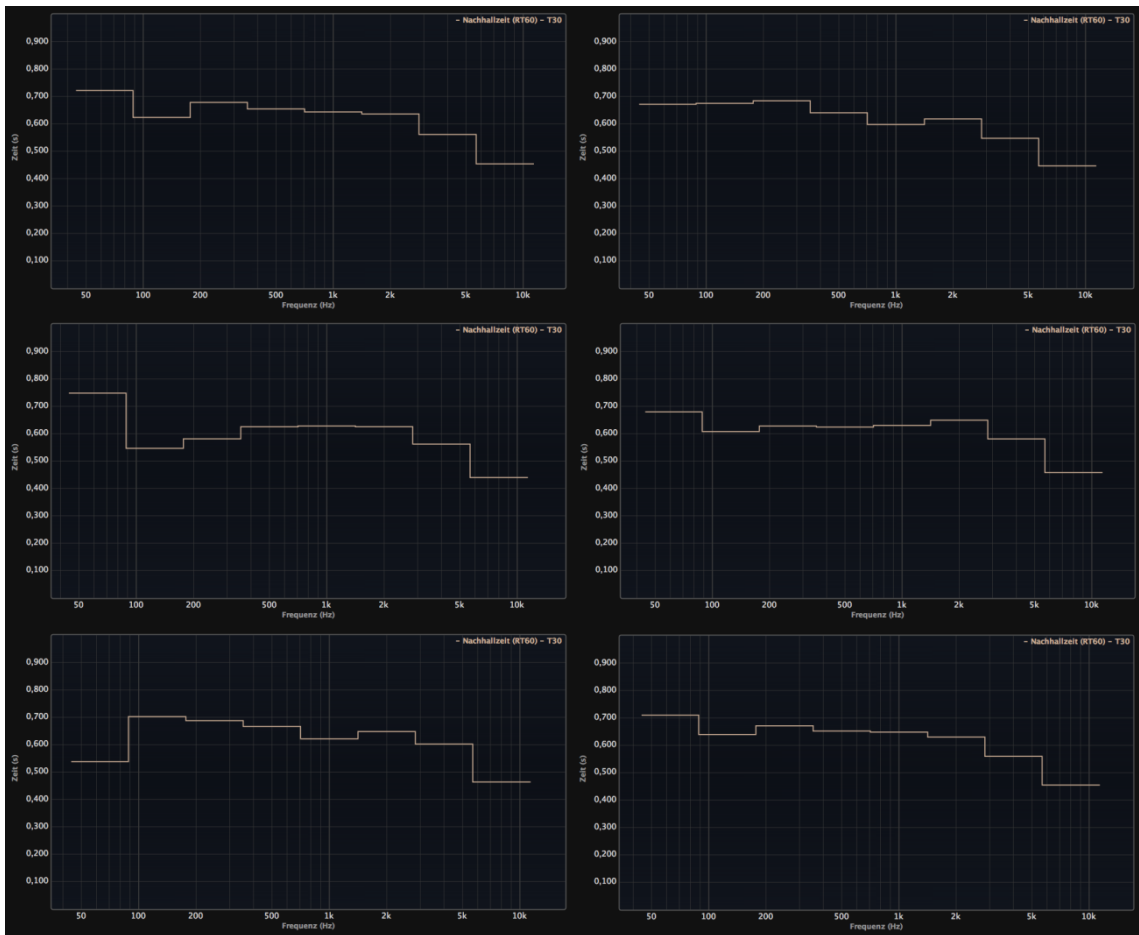


Abb. 18: Nachhallzeit-Messung (eigene Darstellung 2017)

Fre- quenz (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Linear
MP1 T_{60} (s)	0,722	0,624	0,679	0,654	0,644	0,636	0,561	0,454	0,638
MP2 T_{60} (s)	0,672	0,675	0,684	0,640	0,598	0,618	0,547	0,447	0,617
MP3 T_{60} (s)	0,748	0,546	0,581	0,625	0,628	0,625	0,562	0,440	0,592
MP4 T_{60} (s)	0,679	0,608	0,628	0,624	0,630	0,649	0,581	0,458	0,622
MP5 T_{60} (s)	0,538	0,702	0,688	0,666	0,621	0,648	0,602	0,464	0,636
MP6 T_{60} (s)	0,710	0,639	0,671	0,652	0,648	0,630	0,560	0,455	0,606
Mittel- wert T_{60} (s)	0,678	0,632	0,662	0,644	0,628	0,634	0,596	0,453	0,619

Tab. 3: Nachhallzeit-Messung (eigene Darstellung 2017)

Die Nachhallzeit T_{60} liegt also im linearen Mittelwert bei 0,619 s. Man sieht, dass die Rechnung mit einem Wert von 0,64 s davon leider leicht abweicht, dies kann an natürlich auftretenden Messfehlern liegen. Durch die verschiedenen Gegenstände im Raum und der vorhandenen Gobos war eine hundertprozentige Definition des Absorptionsvermögens nicht möglich. Außerdem tritt in den oberen Frequenzen noch eine Pegelminderung durch die Luftabsorption ein. Der Wert ist jedoch nah an dem Messwert, wodurch man dies als bestätigt ansehen kann. Starke Unterschiede der Nachhallzeit treten im Frequenzbereich hauptsächlich in den tiefen Frequenzen auf. So sieht man bei dem 63 Hz-Frequenzband einen maximalen Unterschied von 0,21 s. Dieser Unterschied ist auf Raummoden zurück zu schließen. Während bei Messpunkt 3 ein Maximum der stehenden Welle ist, ist bei Messpunkt 5 ein Minimum.

Ein weiterhin wichtig zu ermittelnder Wert ist der Hallradius. Die Raummikrofone müssen außerhalb des Wertes stehen, damit sie das Diffusfeld aufzeichnen. Für den verwendeten Raum ergibt sich für den Hallradius r_H **(5)** folgendes:

$$r_H = 0,057 \sqrt{\frac{182,3m^3}{0,62s}} = 0,98m$$

Durch eine gerichtete Schallquelle oder ein gerichtetes Mikrofon kann sich dieser aber noch vergrößern. Daher wurde das am nächsten platzierte Raummikrofon auf eine Entfernung von 4,50m positioniert. Dies wurde mittels einer Klein-AB mit einer Mikrofonbasis von 25 cm realisiert.

Es ist somit exakt am Messpunkt 6 der Raummessung aufgestellt. Als Mikrofone wurden dabei zwei Sennheiser MKH 8040 verwendet. Zusätzlich wurden in den beiden Raumecken, wo sich Messpunkt 1 und 4 befanden, zwei Beyerdynamic MPC 50 Grenzflächenmikrofone gelegt, welche dann als Groß-AB fungierten.

Nach der Messung wurde das Drumset aufgebaut. Die Basedrum und Tom Toms sind von der Sonor Designer Series Maple Light. Die Tom Toms sind 10“ bzw. 14“ groß. Der Kessel besteht aus 9 Schichten und hat eine Stärke von ca. 6,7 mm. Die 9 Schichten setzen sich aus drei 3-lagigen Schichten Ahorn zusammen. Als Felle wurden Remo Ambassador Coated genutzt. Die Basedrum ist 22“ groß und besteht aus vier 3-lagigen Schichten Ahorn. Die insgesamt 12 Schichten sind ca. 8,8 mm dick. Das genutzte Fell ist ein Remo Powerstroke P3 Clear. Die Snaredrum ist von Orange County Drums and Percussion und besitzt einen Durchmesser von 14“. Sie besitzt insgesamt 12 Schichten Ahorn. Als Fell diente das Remo Ambassador Coated. Die HiHat-Becken sind Sabian AAX Stage Hat's 14“. Sie bestehen aus einer B20-Bronze-Metalllegierung, also 80% Kupfer und 20% Zinn.

Das Crash-Becken ist ein Zildjian ZBT-Crash und ist ebenfalls 14“ groß. Die Legierung ist aus B8-Bronze. Das letzte Teil des verwendeten Schlagzeugs ist das Sabian AA Medium Heavy Ride-Becken. Es hat eine Größe von 21“ und besteht aus einer B20-Legierung.

Nach dem Aufbau des Schlagzeuges wurden alle einzelnen Schallquellen mikrofoniert. Dies alles wurde so, wie in einer normal üblichen Aufnahme umgesetzt. Für die Snare-drum wurden zwei Shure SM57 für Top und Bottom genutzt. Die Basedrum wurde mit einer Shure Beta 91 Grenzfläche als Innenmikrofon und einem Sennheiser e602 als Außenmikrofon versehen. Für die Mikrofonierung der Toms wurde jeweils ein Sennheiser MD421 genutzt. Die HiHat wurde mittels eines Shure SM7B abgenommen. Das Crash- und Ride-Becken erhielten jeweils ein AKG C451c. Eine Abweichung gegenüber einer üblichen Mikrofonierung sind die fehlenden Overhead-Mikrofone. Die direkte Mikrofonierung des Schlagzeugs soll aber zur Abnahme der direkten Signale der Einzelschallquellen dienen und so wenig wie möglich Raumanteil enthalten.

Daraufhin wurde das Drumset gestimmt und die Mikrofone eingepegelt. Als Vorverstärker (Preamps) dienen für die Raummikrofone API 312/528 Preamps und für die Einzelmikrofone wurden Telefunken V672 Preamps genutzt. Die Aufzeichnung erfolgte mittels eines ProTools 8 HD-Systems.

Die Aufnahme wurde von 2 Personen umgesetzt. Dafür wurden jeweils einzeln 10 Samples von allen Einzelschallquellen eingespielt. Es wurden jeweils die Einzelsignale und die Raumsignale aufgezeichnet.

3.2 Reproduktion der Raumaufnahmen mit Hallgeräten

Nachdem die Raumaufnahmen abgeschlossen wurden konnten die aufgezeichneten Direktsignale in Hallgeräte eingespeist werden und somit künstliche Räume simulieren. Dafür wurden drei verschiedene Hallgeräte genutzt. Ein TC Electronic M3000, ein Eventide H3000SE und ein Lexicon 480L.

Das TC Electronic M3000 ist ein digitales Effektgerät, welches auf der Grundlage digitaler Algorithmen arbeitet. Das Gerät besitzt über 500 Presets, welche noch zusätzlich geändert werden können. Für die Raumsimulation des Drumsets wurde das Preset „Studio Drum Ambiance“ genutzt. Als Parameter wurde die Nachhallzeit unter „Decay“ mit 0,62 Sekunden angegeben. Außerdem wurde mittels des Parameters „EarlyLev“ der Ausgangspegel der ersten Reflexionen auf -2 dB geregelt. Das „RevLev“, also der Pegel der Hallfahne wurde auf -1 dB eingestellt. Der „Mix“-Parameter wurde auf 100% gestellt und das „Out Level“ wurde mit 0 dB angegeben.

Das Eventide H3000 SE ist das zweite Gerät, welches genutzt wurde. Es ist ebenfalls ein digitales Effektgerät, welches mit digitalen Algorithmen arbeitet. Dabei handelt es sich aber nicht nur um ein Hallgerät sondern einen Harmonizer, der neben der Möglichkeit Halleffekte zu erschaffen noch viele andere Sound-Design Möglichkeiten bietet. Als Grundlage wurde hier das „Crass Room“-Preset gewählt. Der „Predelay“ wurde bei 0 ms belassen. Der Parameter „Rev Time“ dient zur Angabe der Nachhallzeit mit 0,62 Sekunden. Mit Hilfe von „High Cut“ ist es möglich hohe Frequenzen zu verringern. Die Angabe ist von 0-100% möglich. In diesem Beispiel wurde der Parameter auf 25% gesetzt. Über „Size“ ist es möglich, die empfundene Raumgröße 0-100% anzupassen.

Der Wert wurde auf 80% gesetzt. Über „Position“ lässt sich die Position des Hörers über ein Icon simulieren. Durch „Pan“ lässt sich dies auch von links nach rechts einstellen. Der Hörer wurde mittig im hinteren Bereich platziert. Mittels „Early Mix“ kann die Art der ersten Reflexionen von 0-100% beeinflusst werden. Der Parameter wurde mit 32% angegeben. Die Diffusion lässt sich auch in %-Werten angeben und wurde auf 52% festgelegt. Der „Mix“-Parameter wurde auf 100% belassen.

Das letzte verwendete Hallgerät ist das Lexicon 480L. Es ist ebenso wie die vorgehenden Geräte ein digitales Effekt System und arbeitet mit Hilfe digitaler Algorithmen. Es ist das wohl bekannteste Hallgerät. Als Preset dient in diesem Gerät „Medium Room“. Die Nachhallzeit ist mittels des Parameters „RT Mid“ definierbar. Der Parameter wurde auf 0,62s eingestellt. Mittels der Parameter „Shape“ und „Spread“ kann man die allgemeine Raumwirkung des Nachhalls ändern. Sie wurden auf 25 und 10 eingestellt. Über „Size“ kann man die Raumgröße einstellen. Dabei wird die längste Raumabmessung in Metern angegeben. Der Parameter wurde auf 12 m gestellt. Weitere Parameter sind „HF Cut-off“ wodurch ein 6 dB pro Oktave Tiefpass-Filter bei der angegebenen Frequenz eingesetzt wird. Dieser wurde auf dem Standardwert von 7181 Hz belassen. Zusätzlich ist es möglich über „Pre-Delay“ eine Verzögerung zwischen Eingangssignal und dem Nachhall einzustellen. Der „Pre-Delay“ wurde auf 0 ms gesetzt. Mittels „Bass Mult“ kann die Nachhallzeit für tiefe Frequenzen vervielfacht werden. Der Wert wurde auf 1,1 festgelegt. Durch das Nutzen von „Crossover“ kann man die Übergangsfrequenz zwischen der tieffrequenten und der mittleren Nachhallzeit anpassen. Dieser wurde mit 780 Hz gewählt. Über „RT HF Cut“ kann man die Frequenz einstellen ab der der Schall schneller abnimmt. Dafür wurde die Standardfrequenz bei 3784 Hz genutzt. Durch „Diffusion“ lässt sich die Diffusion einstellen, wobei der Wert mit 50 angegeben wurde. „Decay Opt“ bietet die Möglichkeit Effekte über den Nachhall zu legen, dafür wurde der Standardwert verwendet. Als letzten Parameter lässt sich mittels „Wet/Dry Mix“ der Anteil des Originalsignals einstellen, er wurde auf „All Fx“ gestellt.

3.3 Umsetzung des Hallraumes durch Plugins

Zusätzlich wurde der Hallraum durch Plugins umgesetzt. Dies geschah mittels der Plugins 2C-Audio Aether, Waves TrueVerb, Waves H-Reverb, Hofa IQ-Reverb und ein über Impulsantwort generierter Hallraum ebenfalls mit Hilfe des Hofa IQ-Reverb-Plugins.

Das 2C-Audio Aether-Plugin arbeitet ebenso wie die vorangegangenen Hallgeräte auf der Basis von Algorithmen. Die Nachhallzeit wurde unter dem Parameter „Time“ wieder mit 0,62 Sekunden angegeben. Es ist außerdem möglich die ersten Reflexionen und den generellen Nachhall einzeln einzustellen. So lässt sich der Nachhall durch Einstellungen von Equalizern gut an den natürlichen Raum anpassen. Dies geschah hier mit der Verminderung auf ca. 68% ab 4,5 kHz. Die weiteren Einstellungen sind aus der Abb. 19 zu entnehmen.



Abb. 19: **Einstellungen 2C-Audio Aehter** (eigene Darstellung 2017)

Für das Waves TrueVerb-Plugin wurden die Einstellungen wie in Abb. 20 zu erkennen gewählt. Die Nachhallzeit ist unter „Decay Time“ mit 0,6 Sekunden angegeben worden. Die Raumgröße ist mit dem Volumen von 182 m³ angegeben. Weiterhin ist es möglich die natürliche geringere Nachhallzeit in den höheren Frequenzbereich, hierbei die 0,5-fache ab ca. 5600Hz, einzustellen. In den tieferen Frequenzen ab 337 Hz wurde die Nachhallzeit um das 1,2-fache erhöht.



Abb. 20: **Einstellungen Waves Trueverb** (eigene Darstellung 2017)

Das dritte genutzte Plugin ist das Waves H-Reverb. Das Plugin arbeitet mit Hilfe der „Finite Impulse Response“ (kurz FIR-) Technologie.



Abb. 21: Einstellungen Waves H-Reverb (eigene Darstellung 2017)

Dies soll im Gegensatz zu der meist verwendeten Faltungshall-Technologie „Infinite Impulse Response“ Klangfärbungen mittels der Kammfiltereffekte, die durch die verwendeten Feedback-Loops zustande kommen, verhindern. Das Plugin arbeitet allerdings nicht samplebasiert, wie die meisten Faltungshall-Plugins, sondern ebenfalls wie die vorangegangenen Plugins, auf algorithmischer Basis. Die verwendeten Einstellungen sind der Abb. 21 zu entnehmen.

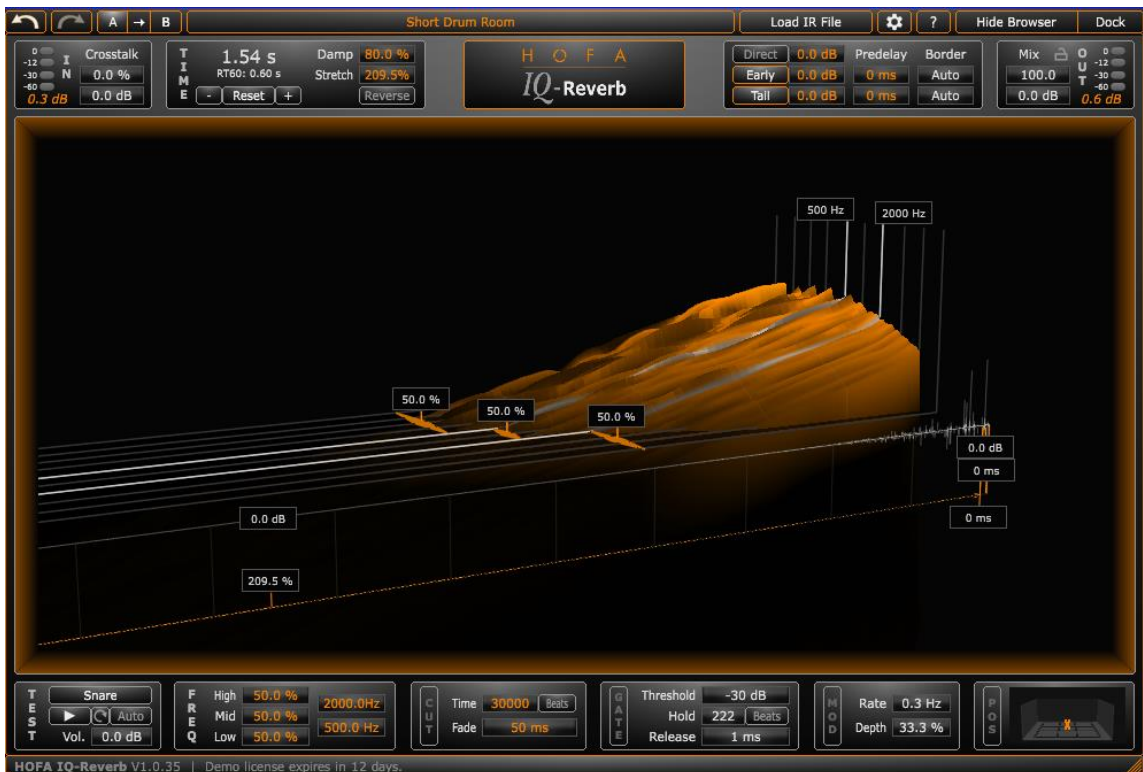


Abb. 22: Einstellungen Hofa IQ-Reverb Preset (eigene Darstellung 2017)

Zusätzlich wurde der Hallraum mittels des Hofa IQ-Reverbs erstellt. Er beruht wiederum auf der Faltungstechnologie und arbeitet samplebasiert. Details über die Einstellungen sind aus Abb. 22 zu entnehmen. Die Nachhallzeit wurde mit 0,6 Sekunden angegeben. Die vorgefertigte Impulsantwort „Short Drum Room“ wurde dazu verwendet. Um einen möglichst ähnlichen Klang zu erhalten wurde sie auf 80 % gedämpft und um ca. 210 % gestreckt.

Außerdem bietet dieses Plugin die Möglichkeit eigene Impulsantworten zu laden. Somit konnten die mittels der Raummessung erzeugten Impulsantworten geladen werden. Diese wurden in den gleichen Teilen, wie die originalen Raumaufnahmen zusammen gemischt. Eine Veranschaulichung dazu ist in Abb. 23 zu sehen. Nach dem Laden der Impulsantworten wurden in dieser Umsetzung die Standardeinstellungen belassen, da es sich um die Impulsantworten des originalen Raumes handelt.

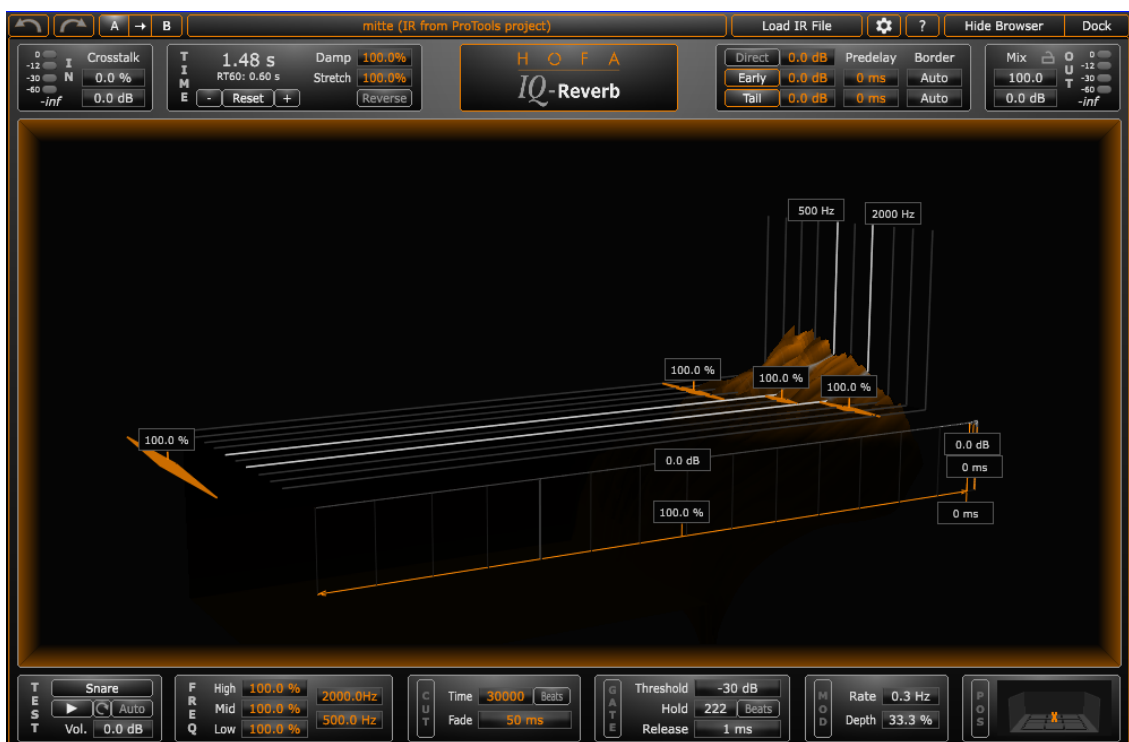


Abb. 23: Einstellungen Hofa IQ-Reverb Impulsantwort (eigene Darstellung 2017)

4 Beurteilung der verschiedenen Umsetzungen

Um die verschiedenen Umsetzungsarten bewerten zu können, werden drei verschiedene Möglichkeiten genutzt. Einerseits die messtechnische Beurteilung mittels einer Frequenzanalyse durch eine Hold-Darstellung und eine Analyse mittels eines Lautheitshistogramms, andererseits die eigene Beurteilung nach den verschiedenen Gesichtspunkten des Frequenzbereiches aber auch den räumlich und zeitlichen Unterschieden. Als letztes wird in diesem Kapitel die generelle Bewertung der verschiedenen Arten mittels einer Umfrage ausgewertet.

4.1 Messtechnische Beurteilung

Um die Unterschiede der erschaffenen Hallräume zu beurteilen wurden die Signale mittels einer FFT (Fast Fourier Transform)-Frequenzdarstellung durch den Hofa IQ-Analyser verglichen. Die x-Achse zeigt die Frequenz in Hz und die y-Achse zeigt den Schallpegel in dB. Die Signale wurden in jeweils zwei verschiedene Diagramme aufgeteilt, da andernfalls das Diagramm sehr undurchsichtig geworden wäre. Die Kurven werden auf Grund der Übersichtlichkeit in verschiedenen Farben dargestellt. Sie befinden sich jeweils als Legende an der jeweiligen Abbildung.

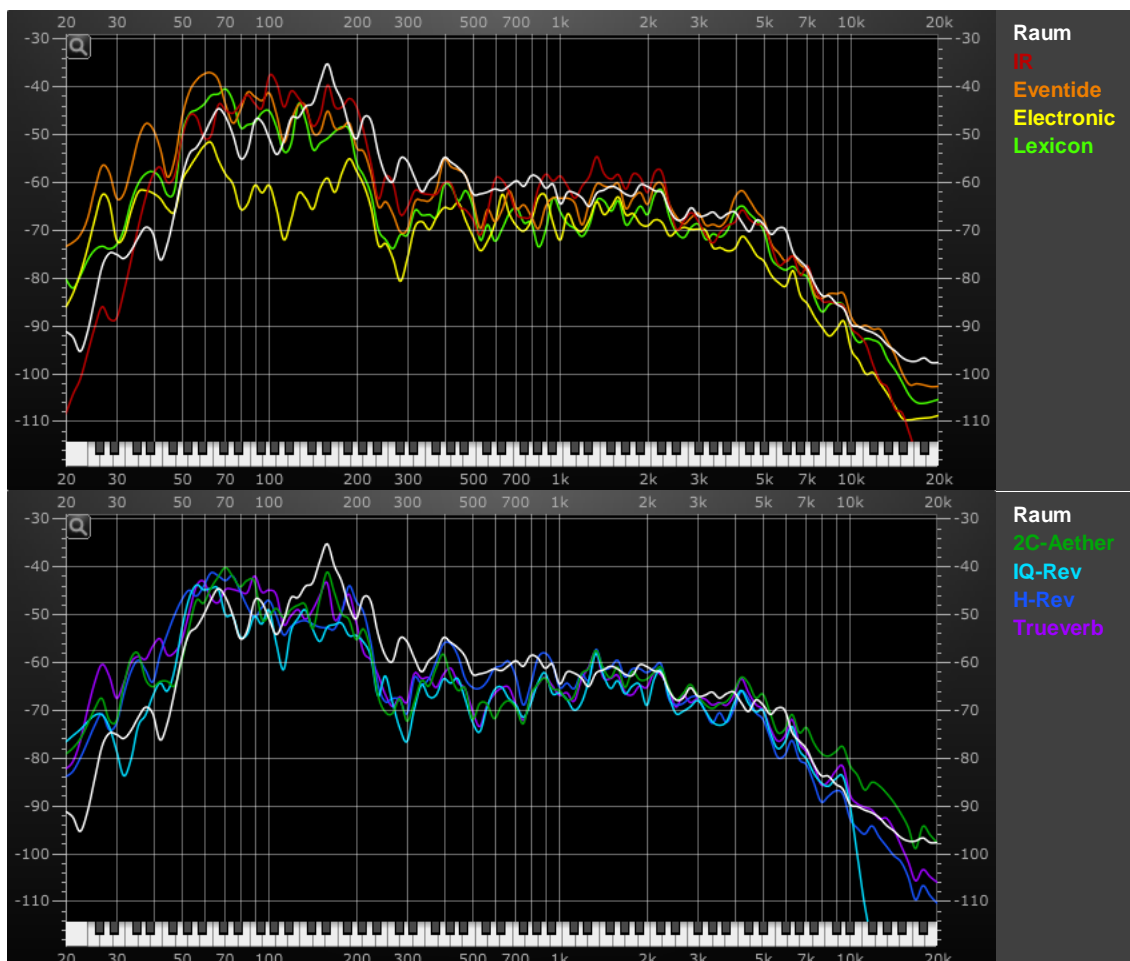


Abb. 24: FFT-Frequenzdarstellung Basedrum (eigene Darstellung 2017)

Das „Raum“ steht für die originale Raumaufnahme, „IR“ ist die Umsetzung durch die Impulsantwort mittels des Hofa IQ-Reverbs, „Eventide“ steht für das Eventide H3000SE Effektgerät, „Electronic“ entspricht dem TC Electronic M3000, „Lexicon“ zeigt die Kurve des Lexicon 480L an. In den anderen Diagrammen sind zusätzlich die Kurven des 2C-Audio Aether (2C-Aether), des Hofa IQ-Reverb (IQ-Rev), Waves H-Reverb (H-Rev) und Waves Trueverb (Trueverb) Plugins zu finden.

Abb. 24 zeigt die verschiedenen maximalen Frequenzverläufe des jeweiligen Hallraums für das Basedrum-Sample. Besonderheiten lassen sich hier vor allem im tieffrequenten Bereich finden. Am meisten vom Originalverlauf weicht die Raumsimulation des TC Electronic ab, sein Frequenzverlauf ist in den tiefen Frequenzen nur ein wenig stärker ausgeprägt als in den Mitten und ist somit in den Tiefen zu gering gestaltet. Außerdem fällt der starke Abfall des Hofa IQ-Reverbs ab 10 kHz durch einen absehbaren dieser Frequenz, einsetzenden Tiefpassfilter auf. Ab ca. 11 kHz sind gar keine Frequenzen mehr vertreten. Ähnlich flacht die Impulsantwort des Hofa IQ-Reverbs ab 10 kHz ab, jedoch nicht so stark. Die starke Ausprägung bei ca. 180 Hz des Originalraums gibt keine Simulation so stark wieder. Es sind dort aber vor allem bei der Simulation mittels des 2C-Aether-Plugins, des Trueverb-Plugins, der Impulsantwort und des Eventides klare Spitzen (Peaks) zu erkennen. Zwei weitere Peaks sind bei ca. 90 Hz und bei ca. 65 Hz zu erkennen. Diese sind bei den meisten Simulationen ebenfalls zu sehen. Manche der Umsetzungen haben diese Peaks leicht verschoben und sie lassen sich bei ca. 100 Hz und ca. 70 oder 60 Hz finden. So zum Beispiel die Umsetzung mittels Impulsantwort, die Simulationen des Eventides, TC Electronic, Lexicon und 2C-Audio Aether. In noch tieferen Frequenzen sind die Raumsimulationen meist stärker ausgeprägt. Vor allem zeigt der Eventide bei ca. 38 Hz und 27 Hz noch starke Ausschläge an. Aber auch die anderen Hallgeräte bzw. -plugins zeigen eine stärkere Ausprägung der Frequenzen unterhalb von 60 Hz als die originale Raumaufzeichnung. Dies kann an der Aufnahme des Direktsignals der Basedrum mittels der gewählten Shure Beta 91 und Senneheiser e602 Mikrofone liegen. Diese bilden den unteren Frequenzbereich stärker ab. Diese Signale wurden in die Geräte bzw. Plugins eingespeist, so kann die geringe Abweichung entstanden sein.

In Abb. 25 werden die Peak-Frequenzverläufe der Snaredrum-Samples dargestellt. Auch hier sind wieder Unterschiede der Simulationen zum Frequenzverlauf der Originalaufnahme zu erkennen. Die Grundfrequenz bei 200 Hz sind jedoch bei jedem Verlauf ungefähr gleich stark ausgeprägt. Während der Verlauf der Originalaufnahme mit zunehmender Frequenz nahezu geradlinig abnimmt, gibt es bei den meisten Umsetzungen um ca. 1,2 kHz eine stärkere Anhebung. Genauso ist bei vielen ein größerer Frequenzanteil um ca. 6 kHz zu erkennen. Bei allen Simulationen nehmen die Frequenzen ab ca. 10 kHz sehr stark ab. In der Kurve des Hofa IQ-Reverbs fällt wieder der einsetzende Tiefpassfilter auf. Im tieferen Frequenzverlauf sind die Kurven bis ca. 120 Hz wieder sehr ähnlich. Nahezu alle Simulationen haben bei einer Frequenz um 100 Hz nochmals eine kleine Anhebung. Insbesondere die Pluginsimulationen haben danach einen sehr ähnlichen Verlauf wie die originale Aufnahme.

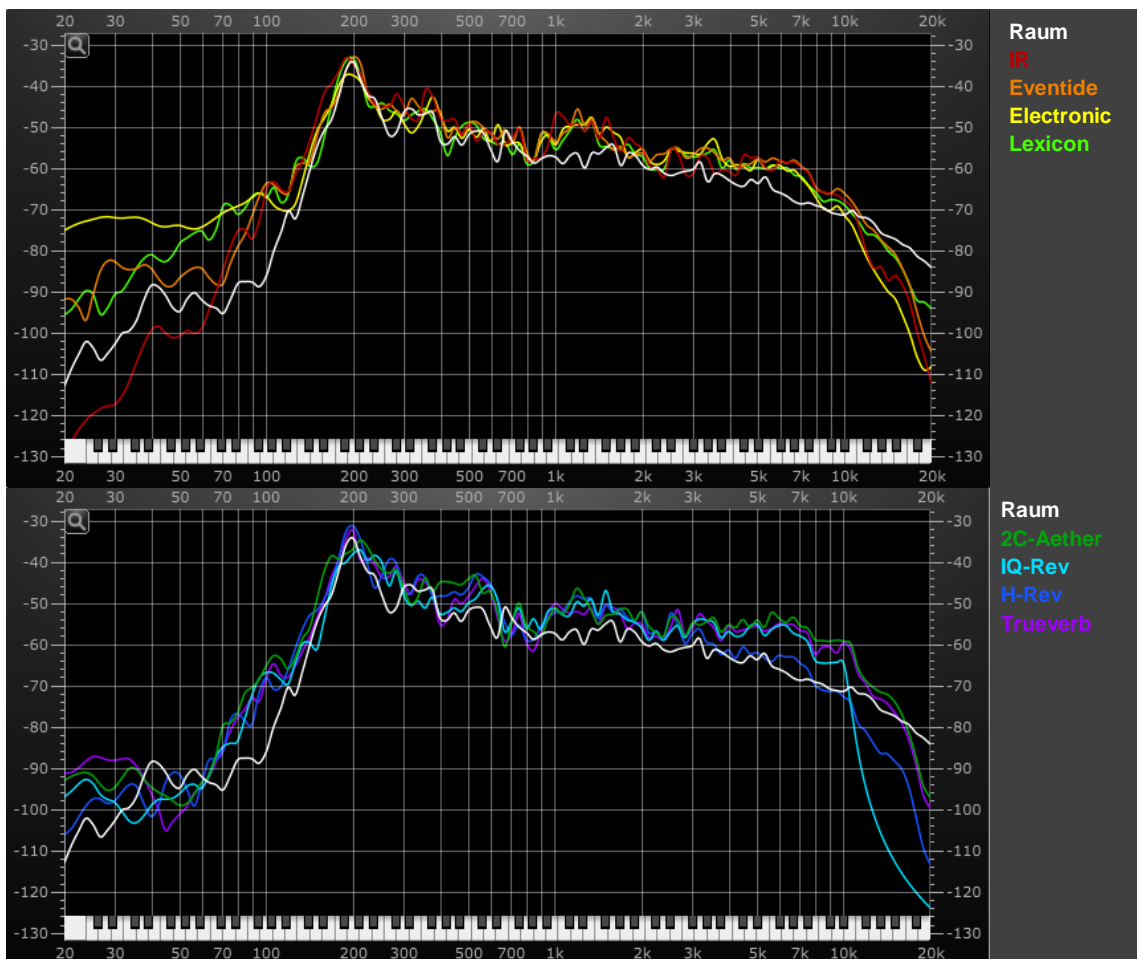


Abb. 25: FFT-Frequenzdarstellung Snaredrum (eigene Darstellung 2017)

Die tiefen Frequenzen bis 32 Hz sind in den Plugin-Simulationen wieder stärker vorhanden. Die Umsetzung mit Hilfe der Impulsantwort des Raumes bildet die Frequenzen unter ca. 75 Hz gar geringer ab. Die Raumerzeugung des Eventide H3000SE reproduziert die Frequenzen unterhalb von 40 Hz stärker. Der Frequenzverlauf des vom Lexicon 480L erzeugten Hallraumes hat ab ca. 150 Hz einen ungefähr geradlinigen Abfall, wobei die Frequenzen jedoch immer einen leicht größeren Pegel als die des Originalraumes besitzen. Der Verlauf des TC Electronic Hallraumes weicht von dem des Lexicon Raumes ab 60 Hz ab und besitzt bis 20 Hz für jede Frequenz ungefähr den gleichen Pegel.

Aus Abb. 26 sind die Frequenzverläufe der Hallräume des Samples der ersten Tom zu entnehmen. Die Hauptfrequenz ist bei ca. 170 Hz zu sehen. Sie ist bei fast allen Hallräumen nahezu gleichstark vorhanden. Lediglich die Hallräume des Lexicon 480L, des Hofa IQ-Reverbs und des Waves H-Reverbs haben an der Stelle kein Maximum. Der Peak des 480L liegt bei ca. 190 Hz, ebenso wie das, des IQ-Reverbs. Der H-Reverb hat seine Hauptfrequenz hingegen bei ca. 150 Hz. Der Frequenzverlauf in den mittleren Frequenzen ist in allen Simulationen ungefähr ausgeglichen. In den hohen Frequenzen nehmen die künstlichen Hallräume etwas stärker als der Original ab. In den oberen Frequenzen des IQ-Reverbs ist wieder der Tiefpassfilter zu erkennen.

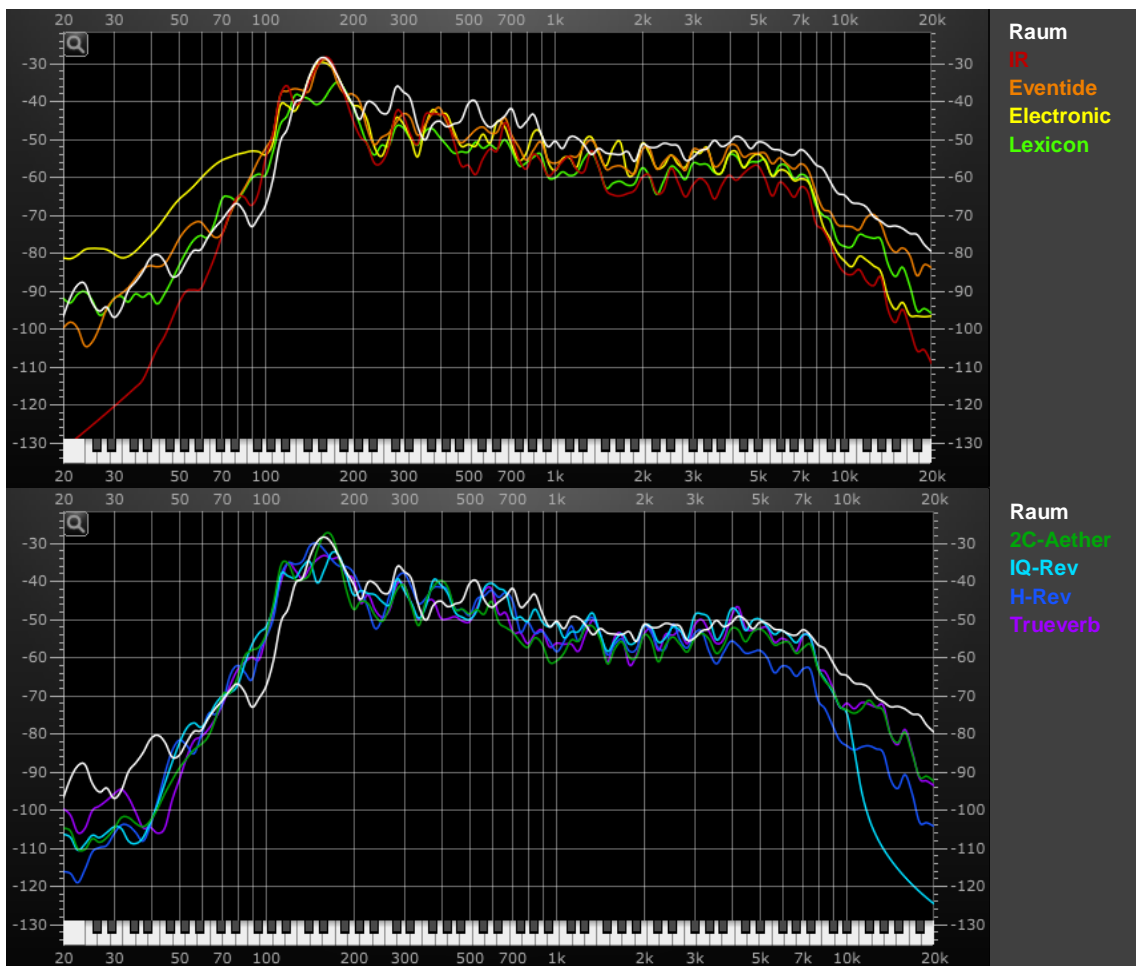


Abb. 26: FFT-Frequenzdarstellung Tom 1 (eigene Darstellung 2017)

Die tieferen Frequenzen weisen im Verlauf des Originalraums starke Peaks bei ca. 80, 40 und 23 Hz auf. Diese Peaks sind auch bei dem H-Reverb stark ausgeprägt. Die Simulationen des Eventides und des Lexicons nehmen in den tiefen Frequenzen nahezu genauso wie die Originalaufnahmen ab. Der TC Electronic hat in den tiefen Frequenzen einen größeren Frequenzanteil als alle anderen Hallräume. Die Simulation mittels Impulsantwort nimmt im Vergleich zu den Anderen in den tiefen Frequenzen stärker ab. Die Pluginsimulationen 2C-Audio Aether, Hofa IQ-Reverb, Waves H-Reverb und Waves Trueverb nehmen im tieffrequenten Bereich ungefähr gleich stark ab. Waves Trueverb hat um ca. 32 Hz aber nochmals einen größeren Peak.

Im Frequenzverlauf der originalen Raumaufnahmen der zweiten Tom, wie in Abb. 27 zu erkennen, ist keine richtige Hauptfrequenz zuerkennen. Im Gegensatz dazu sieht man in allen künstlich hergestellten Hallräumen um 90 Hz einen starken Peak. Dieser ist durch die Einspeisung des Direktsignals in die Hallplugins und -geräte zu erklären. Die Tom hat an dieser Stelle eine Eigenfrequenz und ist im Direktsignal dadurch mit einem großen Pegel vorhanden. Der Frequenzverlauf ist in den mittleren Frequenzen wieder sehr ausgewogen. Ab 90 Hz nimmt der Anteil stark ab. In dem oberen Frequenzbereich nimmt der Frequenzanteil ab 6 kHz rapide ab. Die Frequenzen der Raumsimulationen nehmen im hohen Frequenzbereich stärker als die, der originalen Aufnahme ab.

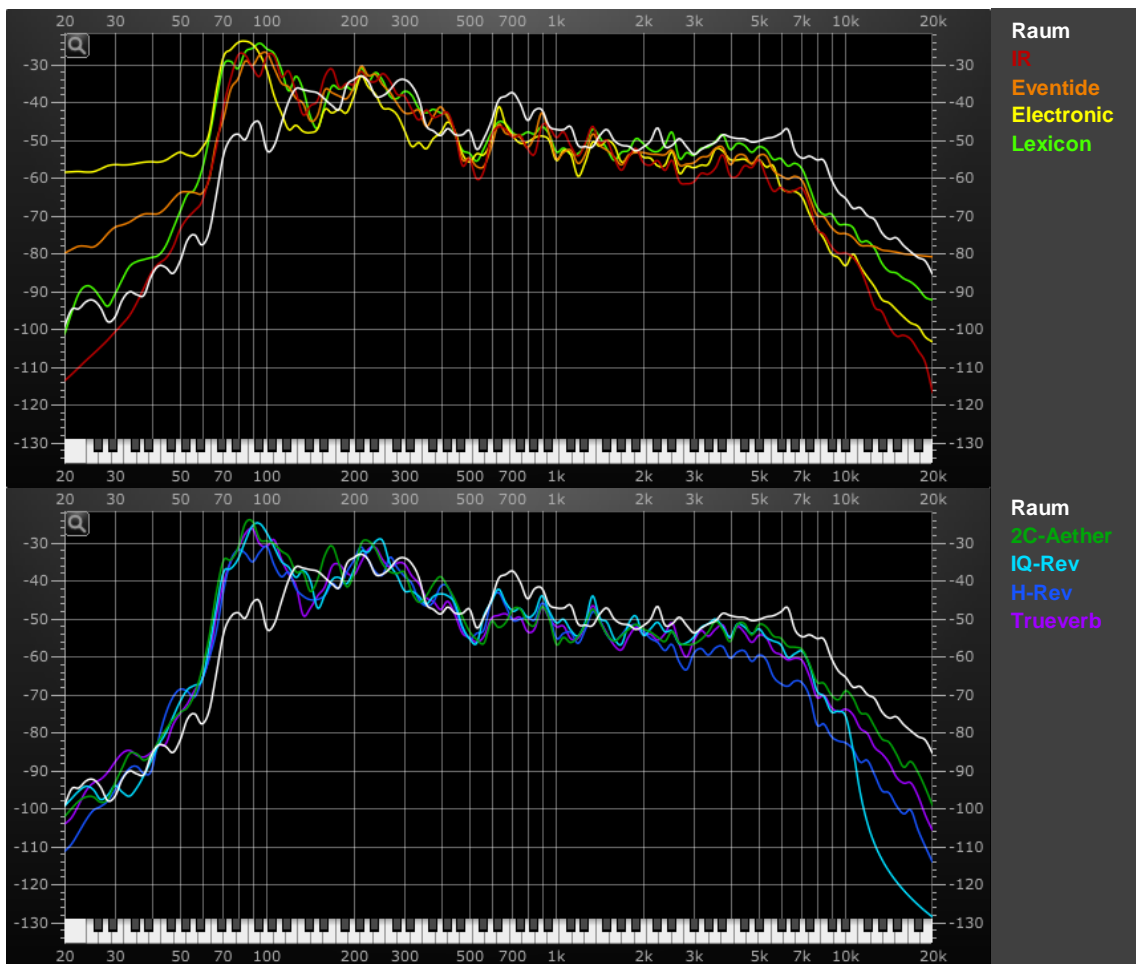


Abb. 27: FFT-Frequenzdarstellung Tom 2 (eigene Darstellung 2017)

Im Verlauf des IQ-Reverbs ist der Tiefpassfilter wieder gut zu erkennen. Die Eventide-Raumsimulation hat ab 13 kHz einen vergleichsweise geradlinigen Verlauf und einen größeren Hochfrequentenanteil. In den tiefen Frequenzen heben sich hauptsächlich die Hallräume der Eventide- und TC Electronic-Simulation von der originalen Aufnahme ab. Der Anteil der tiefen Frequenzen sind beim Eventide leicht erhöht. Der TC Electronic hingegen hat einen nahezu genauso großen Tieffrequenzenanteil wie im Mittenbereich.

In Abb. 28 sind die Frequenzverläufe für das HiHat-Sample zu sehen. In dem Verlauf hebt sich insbesondere der Peak bei ca. 17 kHz der Raumaufnahme hervor. Dieser ist bei keiner der Raumsimulationen zu erkennen. Sie flachen alle ab ca. 10 kHz gleichmäßig ab. In der Darstellung des IQ-Reverbs ist wiederum der Tiefpassfilter zu erkennen. Sonst ähneln sich die Verläufe bis ca. 100 Hz sehr. Danach gibt es in dem Verlauf der Raumaufnahme bei ca. 40 Hz noch ein großes Maximum. Dies ist bei nahezu allen Simulationen auch zu erkennen. Lediglich der H-Reverb hat dort keinen Peak. Bei ca. 29 Hz haben nochmals alle Verläufe einen großen Pegel. Danach fallen die Verläufe der Simulationen stark ab. Der Verlauf der Raumaufnahme hat hingegen bei ca. 22 Hz nochmals einen Peak.

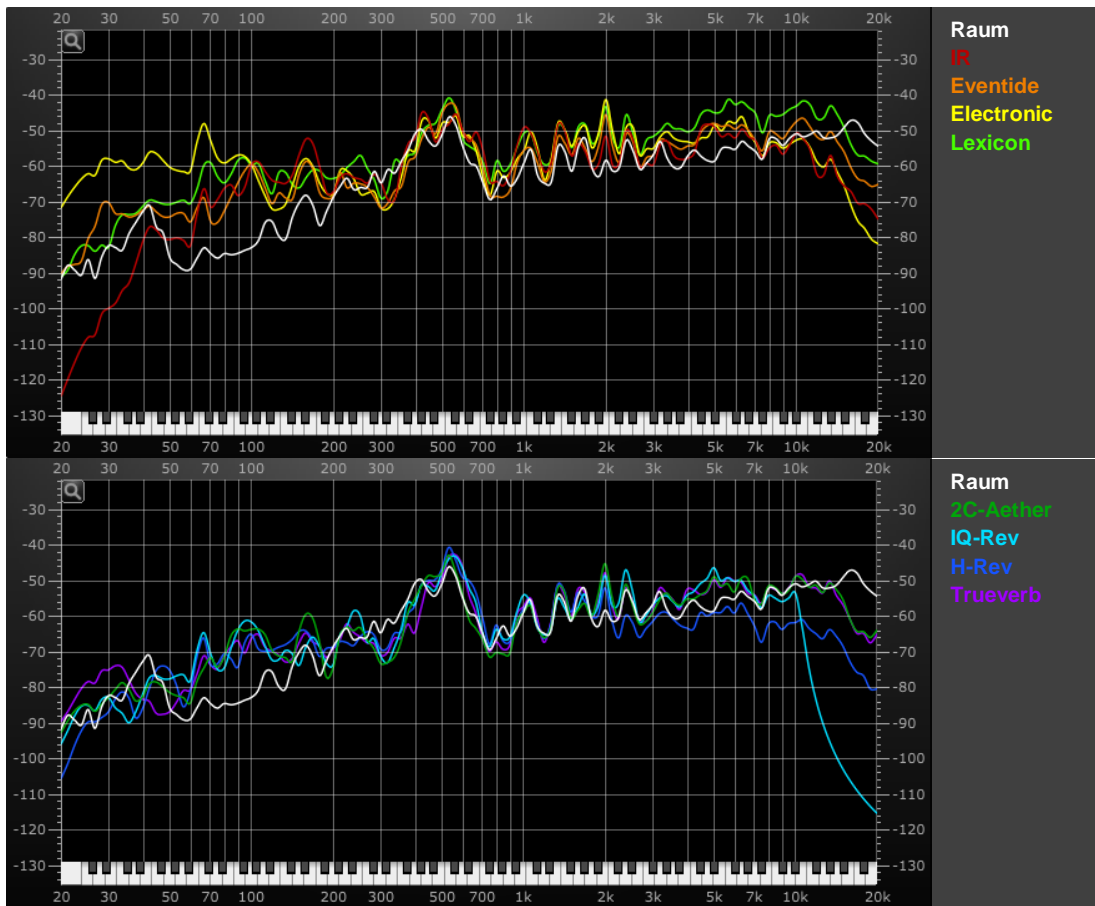


Abb. 28: FFT-Frequenzdarstellung HiHat (eigene Darstellung 2017)

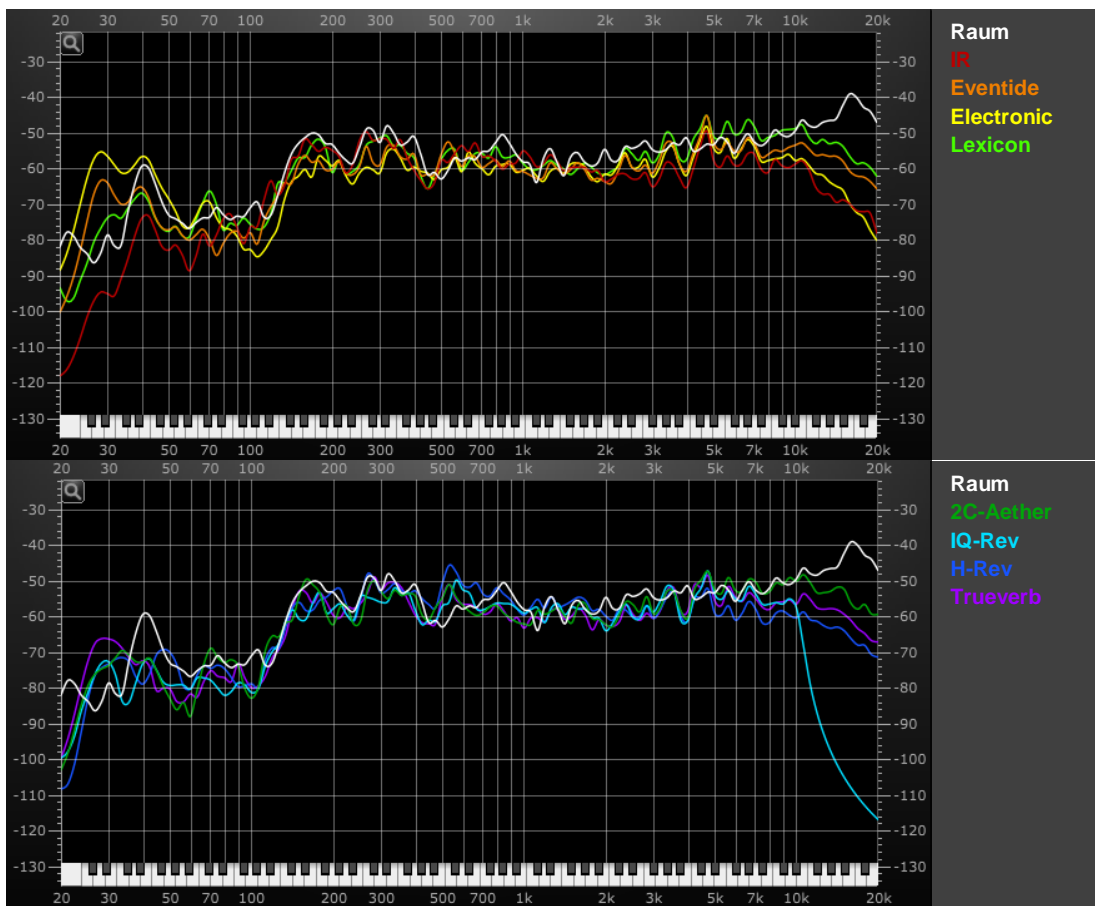


Abb. 29: FFT-Frequenzdarstellung HiHat (offen) (eigene Darstellung 2017)

Die Frequenzverläufe der Hallräume für das Sample mit offener HiHat sind in Abb. 29 zu sehen. In dieser sieht man, dass die Verläufe hier wieder etwas stärker auseinander gehen. Die Hauptfrequenz um ca. 520 Hz haben jedoch alle Hallräume gemeinsam. Vor allem die Hallraumerzeugungen mittels der Hallgeräte haben in den tieferen Frequenzen einen größeren Pegel. Was besonders auffällt sind die Peaks zwischen 60 und 100 Hz die lediglich bei den künstlichen Hallverläufen auftreten. Das Maximum bei ca. 42 Hz existiert bei allen Hallräumen, nur der Trueverb besitzt dieses nicht. Die Frequenzen des TC Electronic sind auch hier im tiefen Frequenzbereich sichtlich stärker ausgeprägt als die, der anderen Hallräume. Die Umsetzung durch die Impulsantwort nimmt in den tiefen Frequenzen wieder vergleichsweise stark ab. Im Bereich der hohen Mitten ist vor Allem der Verlauf des Lexicon-Raumes angehoben. Im oberen Frequenzbereich nehmen die Frequenzen der künstlich erzeugten Räume wieder stärker ab als die, des natürlichen Raumes. Im Verlauf des IQ-Reverbs ist wieder der charakteristische Tiefpassfilter zu erkennen.

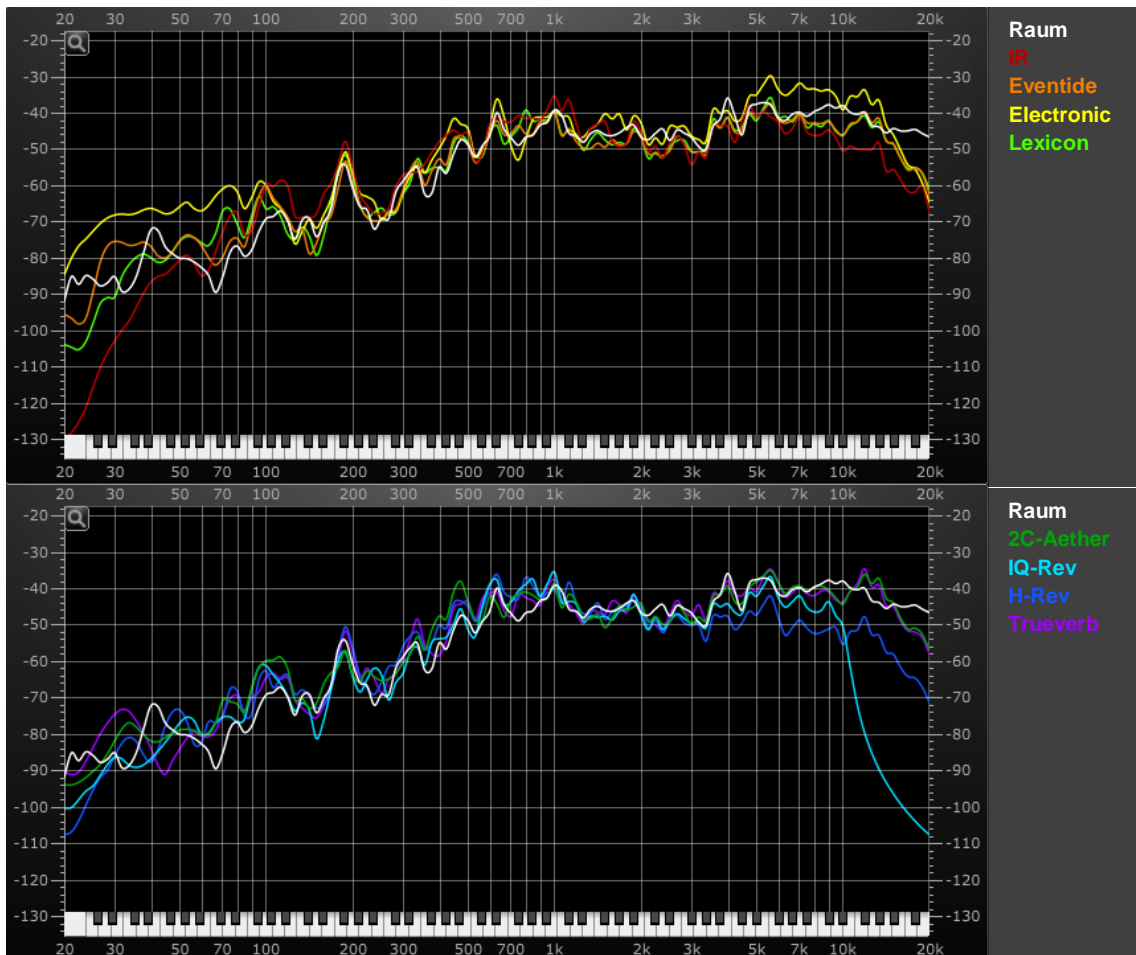


Abb. 30: FFT-Frequenzdarstellung Crash (eigene Darstellung 2017)

Abb. 30 veranschaulicht den Frequenzverlauf der verschiedenen Hallräume für das Crash-Sample. Die Verläufe in den mittleren Frequenzen sind wieder sehr ähnlich. Auffällig ist vor Allem der Peak bei ca. 190 Hz, welcher bei allen Hallräumen ungefähr gleichstark ausgeprägt ist.

In den hohen Frequenzen heben sich die Kurven der Eventide-, IQ-Reverb-, H-Reverb- und Impulsantwort-Simulationen von den anderen ab. Die Frequenzen des Eventide-Hallraumes sind im Bereich von ca. 5-13 kHz mit einem größeren Pegel als bei allen anderen Räumen vertreten. Der Verlauf des IQ-Reverbs zeigt wieder den stark sichtbaren Tiefpassfilter. Die Kurven des H-Reverb- und des Impulsantwort-Hallraumes weisen in dem Bereich einen geringeren Pegel auf. Im Tieffrequenten Bereich heben sich hauptsächlich der TC Electronic und die Impulsantwort von dem Originalverlauf ab. Während der TC Electronic im Bereich von ca. 20-110 Hz einen größeren Pegel besitzt, nimmt der Verlauf der Impulsantwort unter 50 Hz im Pegel sehr stark ab. Der Peak um 40 Hz, welcher im Verlauf des natürlichen Raumes sehr gut zu erkennen ist, ist in keinem der künstlichen Räume zu erkennen.

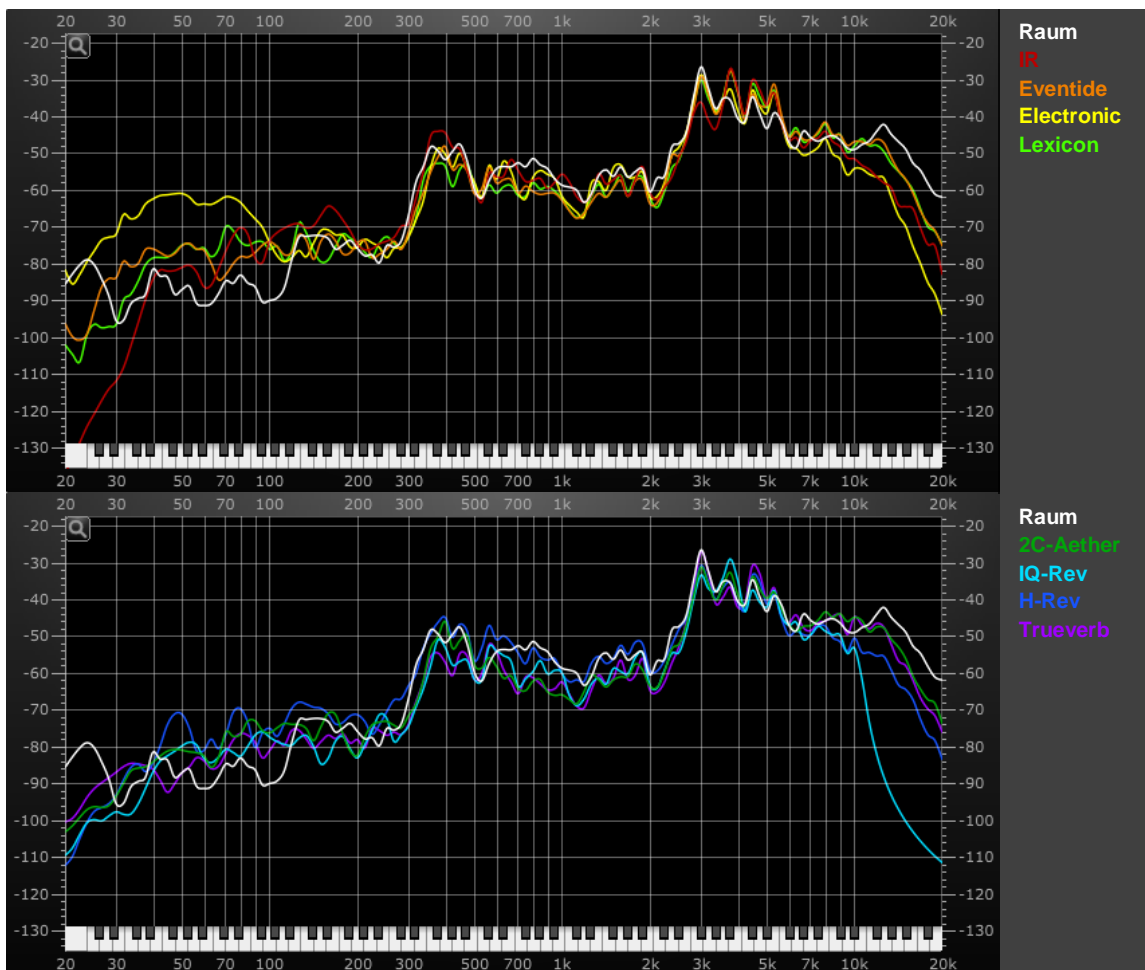


Abb. 31: FFT-Frequenzdarstellung Ride (eigene Darstellung 2017)

In Abb. 31 sind die Frequenzverläufe für das Ridesample zu sehen. Der höchste Pegel ist im Originalverlauf bei ca. 13kHz zu verzeichnen. Dieser Peak ist auch bei den künstlichen Hallräumen zu erkennen. Der Pegel dort ist jedoch nicht so groß. Außerdem nimmt im Frequenzbereich über ca. 15 kHz im Verlauf aller künstlichen Hallräume, der Pegel stärker ab als in dem des natürlichen Raumes. Im Verlauf des IQ-Reverbs erkennt man wiederum den Tiefpassfilter. Bei ca. 2,7 und 3,5 kHz sind in allen Frequenzverläufen deutliche Peaks zu erkennen.

Der Verlauf zwischen 1,5 und 2 kHz ist hingegen im Originalraum mit einem größeren Pegel als in den künstlichen Räumen vertreten. Der Verlauf der Impulsantwort zeichnet von ca. 40 bis 200 Hz einen höheren Pegel ab. Dies ist für die anderen künstlichen Räume unterhalb von 100 Hz ebenfalls zu erkennen. Im Verlauf des TC Electronics sieht man außerdem einen wesentlich höheren Pegel in diesem Bereich. Bei den Frequenzen von ca. 58 und 32 Hz haben sämtliche künstlichen Hallräume nochmals einen Peak, wobei der Originalraum genau an dieser Stelle ein Minimum hat. Lediglich der H-Reverb hat den höheren Peak bei ca. 50 Hz, wo auch der natürliche Raum ein leichtes Maximum hat. Am stärksten nimmt der durch die Impulsantwort erzeugte künstliche Raum ab 30 Hz im Pegel ab.

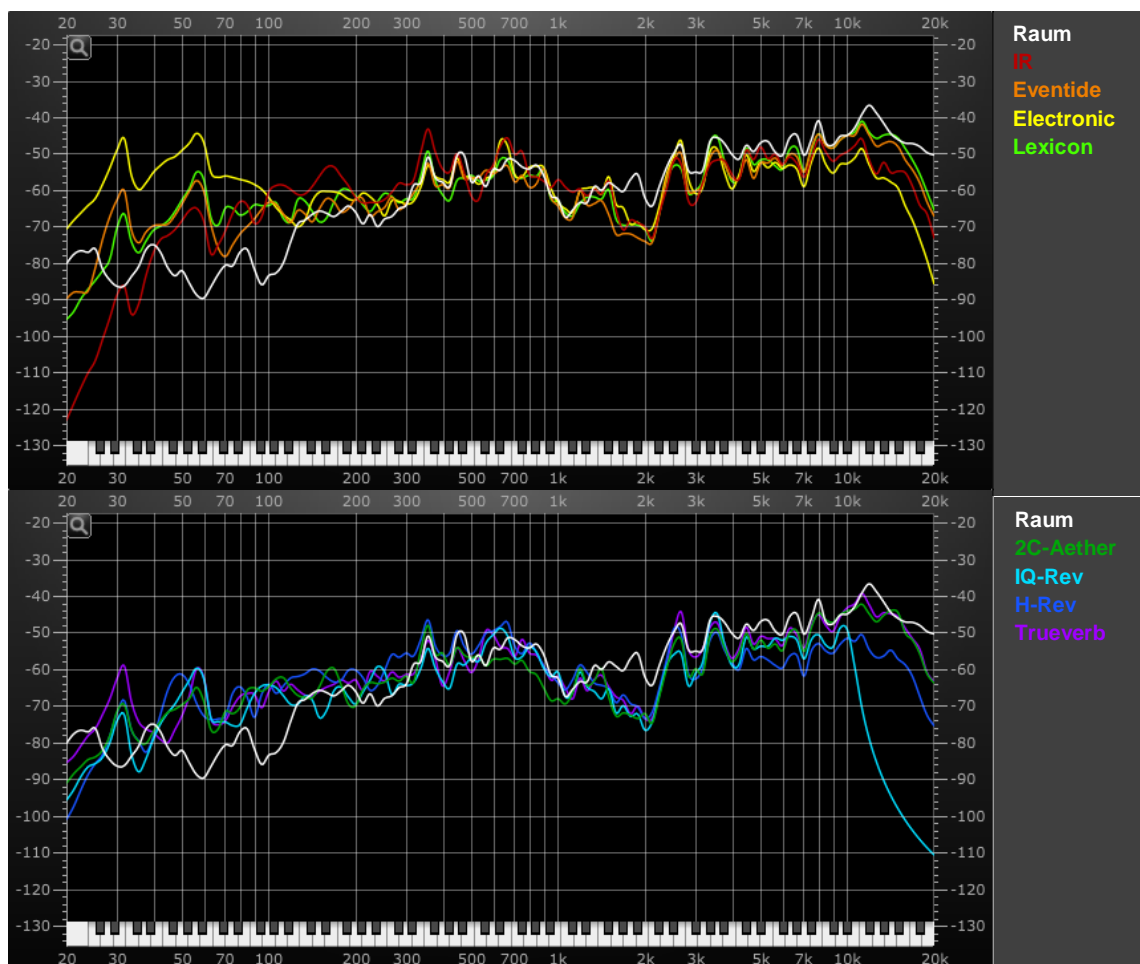


Abb. 32: FFT-Frequenzdarstellung Ride (Bell) (eigene Darstellung 2017)

Die Darstellung der Hallräume für das Ride-Glocken-Sample ist in Abb. 32 zu finden. Im Frequenzverlauf des natürlichen Raumes fallen besonders die vier Peaks bei ca. 3 kHz, 3,8 kHz, 4,5 kHz und 5,2 kHz auf. Sie sind auch in den Verläufen aller künstlich hergestellten Hallräume zu finden. Die drei frequenzmäßig höheren Peaks sind bei den meisten künstlichen Räumen in einem größerer Pegel ausgeprägt als im natürlichen Raum. Ab 10 kHz nimmt dann der Pegel ab. Der Peak des Originalraumes bei ca. 13 kHz ist in keinem künstlichen Hallraum so stark ausgeprägt. In der Kurve des IQ-Reverbs ist wiederum der Tiefpassfilter ab 10 kHz zu sehen.

Im mittleren Frequenzverlauf sind die Kurven aller Räume wieder sehr ähnlich gestaltet. Ab ca. 170 Hz sind wieder größere Unterschiede zu entdecken. Der Hallraum der Impulsantwort zeigt dort einen starken Peak auf, der sonst in keinem der Räume so auftritt. Der Verlauf des TC Electronic ist im Bereich von 25 bis 100 Hz mit einem relativ hohem Pegel versehen. Der Verlauf des H-Reverbs zeigt bei ca. 49 und 78 Hz sehr stark ausgeprägte Maxima. Der Peak des Originalraumes bei ca. 23 Hz wird in keinem der künstlichen Räume ähnlich dargestellt. Im Hallraum, der mittels der Impulsantwort erstellt wurde nimmt der Pegel wiederum ab ca. 38 Hz sehr stark ab.

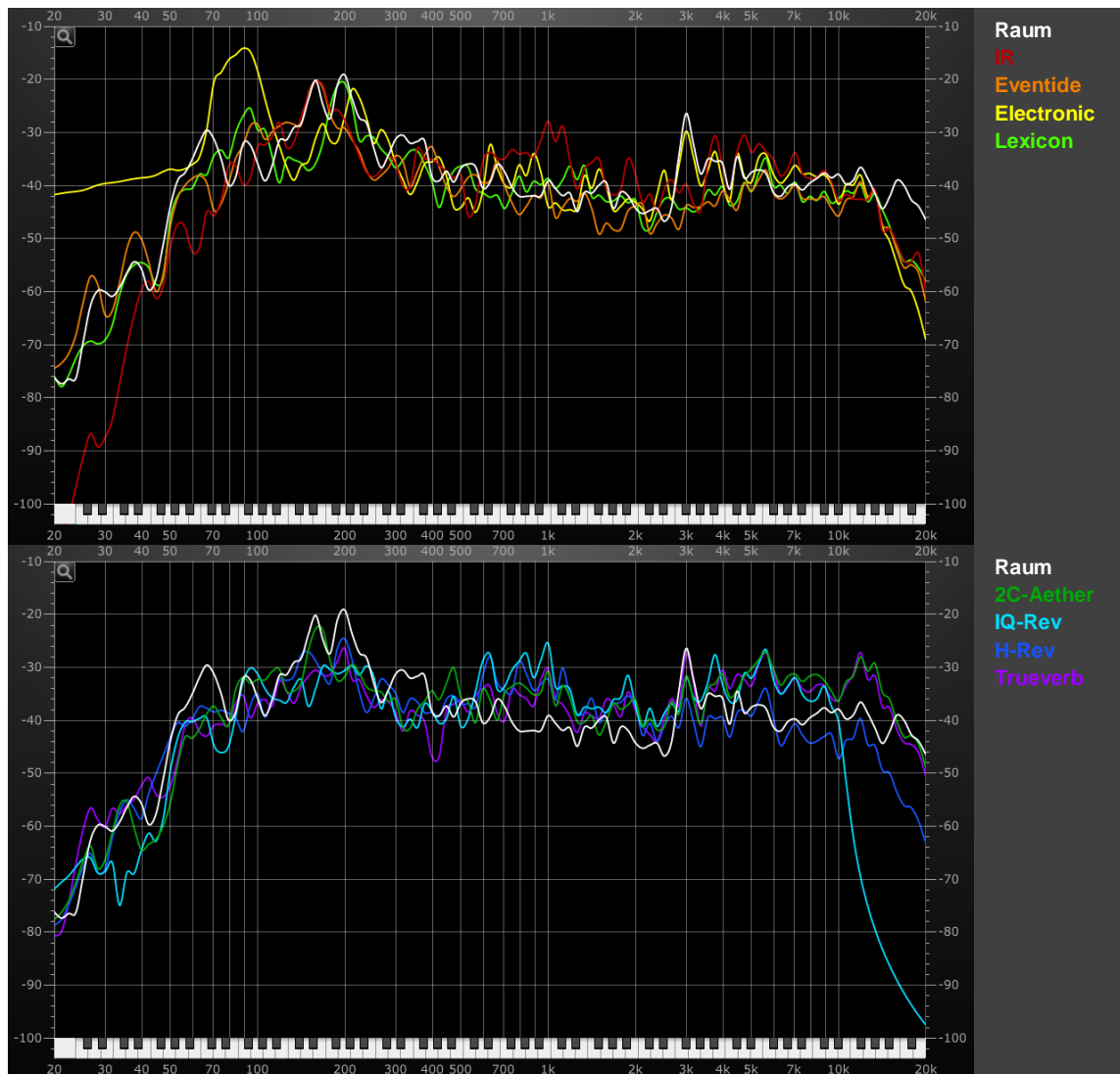


Abb. 33: FFT-Frequenzdarstellung Zusammenfassend (eigene Darstellung 2017)

Zusammenfassend sieht man in Abb. 33, welche die Frequenzverläufe aller Samples insgesamt darstellt, dass bei der Frequenz von 70 bis 100Hz die TC Electronic-Simulation einen stark erhöhten Pegel in ihrem Verlauf aufzeigt. Dies kommt aus der Kombination der verschiedenen Samples zustande. Von 20 bis 50 Hz sieht man diesem Verlauf ebenfalls einen höheren Pegel als in den anderen Hallräumen. Auffällig sind außerdem noch der Verlauf der Impulsantwort, mit dem stark abnehmenden Pegel in den tiefen Frequenzen und der Tiefpassfilter des IQ-Reverbs.

Außer der Bewertung des Frequenzbereich ist zusätzlich die Beurteilung des Verlaufes der Lautstärke wichtig. Dies geschieht mittels der Lautheitshistogramme. Die Werte wurden über das „iZotope Insight“-Plugin ausgelesen und dann in ein Diagramm eingetragen. Dabei ist primär der relative Verlauf der Kurven wichtig.

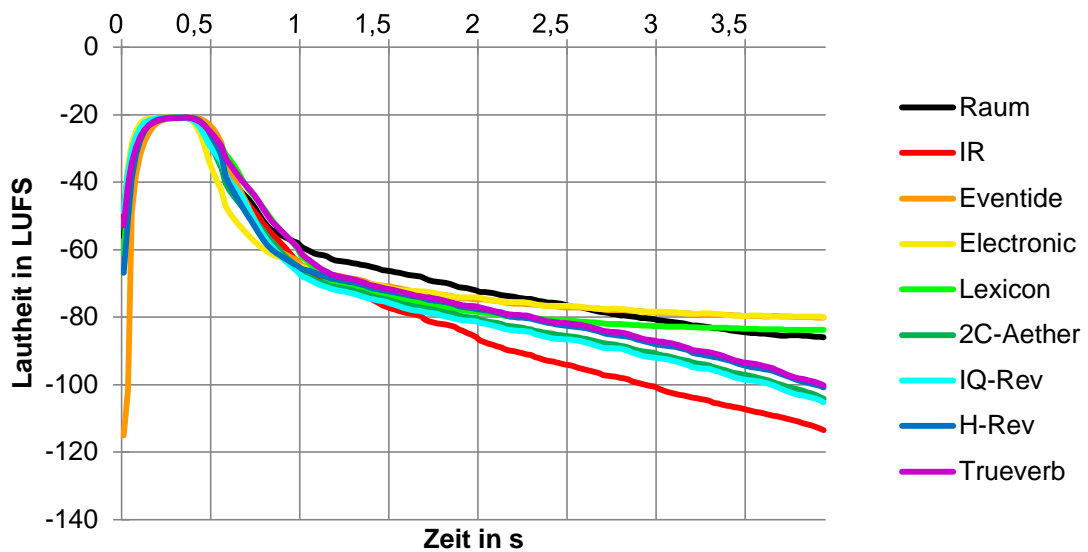


Abb. 34: Lautheitshistogramm Basedrum (eigene Darstellung 2017)

Im ersten Diagramm (Abb. 34) wird der Lautheitsverlauf für die Basedrum-Samples angezeigt. Man sieht, dass die Kurve des natürlichen Raumes im Bereich von 1 bis 2 Sekunden die größte Lautheit besitzt. Am meisten weicht hier die Kurve des Impulsantwort-Halls von der Originalkurve ab. Die Lautheit verringert sich vergleichsweise stark. Wobei die Unterschiede erst ab 1 Sekunde bei einer Lautheit von -60 LUFS auffällig werden. Im generellen Verlauf gleichen die TC Electronic, Lexicon und Eventide Kurven am meisten der Originalkurve. Die Kurven der Hall-Plugins verhalten sich sehr ähnlich und nehmen in der Lautheit stärker ab.

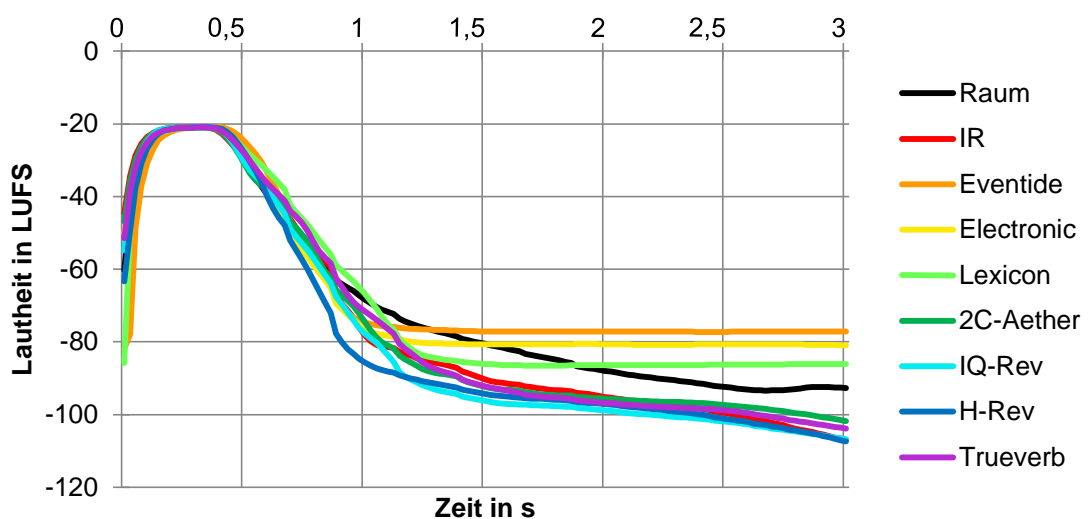


Abb. 35: Lautheitshistogramm Snaredrum (eigene Darstellung 2017)

In Abb. 35 sind die Kurven für den Lautheitsverlauf der Snaredrum zu sehen. Die Kurve des Originalraumes befindet sich hier beim Ausklang im mittleren Bereich der Lautheitskurven. Die Hallgeräte (Lexicon, TC Electronic und Eventide) sind im Ausklang darüber angesiedelt. Der Impulsantworthall, der 2C-Audio-Aether, der IQ-Reverb, der H-Reverb und der Trueverb klingen stärker ab. Auffällig ist die Kurve des H-Reverb, der anfangs schneller in der Lautheit abnimmt. Die Lautheit des Originalraums nimmt hingegen zu Beginn eher langsam ab.

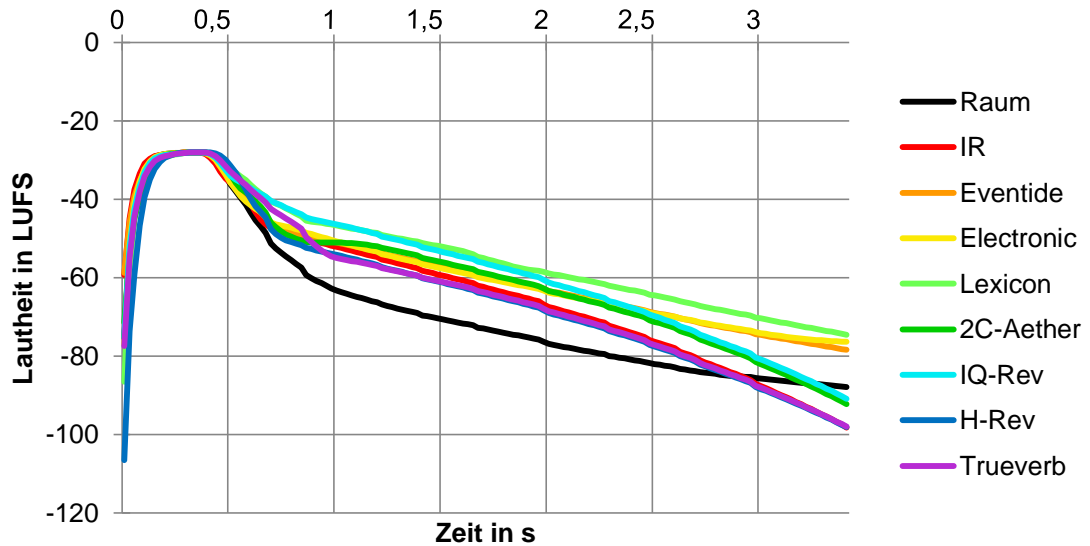


Abb. 36: Lautheitshistogramm Tom 1 (eigene Darstellung 2017)

Abb. 36 stellt den Verlauf der Lautheitskurven der verschiedenen Hallräume für die 1. Tom dar. Die Kurve des natürlichen Hallraumes nimmt im Vergleich zu den Anderen anfangs am stärksten ab. Impulsantworthall, H-Reverb und Trueverb haben einen nahezu identischen Verlauf. Die anderen beiden durch Plugins (IQ-Reverb und 2C-Audio-Aether) erzeugten Hallräume verhalten sich im Ausklang ähnlich, nur mit einer größeren Lautheit. Lexicon, Eventide und TC Electronic verhalten sich im Ausklang sehr ähnlich. Der Lexicon-Hall klingt am langsamsten aus.

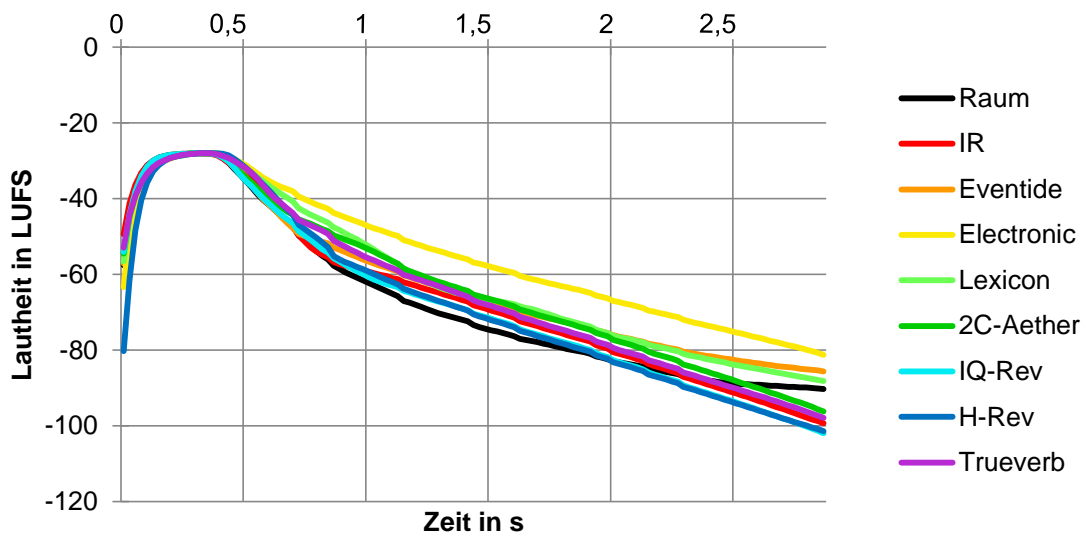


Abb. 37: Lautheitshistogramm Tom 2 (eigene Darstellung 2017)

Das nächste Lautheitshistogramm zeigt den Verlauf für die 2. Tom an (Abb. 37). In diesem Diagramm fällt primär der Verlauf des TC Electronics auf. Der Ausklang verläuft vergleichsweise lauter. Die Lautheit des natürlichen Raumhalls nimmt anfangs am stärksten ab und ab ca. 2 Sekunden ist die Lautheit der Plugin-Hallräume geringer. Die Kurven der Lexicon- und Eventide-Halle haben im Ausklang leicht höhere Wert als der Originalraum.

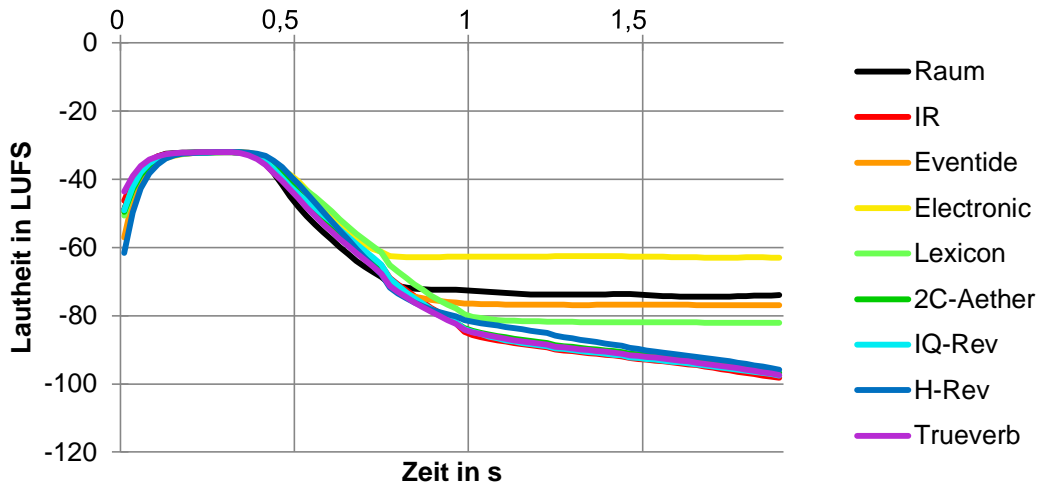


Abb. 38: Lautheitshistogramm HiHat (eigene Darstellung 2017)

In Abb. 38 wird der Lautheitsverlauf für das HiHat-Sample dargestellt. Die größte Lautheit im Ausklang hat der TC Electronic-Hall. Darauf folgen der natürliche Raumhall, der Eventide-Hall und der Lexicon-Hall. Die mit Hilfe von Plugins erstellten Hallräume haben alle einen sehr ähnlichen Kurvenverlauf und nehmen in der Lautheit stärker ab.

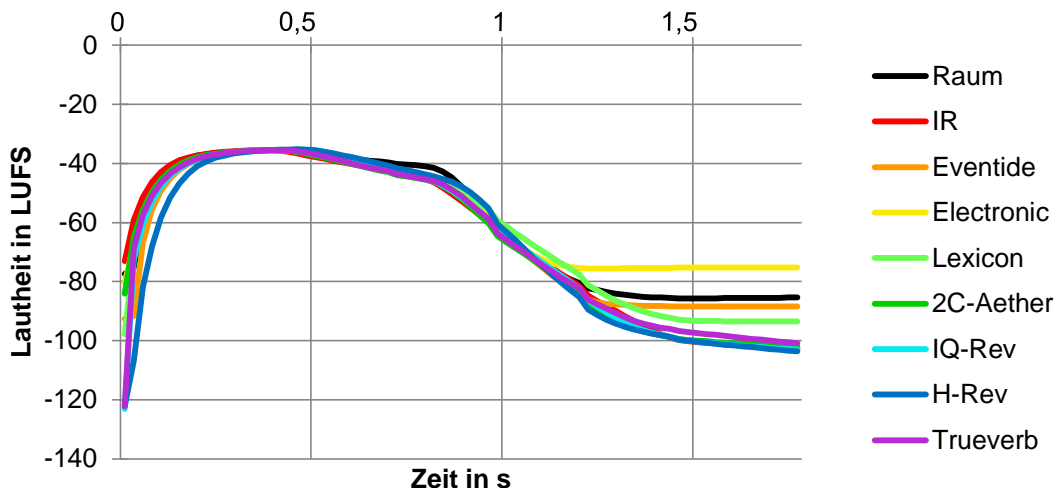


Abb. 39: Lautheitshistogramm HiHat (offen) (eigene Darstellung 2017)

Das Lautheitshistogramm zu dem Sample der offenen HiHat ist in Abb. 39 dargestellt. Der Ausklang ist sehr ähnlich zu dem vorhergehenden Histogramm. Der TC Electronic besitzt wiederum die größte Lautheit, gefolgt von dem natürlichen Raum, den Eventide-Hall und der Lexicon-Hallerzeugung. Mit der geringsten Lautheit im Ausklang folgen darauf die Hallräume der Plugins.

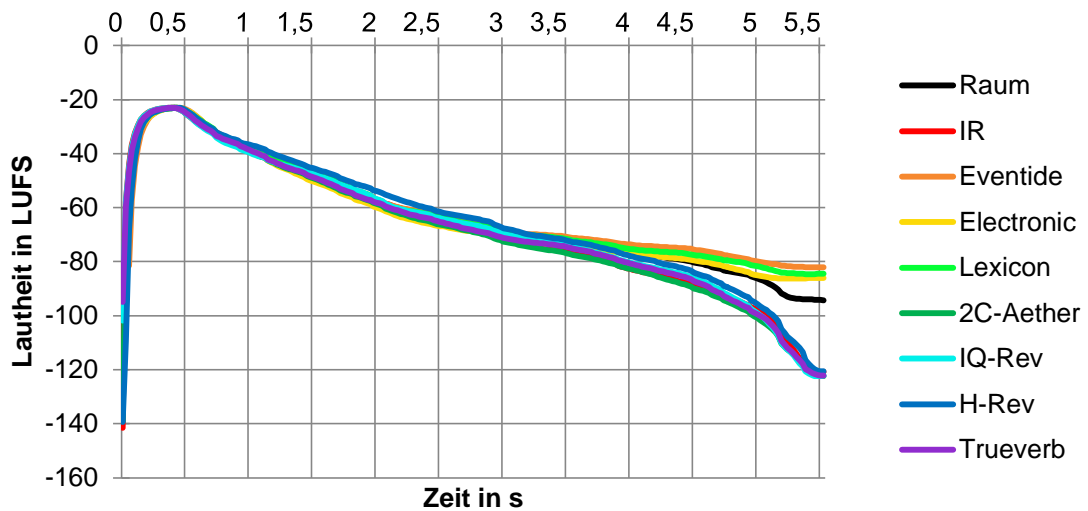


Abb. 40: Lautheitshistogramm Crash (eigene Darstellung 2017)

Abb. 40 enthält das Lautheitshistogramm für das Crash-Becken. In dieser Darstellung sind bis zum Zeitpunkt von 3,5 Sekunden kaum Unterschiede zu erkennen. Die größte Lautheit besitzt die Simulation des H-Reverbs. Ab dem Zeitpunkt von 3,5 Sekunden haben die durch die Hallgeräte erzeugten Hallräume die größte Lautheit. Der natürliche Raum besitzt eine leicht geringere Lautheit. Die Hallräume, die durch Plugins erzeugt wurden nehmen ab diesen Zeitpunkt sehr ähnlich und stärker als die anderen in der Lautheit ab.

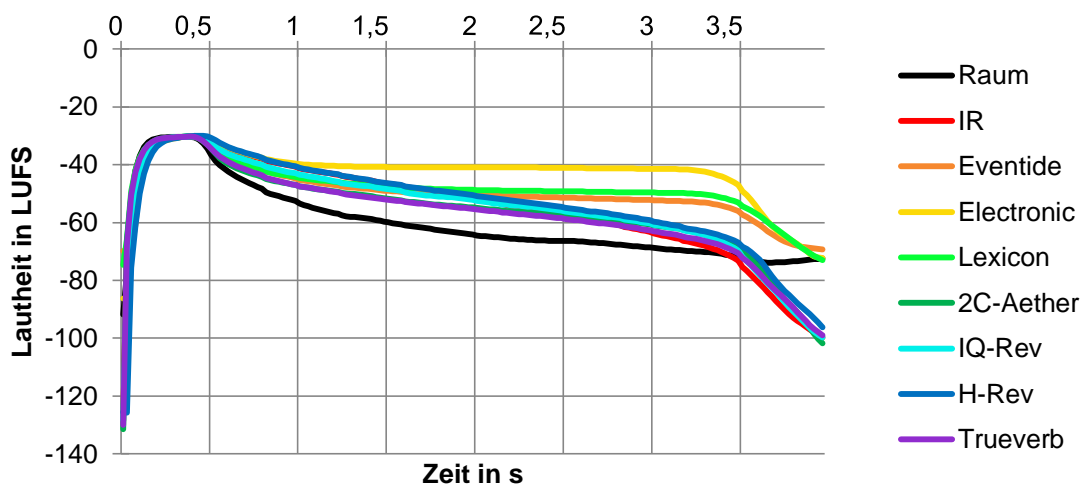


Abb. 41: Lautheitshistogramm Ride (eigene Darstellung 2017)

Das Lautheitshistogramm zu den Hallräumen des Ride-Becken-Samples ist in Abb. 41 zu sehen. Dabei sind wieder größere Unterschiede zu erkennen. Die Lautheitskurve des natürlichen Raumes verläuft bis ca. 3,5 Sekunden mit den geringsten Werten. Die Kurven der künstlichen Räume verlaufen bis ca. 1 Sekunde nahezu gleich. Danach hebt sich erst die Kurve des TC Electronics mit der größten Lautheit ab. Die Hallräume des Lexicons und Eventides besitzen eine etwas geringere Lautheit. Die Kurven der Hallplugins sind wieder sehr ähnlich. Auffällig ist zusätzlich die starke Abnahme in der Lautheit ab 3,5 Sekunden, die bei allen künstlichen Hallräumen auftritt.

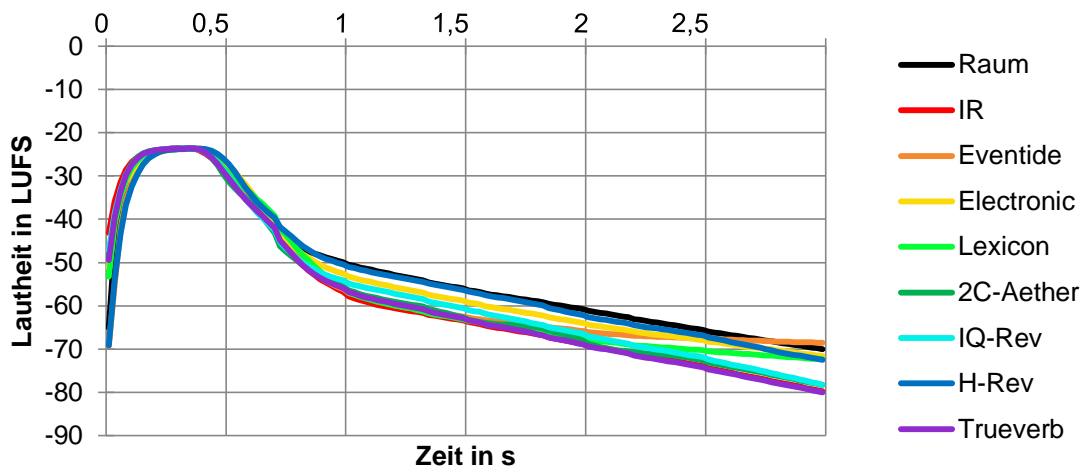


Abb. 42: Lautheitshistogramm Ride (Bell) (eigene Darstellung 2017)

In dem letzten Lautstärkehistogramm (Abb. 42) sind die Hallräume für das Ride (Bell)-Sample dargestellt. In diesem ist kein direkter Unterschied zwischen den Plugin- und Hallgeräte-Simulationen zu erkennen. Die Lautheitsverläufe mit den größten Werten sind der natürliche Hallraum und der Hallraum des H-Reverbs. Danach gliedern sich die anderen Verläufe ein. Ab ca. 2,5 Sekunden ist die Lautheit des Eventide-Hallraums höher, als die der anderen.

Zusammenfassend lässt sich zu den Lautheitshistogrammen sagen, dass die mittels Plugins erstellten Hallräume ein sehr ähnliches Verhalten aufzeigen. Sie nehmen in der Lautheit am stärksten ab. Die Samples der Hallgeräte besitzen hingegen eine größere Lautheit, dabei treten aber größere Unterschiede als bei den Hallplugins auf. Der TC Electronic besitzt im Ausklang meist die größte Lautheit. Die Kurve des Originalraums liegt meist zwischen den Simulationen der Plugins und Hallgeräte.

4.2 Eigene Beurteilung

Die eigene Bewertung der Hallräume basiert auf den subjektiven Qualitätskriterien eines Raumes. Diese sind die frequenzbasierten Faktoren Ausgewogenheit, Wärme, Brillanz, Helligkeit und Klangverfärbungen. Außerdem zählen dazu auch die räumlich und zeitlichen Unterschiede wie Raumeindruck, Halligkeit, Breite sowie Entfernung zur Schallquelle. Da es eine subjektive Bewertung ist, ist dies natürlich nicht die einzige Möglichkeit diese Raumsimulationen aufzufassen. In der Musik und Audiotechnik spielt die persönliche Beurteilung aber in einem großen Maß eine Rolle, weshalb dies ein wichtiger Bestandteil dieser Arbeit ist. Um auch andere Meinungen bezüglich der Hallsimulationen zu erhalten wurde zusätzlich eine Umfrage erstellt, somit fließen auch andere Personen ein und es ist eine allgemeinere Beurteilung der Empfindung möglich (Kapitel 4.3). Die Beurteilung folgt wie in dem vorhergehenden Kapitel separat für jede Einzelschallquelle. Zuerst wird auf die Hallräume des Basedrum-Samples eingegangen. Zur Bewertung wird sich immer an dem Originalraum orientiert.

Für die Basedrum wirkt dieser im Vergleich zu den künstlich hergestellten Räumen etwas ausgewogener. Was primär durch die Mittenlastigkeit am Anfang mittels des Anschlages gut hörbar ist. In den künstlichen Räumen wirkt dieser in den Höhen etwas ausgeprägter. Die Simulationen mittels Impulsantwort, des TC Electronic und des 2C-Audio-Aether haben einen Höhenreicheren Klang. Vergleichsweise warm wirkt hauptsächlich die Raumsimulation des Eventide-Hallgerätes.

Das Lexicon-Hallgerät und der IQ-Reverb wirken sehr brillant. Allgemein wirken die künstlichen Hallräume etwas heller im Nachklang. Der Raum wirkt dadurch meist etwas größer bzw. leerer. Dies fällt bei dem Lexicon-Hall am meisten auf. Die Simulationen mittels des Eventides, H-Reverbs und IQ-Reverbs wirken etwas trockener. Im Vergleich mit dem natürlichen Raum wirken sie in Bezug auf die Halligkeit natürlich ungefähr gleich, da die Nachhallzeit nach diesem angepasst wurde. Leichte Unterschiede existieren trotzdem. Bei dem Basedrum-Sample fällt dies primär beim Lexicon-Hall auf. Am meisten Unterschiede sind bei der Breite sowie Entfernung zur Schallquelle aufzuzeigen. Orientiert am originalen Raum wirkt der Impulsantworthall etwas weiter entfernt und die Schallquelle wirkt ungefähr gleich breit. Der Hallraum des Eventides wirkt hingegen näher. Der Hall des TC Electronics erscheint wieder weiter entfernt von der Schallquelle. Ebenso ist dies für den Lexicon-Hall der Fall. Außerdem wirkt darin die Schallquelle auch etwas schmaler.

In dem Hallraum, der mittels des 2C-Audio Aether-Plugins erzeugt wurde scheint die Schallquelle ungefähr so weit entfernt wie im Originalraum und wirkt dabei aber schmaler. Der Raum des IQ-Reverbs lässt die Schallquelle wieder etwas näher und schmaler wirken. Der H-Reverb stellt die Entfernung zur Schallquelle kleiner dar. Im Raum des Trueverbs wirkt die Schallquelle etwas breiter und mit einer größeren Entfernung.

Die Hallräume wirken für das Snare-Sample unterschiedlicher, was hauptsächlich durch die höheren Frequenzanteile zu hören ist. Vergleicht man die Ausgewogenheit so ähnelt der Trueverb dem Originalraum sehr stark. Der Impulsantworthall, H-Reverb und Eventide wirken hingegen etwas dumpfer. TC Electronic, IQ-Reverb, Lexicon und 2C-Audio Aether stellen einen brillanteren Raum dar. Die Räume des Impulsantworthalls und Eventides wirken außerdem wärmer als die Originalaufnahme. Zusätzlich fallen auch leichte Verfärbungen der künstlichen Hallräume im Vergleich zu dem natürlichen Raum auf. In der Raumgröße wirken der Lexicon- und 2C-Audio-Hall etwas größer. Der H-Reverb und das Eventide-Hallgerät stellen hingegen einen etwas kleineren Raum dar. Der Impulsantworthall wirkt wieder etwas weiter von der Schallquelle entfernt. Das Eventide-Hallgerät lässt es hingegen wirken, als würde der Hörer etwas näher an der Schallquelle stehen. Im Hall des TC Electronics erscheint die Schallquelle etwas schmaler und lässt den Hörer weiter entfernt von der Schallquelle wirken. Die Entfernung im Lexicon-Hall wirkt wieder weiter fort. Der 2C-Audio-Aether-Hall lässt die Schallquelle in gleicher Entfernung, aber etwas breiter wirken. Wiederum ein näheres Empfinden hat man im Hallraum des IQ-Reverbs. Im Raum des H-Reverbs wird die Schallquelle näher und schmaler dargestellt. Der Trueverb scheint in diesen Punkten sehr ähnlich wie der natürliche Raum.

In den Hallräumen der beiden Tom-Toms hört man noch stärkere Unterschiede zwischen dem natürlichen Raum und den künstlichen Hallräumen. Dies liegt auf jeden Fall auch an den abgenommenen Signalen, die in die Hallgeräte bzw. -Plugins eingespeist wurden. Dadurch sind die Nachhalle der Toms wesentlich runder und haben keine hervorstechenden Frequenzen. Die Ausgewogenheit des Frequenzbereiches ist aber prinzipiell gegeben. Die Hallräume des Impulsantworthalls, H-Reverbs und Eventides wirken etwas wärmer. Trueverb, IQ-Reverb, 2C-Audio Aether und der Lexicon-Hall lassen den dargestellten Raum brillanter wirken. Es kommt ebenfalls zu leichten Klangverfärbungen. Die Hallräume des Impulsantworthalls, des Eventides, des TC Electronics, des H-Reverbs machen den Klang etwas dunkler. Lexicon, 2C-Audio-Aether, IQ-Reverb, Trueverb hingegen machen den Klang geringfügig heller. Die Hallräume, die mittels Lexicon und IQ-Reverb erstellt wurden wirken etwas größer. Der H-Reverb lässt den Raum kleiner erscheinen. Die Schallquelle wirkt beim Impulsantworthall für die erste Tom etwas größer und näher und bei der zweiten Tom hingegen weiter entfernt. Die Darstellung des Eventides wirkt wie die, des natürlichen Raumes. Tom 1 stellt sich beim TC Electronic räumlich wie im Originalraum dar. Die 2. Tom scheint hingegen näher zu sein. Der Lexiconhall lässt die Toms in der Entfernung weiter weg wirken. Die Schallquellen wirken im Raum des 2C-Audio Aether gleich nah aber breiter dargestellt. Im IQ-Reverb wirken die Toms ebenfalls breiter. Der Hallraum des H-Reverbs stellt die Schallquellen weiter entfernt dar. Der Trueverb lässt die Toms wieder näher und breiter wirken.

Da in dem HiHat- und dem offenen HiHat-Sample durch den relativ leisen Klang der HiHat ein geringer Pegel in den Raum erklingt, bilden sich nicht so viele räumliche Besonderheiten, wie in den anderen Einzelschallquellen aus. Der Klang des Impulsantworthalls, des IQ-Reverbs und des H-Reverbs ist etwas dumpfer. Die Hallgeräte und das 2C-Audio-Plugin stellen hingegen den Klang etwas heller dar. Der Lexicon-Hallraum und der 2C-Audio Aether Raum wirken wieder etwas größer. Die Räume, welche mittels IQ- bzw. H-Reverb erzeugt wurden scheinen wiederum etwas kleiner zu sein. Der Impulsantworthall lässt die HiHat weiter entfernt und etwas schmaler wirken. Der Klang des Eventide-Hallraums lässt die Schallquelle näher und breiter wirken. Mittels des TC Electronics erzeugten Halls wird die HiHat weiter entfernt dargestellt. Der Lexicon-Hallraum lässt die Schallquelle breiter wirken. Die HiHat wird im 2C-Audio-Hall schmaler projiziert. Die Schallquelle scheint im IQ-Reverb näher an dem Hörer zu sein. Im Hallraum des H-Reverbs wirkt sie wiederum schmal und weiter entfernt. Der durch den Trueverb erzeugte Raum stellt die HiHat sehr ähnlich wie im natürlichen Raum dar.

Die künstlichen Räume für das Crash-Sample des Impulsantworthalls, IQ-Reverbs und H-Reverbs werden dumpfer als der natürliche Raum dargestellt. Heller hingegen klingen die mittels Eventide, TC Electronic und Trueverb simulierten Räume. Die Räume der IQ-Reverb und H-Reverb wirken kleiner als der Originalraum. Die mittels Lexicon und 2C-Audio Aether erschaffenen Hallräume stellen hingegen größere Räume dar. Der Impulsantworthall lässt die Schallquelle weiter entfernt und schmaler wirken.

Der Eventide-Hallraum stellt das Crash-Becken etwas näher dar. Wiederum weiter entfernt wirkt die Quelle in den Hallräumen des TC Electronics und des Lexicons. Im Raum des 2C-Audio-Aether-Plugins wird das Crash-Becken leicht näher und breiter dargestellt. IQ- und H-Reverb projizieren die Schallquelle näher an den Hörer und lassen sie breiter wirken. Das Crash-Becken wirkt im Hallraum des Trueverbs auf der gleichen Entfernung wie im natürlichen Raum aber etwas breiter.

Die Samples des Rides, einmal normal gespielt und einmal die Glocke (Bell) bieten in allen künstlichen Räumen einen etwas dumpferen Klang. Der Klang der Glocke wird in den Hallräumen des Eventides, TC Electronics, Lexicons, 2C-Audio nahezu genauso wie im natürlichen Raum wiedergegeben. Heller klingt aber keiner der künstlichen Räume. Die Räume des IQ- und H-Reverbs scheinen wieder kleiner zu sein, während die Simulationen des Lexicons und der 2C-Audio-Plugins wieder einen größeren Raum darstellen. Die Schallquelle wirkt im Raum des Impulsantworthalls weiter entfernt und breiter als im natürlichen Raum. Die Eventide- und TC Electronic-Halle stellen das Ride-Becken sehr ähnlich wie im Originalraum dar. Der Lexicon-Hall lässt die Schallquelle weiter entfernt erscheinen. Die Plugin-Halle 2C-Audio-Aether und Trueverb stellen das Ride-Becken ähnlich dem Originalraum, lediglich etwas breiter dar. Die Hallräume des IQ- und H-Reverbs lassen die Schallquelle näher und breiter wirken.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass primär Unterschiede in der Abbildung der Schallquelle auffallen. Dabei kann man keinen direkten Unterschied zwischen Hallgeräten oder Plugins bemerken. Der Impulsantworthall, welcher mit Hilfe des IQ-Reverbs erstellt wurde, stellt den Raum meist etwas dumpfer dar und lässt die Schallquelle meist etwas weiter entfernt wirken. Der Hallraum, der mittels des Eventides H3000SE erstellt wurde, bietet eine sehr starke Ähnlichkeit zum originalen Raum. Das TC Electronic M3000 Effektgerät lässt die Schallquellen im Hallraum meist etwas entfernter wahrnehmen. Der Raum des Lexicon 480L Hallgerätes wirkt generell etwas größer und Höhenreicher, außerdem scheint der Hörer weiter entfernt von der Schallquelle. Das 2C-Audio-Aether-Plugin stellt den Raum ebenfalls mit mehr Höhen und etwas größer dar. Der mittels des Hofa IQ-Reverb-Plugins erzeugte Hallraum hat einen helleren Klang und wirkt etwas kleiner als der Originalraum. Das H-Reverb-Plugin erzeugte einen dumpferen Raum und lässt die Schallquelle näher am Hörer erscheinen. Der Hall des Trueverbs wirkt meist etwas heller und projizierte die Schallquelle näher an den Hörer.

4.3 Subjektive Wahrnehmung mittels Umfrage

Um eine objektivere Meinung zu erzielen wurde zusätzlich eine Umfrage zu den Hallräumen erstellt. Insgesamt haben 41 Personen mit der Umfrage begonnen. Neun Personen haben komplett an dieser teilgenommen. Auf diese wird sich nun bezogen. In der Umfrage wurden die Audio-Dateien so benannt, dass man nicht erkennen konnte wie sie erzeugt wurden. Zusätzlich wurden sie zufällig sortiert, damit man nicht von dem vorhergehenden Sample auf das Nachfolgende schließen konnte.

Außerdem wurden Angaben zum Alter, Informationen wie viel Zeit man mit Musik wöchentlich verbringt, welche Art von Musik die Personen hauptsächlich hören, ob sie im Bereich der Musik bzw. Audioproduktion arbeiten und welches Gerät zum Abhören genutzt wird, erhoben. Danach wurden die Audio-Dateien abgespielt und bewertet. Dies geschah in zwei verschiedenen Arten. Einerseits bezüglich der Natürlichkeit andererseits bezüglich des eigenen Gefallens, der Gewöhnung an den Klang. Zusätzlich war es noch möglich den Klang zu beschreiben. Es ist festzustellen, dass teils ähnlich geantwortet wurde, teils aber auch sehr unterschiedlich.

Beginnend bei den Samples der Basedrum wurde angegeben, dass durchschnittlich die Hallräume des originalen Raumes, des TC Electronics und des Trueverbs eher natürlich klingen. Dem Hall des Lexicons wurde überwiegend komplette Natürlichkeit zugewiesen. Die Impulsantwort-, Eventide- und IQ-Halle wurden von eher natürlich bis eher künstlich eingeordnet. Der 2C-Audio Aether stellt einen eher künstlichen Raum dar und der H-Reverb wurde sehr unterschiedlich eingeordnet. In der Frage der Gewohnheit wurden der Originalraum und der Lexicon-Hall mit sehr gut- gut am besten eingeordnet. Hingegen schlecht gefallen hat den meisten der Hall des H-Reverbs. Der natürlich aufgenommene Raum wurde auch als natürlich, satt, hell und offen beschrieben. Die Hallräume des TC Electronics, Lexicons wurden eher als dumpf, tief und trocken beschrieben.

Für das Snare-Sample wurde der originale Raum, genauso wie der H-Reverb sehr unterschiedlich beschrieben. Eher künstlich wurden die Räume der Impulsantwort, des Eventides und des TC Electronics gewertet. Einen eher natürlichen Klang boten hingegen Lexicon, 2C-Audio, IQ-Reverb und Trueverb. Beliebt war primär der Hallraum des Lexicon-Hallgerätes. Die anderen Räume wurden meist sehr unterschiedlich bewertet. Original- und Impulsantwortraum wurden als dunkel beschrieben. Das Lexicon-Sample wurde als natürlich und weit entfernt bezeichnet. Die Aether, Trueverb und TC Electronic Dateien stellten einen helleren Klang dar.

In den Hallräumen der ersten Tom wurden der Originalraum und die Eventide-Simulation als eher natürlich bewertet. Lexicon, IQ-Reverb und H-Reverb wurden als eher künstlich bestimmt. Der TC Electronic-Hall wurde häufig als künstlich befunden. Am meisten gewohnt sind die Personen wieder an den Originalraum. Der TC Electronic-Hallraum wurde als schlecht befunden. Alle anderen Hallräume wurden bezüglich der Gewohnheit sehr unterschiedlich bewertet. Impulsantworthall, Lexicon, 2C-Audio, IQ-Reverb und Trueverb wurden als eher dumpf bezeichnet. Für die zweite Tom wurden die Samples von Lexicon, 2C-Aether, H-Reverb und Trueverb als eher natürlich eingestuft. Die anderen Hallräume werden sehr unterschiedlich bewertet. Klangmäßig gefielen die mittels Lexicon, IQ-Reverb und Trueverb erzeugten Hallräume am besten. Die Samples des 2C-Aethers, des IQ-Reverbs und des H-Reverbs wurden als dumpf-klingend eingeschätzt.

Die Räume der HiHat wurden generell sehr ähnlich klingend bewertet. Außer dem Originalraum, dem Eventide-Hall und dem TC Electronic-Hall, welche unterschiedlich bewertet wurden, wurden alle Hälle als eher natürlich klingend eingestuft.

Der natürlich aufgenommene Raum gefiel den Personen am besten. Besonders der Originalraum, der Lexicon-Hall, der H-Reverb und der Trueverb wurden als hell bezeichnet. Die Räume der offen angespielten HiHat wurden alle als eher natürlich klingend eingestuft. Ebenso wurden alle Samples als gut gefällig gewertet. Es wurden also generell wenige Unterschiede bei dieser Teilschallquelle festgestellt.

Ähnlich ist dies auch bei den Crash-Samples festzustellen. Sie wurden stets mehrheitlich eher natürlich oder andernfalls sehr unterschiedlich bewertet. Für die Gewohnheit zuspätsprechend sind am ehesten die Hallräume von der natürlichen Aufnahme und des Trueverbs. Die eigene Beschreibung war teils auch sehr unterschiedlich. Als angenehm wurde primär der Trueverb beschrieben.

Die Hallräume des Ride-Samples wurden ebenfalls sehr ähnlich gewertet. Die meisten wurden als eher natürlich beschrieben. Das Sample mit Impulsantwortanteil wurde sehr unterschiedlich und teils als sehr künstlich beschrieben. Am gefälligsten war der H-Reverb. Die Hallräume des Eventides, des 2C-Audios und der Impulsantwort wurden meist als mittelmäßig eingestuft. Das Impulsantwort-Sample wurde zusätzlich als sehr blechern beschrieben. Der IQ-Reverb erhielt warm und angenehm als Umschreibung. In den Samples der gespielten Glocke des Rides wurde auch ein meist eher natürlicher Klang bestimmt. Die Räume des Lexicons und Eventides wurden als eher künstlich beurteilt. Zum Beschreiben der Gewohnheit wurde meist mittelmäßig gewählt. Hier sticht wieder der IQ-Reverb mit einer guten Bewertung hervor.

Eine eindeutigere Aussage sieht man bei der Bewertung des zusammengestellten Beats. Dabei tritt primär der originale Aufnahmeraum als natürlich hervor. Ebenfalls natürlich wird der Hall des Lexicons gewertet. Teils sehr unterschiedlich aber im Durchschnitt eher künstlich wurden die H-Reverb- und Impulsantwort-Halle beschrieben. Bei der Bestimmung des Gefallens ist dies ähnlich. Der Originalraum gefällt gut bis sehr gut während die Impulsantwort- und H-Reverb-Halle mittelmäßig bis schlecht bewertet werden. Der Aufnahmeraum wird mit den Worten klar, deutlich und gut beschrieben. Die simulierten Hallräume werden meist als eher dumpf dargestellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine Beurteilung bei den Samples der Becken scheinbar eher schwer möglich war und somit der Klang sehr ähnlich war. Der Originalraum ließ sich teils schwer, bis gar nicht von den simulierten Räumen unterscheiden. Bei der Bewertung des Beats fielen jedoch Unterschiede auf. Der natürliche Raum wurde insgesamt von natürlich bis eher künstlich gewertet. Auch die Gewohnheit ist von sehr gut bis schlecht beschrieben wurden. Er wurde mit eher hallig, hell und offen beschrieben. Auch bei den künstlich hergestellten Räumen fallen viele Unterschiede in der Bewertung auf. Am natürlichsten wurde bei diesen der Lexicon-Hall gefolgt von dem Trueverb-Hall beschrieben. Am künstlichsten wurde der Hallraum des TC Electronics beschrieben. Es ist auch ein gewisser Zusammenhang zwischen der Natürlichkeit und dem Gefallen zu bemerken. Je natürlicher ein Hallraum ist umso besser gefällt er den Befragten auch.

5 Schlussbetrachtungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse nochmals zusammengefasst und final betrachtet. Außerdem wird erwähnt welche Schlussfolgerungen und Erkenntnisse aus den Ergebnissen folgen.

5.1 Zusammenfassung und Reflektion der Ergebnisse

Wenn nun alle Ergebnisse zusammengefasst werden lassen sich verschiedene Ergebnisse daraus entnehmen.

In den Frequenzvergleichen fielen primär ungewöhnliche Anhebungen der TC Electronic-Simulation in einem Bereich von 20Hz bis 50Hz und 70Hz bis 100Hz auf. Abgehoben hat sich außerdem der Verlauf der Impulsantwort, welcher immer mit einem stark abnehmenden Pegel in den tiefen Frequenzen gekennzeichnet war. Die dritte große Besonderheit zeigte sich im Verlauf des IQ-Reverbs mit dessen Tiefpassfilter. Aus den Lautheitsvergleichen ist ersichtlich, dass die mittels Plugins erstellten Hallräume ein sehr ähnliches Verhalten aufzeigen. Sie nehmen in der Lautheit am schnellsten ab. Die Verläufe der Hallgeräte zeigen hingegen eine größere Lautheit auf, dabei treten aber untereinander größere Unterschiede als bei den Hallplugins auf. Speziell der TC Electronic besitzt im Ausklang meist die größte Lautheit. Der Lautheitsverlauf des Originalraums befindet sich meist zwischen den Simulationen mittels der Plugins und der Hallgeräte.

In der eigenen subjektiven Bewertung wurde festgestellt, dass die Unterschiede primär in der Abbildung der Schallquelle auffallen. Dabei wurde aber kein direkter Unterschied zwischen den Hallgeräten oder den Plugins festgestellt. Die erzeugten Hälle wirkten teils etwas dumpfer oder höhenreicher und ließen die Schallquelle etwas weiter entfernt oder näher wirken als im natürliche Raum.

Durch die Umfrage wurde ersichtlich, dass vor Allem die Beurteilung der Becken-Samples eher schwer möglich ist. Das lässt darauf schließen, dass der Klang sehr ähnlich ist. Es war teils schwer, bis gar nicht möglich den Originalraum von den simulierten Räumen zu unterscheiden. Bei der Bewertung des Beats wurde der natürliche Raum jedoch als wesentlich natürlicher als die künstlich hergestellten Räume bewertet. Der natürliche Raum wurde sonst sehr unterschiedlich bewertet. Auch bei den künstlich hergestellten Räumen sind die Bewertungen teils sehr unterschiedlich ausgefallen. Der Lexicon-Hall wurde insgesamt als am natürlichsten der simulierten Hallräume gewertet. Darauf folgt der Trueverb-Hall. Außerdem existiert ein gewisser Zusammenhang zwischen der Natürlichkeit und dem Gefallen der Hallräume. Wurde ein Hall natürlicher gewertet, so gefiel er den Befragten meist auch besser. Primär die Bewertung des Lexicon-Halls kann auch an der Gewohnheit des Halles liegen. Da dieser häufig in Tonstudios genutzt wird und somit in vielen der Musikstücke die wir hören enthalten ist, ist man an dessen Klang gewohnt und ordnet ihn als eher natürlich klingend ein.

5.2 Erkenntnisse aus den Betrachtungen

Die vorangehenden Betrachtungen haben gezeigt, dass meist keine direkte subjektive Unterscheidung bezüglich der Natürlichkeit ohne das Wissen wie welches Sample erzeugt wurde zwischen dem natürlichen Raum und den Raumsimulationen möglich ist. Messtechnisch ist ein Unterschied aber durchaus nachweisbar, wobei man aber auch die absoluten Verhältnisse betrachten muss. Dabei merkt man, dass die Hallgeräte und Plugins den natürlichen Raum meist sehr gut nachempfinden können und nur geringe Abweichungen aufweisen. Das Verhalten der mittels Plugins hergestellten Hallräume ist hauptsächlich im Verlauf der Lautheit sehr ähnlich. Frequenzmäßig kann man geringe Unterschiede zwischen den Plugins und den Hallgeräten erkennen. Die Hallgeräte haben gerade in dem tiefen Frequenzbereich einen höheren Pegel. Vor allem der TC Electronic hat dabei stärkere Peaks in den Bässen. Die Pluginsimulationen ähneln in diesem Bereich sehr stark den Originalraum. Der Impulsantworthall hat in den tiefen Frequenzen einen geringeren Pegel. Dies ist entweder auf eventuell entstandene Fehler in der Impulsantwortmessung zurück zu führen, wo der Bassbereich durch den Lautsprecher möglicherweise nicht komplett neutral wiedergegeben wurde, oder es liegt an der Umsetzung des IQ-Reverb-Plugins, welches diesen Bereich nicht richtig wiedergegeben hat. In den Höhen ist der Originalraum mit dem größten Pegel vertreten. Die Hallgeräte haben in den oberen Frequenzbereich meist einen etwas geringeren Pegel. Vergleicht man damit auch die Plugins haben diese einen noch geringeren Pegel in den Höhen. Durch die subjektiven Bewertungen lässt sich jedoch schließen, dass über das Gehör keine direkte Unterscheidung möglich ist, ob es sich bei dem Hallraum um einen mittels Hallgerät oder Plugin erschaffenen Hall handelt, da diese sehr unterschiedlich bewertet wurden.

Insgesamt lässt sich also feststellen, dass geringe Unterschiede zwischen Originalraum, Hallgeräten und Plugins existieren. Diese aber teils so gering sind, dass man nicht direkt sagen kann, was der natürliche Raum ist. Durch die Gewöhnung an die häufige Nutzung von Hallgeräten und Hallplugins in den heutigen Audioproduktionen ist unser Gehör kaum in der Lage zu sagen, was der natürliche Raum ist. Außerdem ist der Klang der künstlichen Hallräume meist so natürlich, dass das Gehör keinen Unterschied bemerkt. Es sind messtechnisch Unterschiede nachweisbar, welche jedoch nicht durch das Gehör exakt zuzuordnen sind. Bei der Beurteilung der Trommeln konnten größere Unterschiede zwischen den Hallräumen erkannt werden. Die Samples der Becken waren schwerer voneinander zu unterscheiden. Im Zusammenhang mittels des angelegten Beats war es jedoch möglich den natürlichen Raum heraus zu hören.

Es bleibt außerdem noch Anzumerken, dass in vielen Fällen der Audioproduktion eine hundertprozentige Kopie eines natürlichen Raumes meist auch gar nicht beabsichtigt ist sondern ein künstlerischer Effekt mittels eines Halles erzeugt werden soll. Diese Arbeit sollte aber auf die Art der exakten Simulation Bezug nehmen.

Um somit eine explizite Antwort auf die Ausgangsfrage zugeben, ob es zwischen den Methoden der künstlichen Hallerzeugung Unterschiede gibt und inwieweit es damit möglich ist den natürlichen Raum nachzubilden, lässt sich feststellen, dass es prinzipiell geringe Unterschiede gibt. Speziell Differenzen zwischen Hallgeräten und Hallplugins sind lediglich messtechnisch oder durch ein sehr gut geschultes Gehör nachweisbar. Diese Unterschiede liegen partiell aber auch an den teils mehr, teils weniger beschränkten Einstellungsmöglichkeiten der künstlichen Hallerschaffung. Dadurch ist eine exakte Simulation des Originalraumes nicht möglich. Die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten geben zu wenig Spielraum um die vielfältigen Eigenschaften eines Raumes exakt widerzuspiegeln. Eine hundertprozentige Kopie eines Raumes wird aber definitiv nie möglich sein, da immer ein paar Schritte zwischen der direkten Aufnahme und dem künstlichen Hallraum gemacht werden müssen. Allein durch die Abnahme der Schallquellen kommt es zur leichten Veränderung durch den natürlichen Frequenzgang des Mikrofons. Zusätzlich geschehen durch die Analog/Digital-Wandlung immer kleine Veränderungen. Jedoch ist der aktuelle Stand der Technik für den Großteil der Bevölkerung komplett ausreichend, da das Gehör so feine Unterschiede meist gar nicht entdecken kann.

Literaturverzeichnis

Blauert, Jens/Braasch, Jonas: Kapitel 3. Räumliches Hören. In: Prof. Dr. Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008, S. 87-122

De Kievith, Mike (o.J.): Schulbilder. www.schulbilder.org/malvorlage-schlagzeug-i7002.html (02.06.2017)

Dickreiter, Michael/Dittel, Volker/Hoeg, Wolfgang/Wöhr, Martin: Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, Auflage 7, K. G. Saur Verlag, München 2008.

Friesecke, Andreas: Die Audio-Enzyklopädie. 2. Auflage, De Gruyter Saur Verlag, Berlin 2014.

Fuchs, Helmut V.: Schallabsorber und Schalldämpfer. Auflage 3, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2010.

Görne, Thomas: Tontechnik. Auflage 3, Carl Hanser Verlag, München 2011.

Horus Sound Studio GmbH (2016): Horus Sound Studio. www.horus.de (01.06.2017)

Maempel, Hans-Joachim/Weinzierl, Stefan/Kaminski, Peter: Kapitel 13. Audiotbearbeitung. In: Prof. Dr. Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008, S. 719-784

Maier, Peter: Kapitel 6. Studioakustik. In: Prof. Dr. Weinzierl, Stefan (Hrsg.): Handbuch der Audiotechnik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008, S. 267-312

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

Rossing, Thomas D./Moore, Richard F./Wheeler, Paul A.: The Science of Sound. Pearson, Harlow 2013.

Schmidtke, Marco (o.J.): Drum-Info. www.drum-info.de (05.06.2017)

Thomann GmbH (o.J.): Thomann. www.thomann.de/de/onlineexpert_topic_drumkessel.html (06.06.2017)

Anlagen

Anlage 1: Audiodateien.....	siehe Zusatzordner
Anlage 2: Umfrageergebnisse	X

Anlage 2: Umfrageergebnisse

Um die nachstehenden Ergebnisse zu verstehen ist hier eine kleine Legende zu den Namen der Audiodateien.

Originaler Aufnahmeraum:	BD8, SN6, Tom1_1, Tom2_8, HH8, HHoffen5, Crash5, Ride5, RideBell2, Beat6
Impulsantwort-Hall:	BD6, SN7, Tom1_2, Tom2_6, HH6, HHoffen6, Crash1, Ride9, RideBell4, Beat5
Eventide-Hall:	BD3, SN3, Tom1_6, Tom2_3, HH9, HHoffen9, Crash2, Ride3, RideBell7, Beat4
TC Electronic-Hall:	BD2, SN9, Tom1_4, Tom2_2, HH5, HHoffen2, Crash3, Ride2, RideBell8, Beat1
Lexicon-Hall:	BD7, SN1, Tom1_8, Tom2_7, HH2, HHoffen1, Crash4, Ride1, RideBell3, Beat9
2C-Aether-Hall:	BD1, SN4, Tom1_5, Tom2_1, HH1, HHoffen3, Crash9, Ride7, RideBell9, Beat2
IQ-Reverb-Hall:	BD5, SN2, Tom1_7, Tom2_5, HH7, HHoffen8, Crash8, Ride6, RideBell5, Beat8
H-Reverb-Hall:	BD4, SN8, Tom1_3, Tom2_4, HH4, HHoffen7, Crash7, Ride8, RideBell6, Beat7
Trueverb-Hall:	BD9, SN5, Tom1_9, Tom2_9, HH3, HHoffen4, Crash6, Ride4, RideBell1, Beat3

Umfrage zum Nachbilden von Hallräumen

1. Wie alt sind Sie? *

Anzahl Teilnehmer: 9

- (0.0%): 0-15

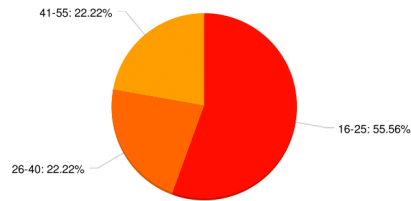
5 (55.6%): 16-25

2 (22.2%): 26-40

2 (22.2%): 41-55

- (0.0%): 56-70

- (0.0%): 71+



2. Wieviel haben Sie wöchentlich mit Musik zu tun? (Hören, Arbeiten, ...) *

Anzahl Teilnehmer: 9

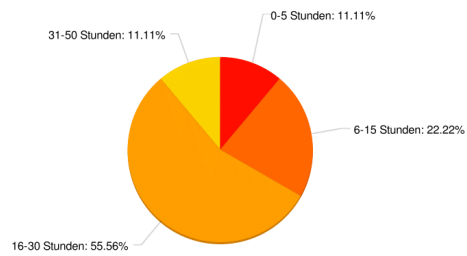
1 (11.1%): 0-5 Stunden

2 (22.2%): 6-15 Stunden

5 (55.6%): 16-30 Stunden

1 (11.1%): 31-50 Stunden

- (0.0%): 51+ Stunden



3. Was für Musik hören Sie hauptsächlich? *

Anzahl Teilnehmer: 9

- Klassisch
- klassisch
- Electro
- Filmmusik
- Punkrock
- Rock
- diverses
- rock, klassik
- Rock

4. Arbeiten Sie mit Musik bzw. im Bereich der Audioproduktion? *

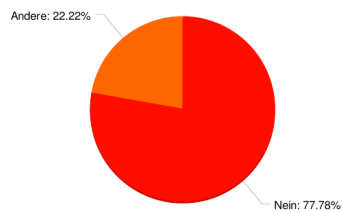
Anzahl Teilnehmer: 9

7 (77.8%): Nein

2 (22.2%): Andere

Antwort(en) aus dem
Zusatzfeld:

- Producer
- Toningenieur



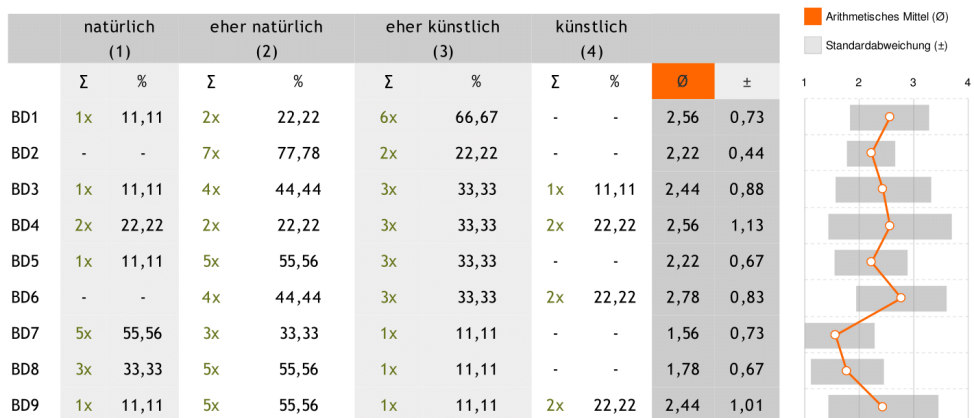
5. Welche Lautsprecher bzw. Kopfhörer nutzen Sie zum Abhören der folgenden Audio-Dateien? *

Anzahl Teilnehmer: 9

- Beyer Dynamic DT770 pro
- Beyer dynamic DT 770 pro
- AKG K-240
- Beyerdynamic DT 150
- Supertlux HD-681
- AKG K171 Studio Kopfhörer
- SRH940
- beyerdynamic dt770pro
- DT 770 Pro

6. Wie beurteilen Sie das Basedrum-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



7. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Basedrum-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



8. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

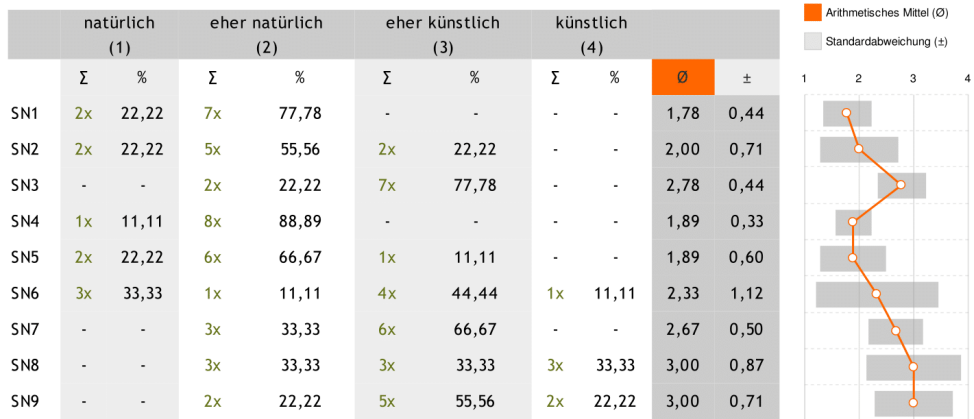
Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- BD1 - hohl
- Schöner "Bauch", Nachhall bringt eine Frequenz stark hervor
- lasch
- attackreich
- dumpf
- leicht hallig, ohne volumen
- BD2 - dumpf
- Recht tiefe, störende Resonanz, die Lange nachdröhnt
- zu dumpf
- dumpf, im hintergrund
- dumpf, blechern
- sehr trocken, Voluminös, durchsetzungsstark
- BD3 - natürlich
- Deutlich zu hörende Early Reflections
- ok
- wenig fundament hoher raumanteil
- stärker
- leichte höhen, evtl. kesselklang
- BD4 - natürlich
- Ein sehr "nahes" Sample, zu viel Präsenz
- irgendwie gehaucht
- relativ unbearbeitet
- hell
- sehr viel Hall mit Höhen
- BD5 - natürlich
- Deutlich zu kurzer, aus diskreten Reflektionen bestehender Nachhall, besonders Klick ist sehr trocken
- piepsig
- eq bearbeitet, komprimiert
- dumpf
- klingt tot, ohne nachhall
- BD6 - Hallig
- Raum klingt sehr hart
- ok
- entferntere micposition, wenig druckvoll
- hallend
- lebendig, mit Kesselklang,
- BD7 - dumpf
- Schöner Bassanteil
- trocken
- bearbeitet, weniger kompr. denn sample 5
- gedämpft
- viel kick
- BD8 - natürlich
- Klingt eher wie Tom
- satt
- kaum fundament, klingt nach schlecht gespanntem resofell, vermutlich unbearbeitet
- hell, offen
- fellklang, wenig volumen
- BD9 - natürlich
- Sehr kleiner Raum
- satt
- angenehm für Rockpop
- blechern
- ausgewogen mit höhen und auch druck untenrum

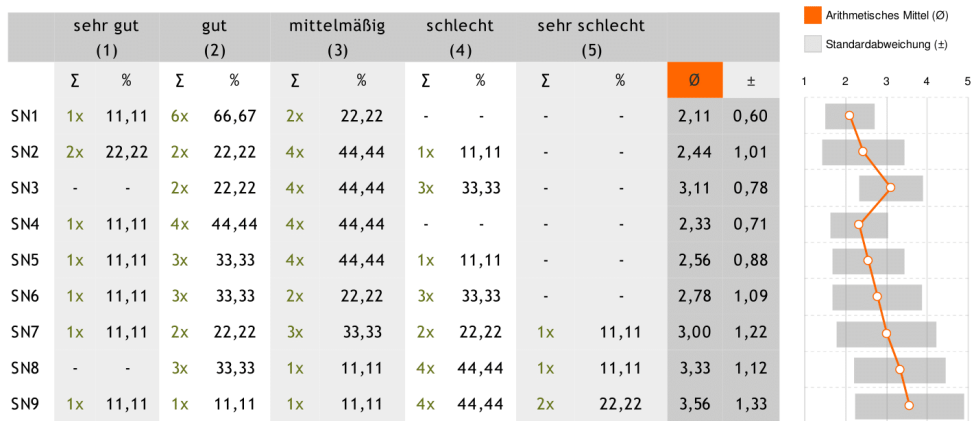
9. Wie beurteilen Sie die Snare-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



10. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Snare-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



11. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

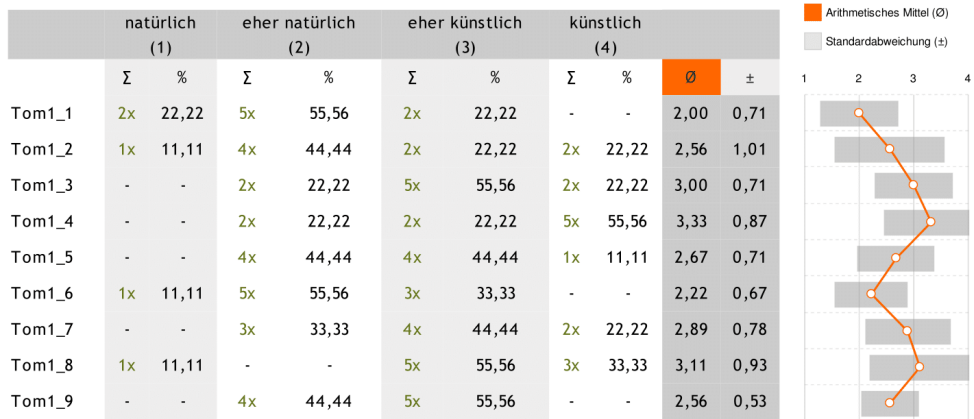
Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- SN1 - natürlich
- Großer Raum, recht entfernt
- leicht
- sample relativ unbearbeitet
- dumpf
- angenehmer nachklang, leichter kesselnachklang
- SN2 - natürlich
- mittelgroßer Raum
- zart
- wenig bis kaum raumanteil
- dumpfer
- wenig Hall, ohne großartig eigenklang des kessels
- SN3 - gebremst
- Sehr stark wahrnehmbarer Nachhall, der fast wie Direktschall klingt
- -
- unangenehme hallreflektion
- dunkel
- viel Hall
- SN4 - gebremst
- Klingt beinahe wie Gated-Reverb
- präzise
- ok
- hell
- unspektakulär
- SN5 - gebremst
- Sehr Metallisch
- etwas blass
- angenehm
- hell
- wenig Snareteppich
- SN6 - natürlich
- Kurzer Nachhall, jedoch gut wahrnehmbar
- -
- viel kesselanteil
- dumpf, dunkel, weit weg
- viel Snareteppich
- SN7 - gebremst
- Sehr begrenzte Bandbreite
- leichter Hall
- schlechte trennung ovn sample zu hall, zu dichter hall
- nah, dunkel, leise
- eigenklang des trommelkessels mit höhen erahnbar
- SN8 - gebremst
- Leichte Resonanz in den Höhen, "klirren"
- elektronisch
- knackiger hall, besseres sample als 7
- abgehackt
- tot, wenig klang der trommel
- SN9 - hohl
- Fast nur Höhen vorhanden
- sehr hoch
- entfernt, dünn, kein punch
- dumpf, hell, nah
- sehr trocken ohne nachklang

12. Wie beurteilen Sie die Tom1-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



13. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Tom1-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



14. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

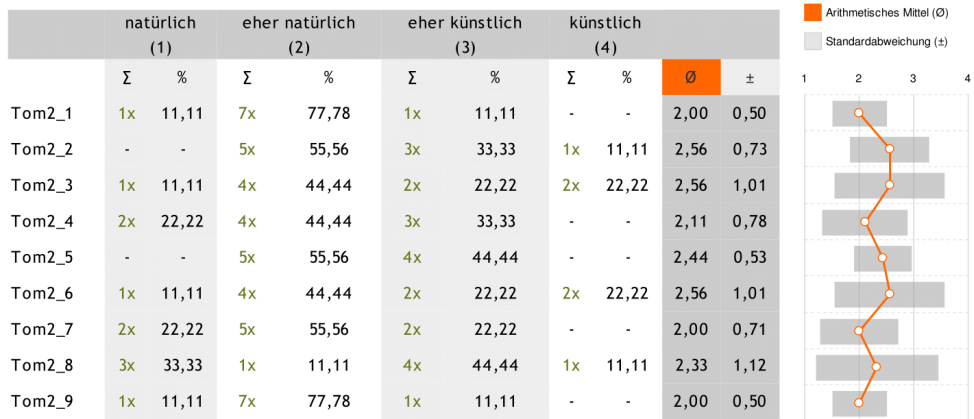
Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- Tom1_1 - mit Nachhall
- schöner Attack
- zu viel Hall
- natürlicher ausklang, viel attac
- super, hell
- knackig
- Tom1_2 - dumpf
- sehr dumpf
- schrecklich
- dumpf, dunkel, weit weg
- sehr nachtönend, kesselhöhen
- Tom1_3 - abgehackt
- hölzern
- unbrauchbar für mix
- abghackt, weg
- leicht trocken
- Tom1_4 - dumpf
- kein Raum wahrnehmbar
- syntiesound
- ok
- leise, dumpf,
- tot, kein eigenklang
- Tom1_5 - dumpf
- ok
- voluminöser, attackreich
- hallend, dumpf,
- unspektakulär
- Tom1_6 - gut
- Sehr sehr kleiner Raum
- ok
- zu kurzes predelay? unstimmig klingend
- hallend, hell, nah
- viel hall, klingt leicht rauschig
- Tom1_7 - dumpf
- dumpf und Hallig
- unpassende reflexion
- dumpf, leise, dunkel, weit weg
- minimal bauchig
- Tom1_8 - dumpf
- Zu laute frühe Reflektionen
- etwas dumpf
- klingt digital in den höhen
- dunkel, abgehackt, dumpf
- nicht bauchig
- Tom1_9 - dumpf
- dumpf und Hallig
- ok
- hallend, nah
- unspektakulär

15. Wie beurteilen Sie die Tom2-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



16. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Tom2-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



17. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

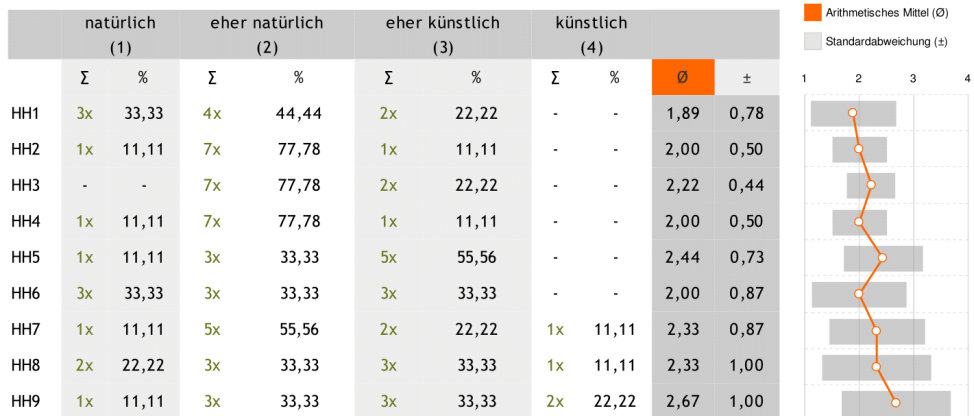
Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- Tom2_1 - dumpf
- etwas schwach
- annehmbar
- dumpf, leise, nah
- unspektakulär
- Tom2_2 - hohl
- kein Raum wahrnehmbar
- ok
- dumpf aber ok
- nachhallend, blechern
- sehr trocken
- Tom2_3 - dumpf
- ok
- hall zu sample unstimmig
- laut, nah
- sehr hallig
- Tom2_4 - dumpf
- etwas zu dumpf
- in ordnung
- dumpf,
- unspektakulär
- Tom2_5 - dumpf
- angenehm
- undefinierter attack sonst ok
- leise, weit weg
- wenig raumklang
- Tom2_6 - gut
- angenehm
- unbrauchbar
- hallend, weit weg, blechern
- wenig schlagklang
- Tom2_7 - abgehackt
- deutlich wahrnehmbarer Hall
- klingt getriggert
- hall ok, tom schlecht gestimmt
- nah, super, hell
- sehr hallig
- Tom2_8 - gut
- Klingt wie ein doppelter Schlag
- irgendwie gedoppelt
- viel attack
- hallend, hell, nah
- sehr wenig Raumklang, sehr schlaglastig (Fell)
- Tom2_9 - gut
- ok
- sample schwach, hallok
- nachhallend, gummimäßig
- unspektakulär

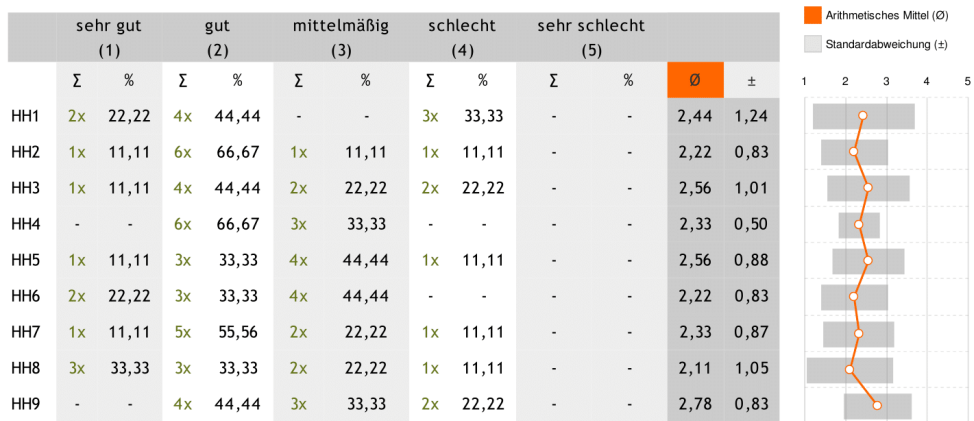
18. Wie beurteilen Sie die HiHat-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



19. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen HiHat-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



20. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- HH1 - abgehackt
- natürlich
- rauschen im sample sonst ok
- HH2 - abgehackt
- gut
- ok
- hell
- HH3 - hohl
- etwas gepresst
- ok
- nah, hell, laut
- HH4 - abgehackt
- -
- ok
- nah, hell, laut
- HH5 - abgehackt
- seltsam
- ok
- dumpf, leise
- HH6 - abgehackt
- gut
- klingt länger nach als vorherige samples
- dumpf, leise
- HH7 - abgehackt
- etwas gepresst
- angenehmstes bisher
- hell, leise dumpf
- HH8 - tonlos
- Schön weit im Panorama
- sehr gut, echt
- dichter hall, mehr volumen
- offen, hell
- sehr hallig
- HH9 - tonlos
- natürlich
- unpassender hall, klang des samples eher lala
- blechern, weit weg
- noch halliger

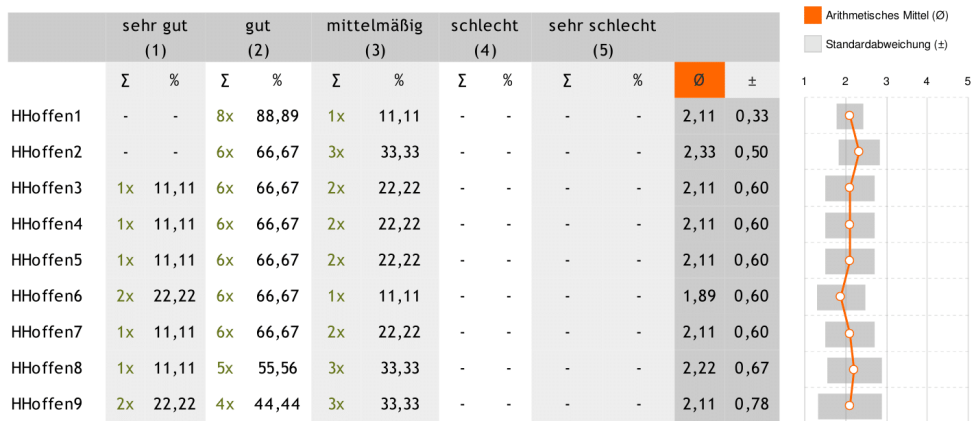
21. Wie beurteilen Sie die HiHat(offen)-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



22. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen HiHat(offen)-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



23. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

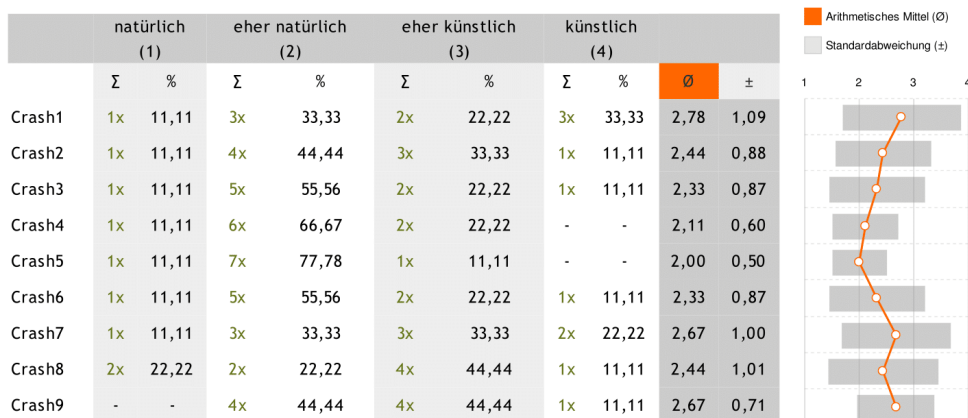
Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- HHoffen1 - scheppernd
- etwas hell
- ok
- super, hell, offen
- ein wenig hall
- HHoffen2 - scheppernd
- klang flacht schnell ab
- in ordnung
- nah, hell, offen
- HHoffen3 - scheppernd
- gut
- ok
- nah, hell, offen
- HHoffen4 - angenehm
- gut
- direkter
- weit weg, dumpf, blechern
- HHoffen5 - scheppernd
- gut
- in ordnung
- nah,
- HHoffen6 - angenehm
- gut
- ok
- HHoffen7 - abgehackt
- Raum gut wahrnehmbar
- gut
- hoher raumanteil
- hallend
- HHoffen8 - scheppend
- räumlicher
- knackiger denn 7
- HHoffen9 - scheppernd
- Raum gut wahrnehmbar
- zu viel Hall
- sehr hoher raumanteil
- weit weg, hallend
- sehr viel nachklang

24. Wie beurteilen Sie die Crash-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



25. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Crash-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



26. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

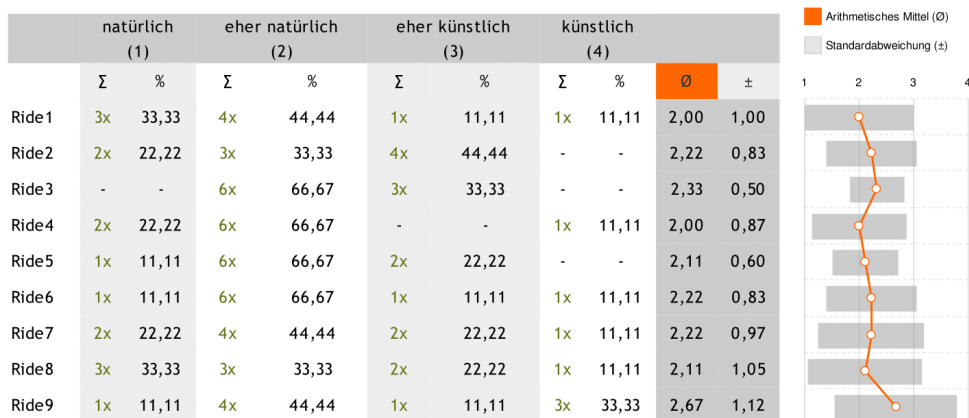
Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- Crash1 - schallend
- -
- wer will das hören???
- hallend, glockenspielmäßig
- viel raumklang
- Crash2 - scheppernd
- -
- besser
- dumpfer, hallend
- viel raumklang
- Crash3 - dumpf
- -
- ok
- super
- wenig glockenklang
- Crash4 - normal
- ok
- bestes bisher
- hallend
- kaum raumklang
- Crash5 - scheppernd
- Hall bringt das eigentliche Crashes schön hervor
- -
- unangenehmer ausklang des samples
- hallend
- kaum raumklang
- Crash6 - normal
- gut
- sehr prägnant anfangs
- hell, hallend, blechern
- wenig raumklang
- Crash7 - hallend
- ?
- klingt endlich räumlich angenehm
- laut, dumpf, hallend, blechern
- viel raumklang
- Crash8 - hallend
- ok
- ok
- dumpfer, dunkler
- viel raumklang
- Crash9 - hallend
- gut
- ok
- blechern
- viel raumklang

27. Wie beurteilen Sie die Ride-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



28. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Ride-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



29. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

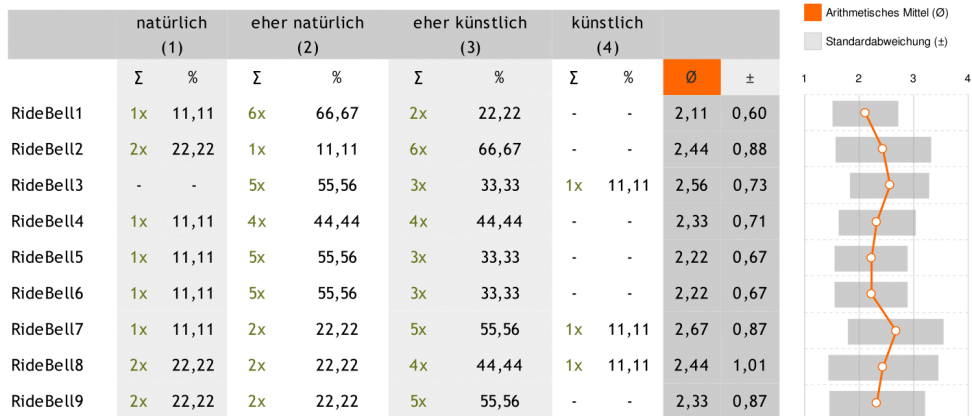
Anzahl Teilnehmer: 5

1. Spalte

- Ride1 - unrund
- angenehm, bauchig
- dumpf, schief, hallend
- Ride2 - unrund
- unangenehmer ausklang, dichter hall
- dumpfer, hallend, dunkel
- Ride3 - ok
- ok
- hallend, blechern
- Ride4 - Schönes Panorama
- ok
- in ordnung
- hallend, super
- Ride5 - -
- ok
- hallend
- Ride6 - sehr gut
- angenehm
- hell, hallend
- warmer Klang
- Ride7 - gut
- surren des rides störend
- hallend, hell, nah
- Ride8 - Angenehme Release
- sehr gut, voll
- ok
- hallend, hell
- warmer Klang
- Ride9 - etwas blechern
- besser
- blechern, hallend
- klingt leer

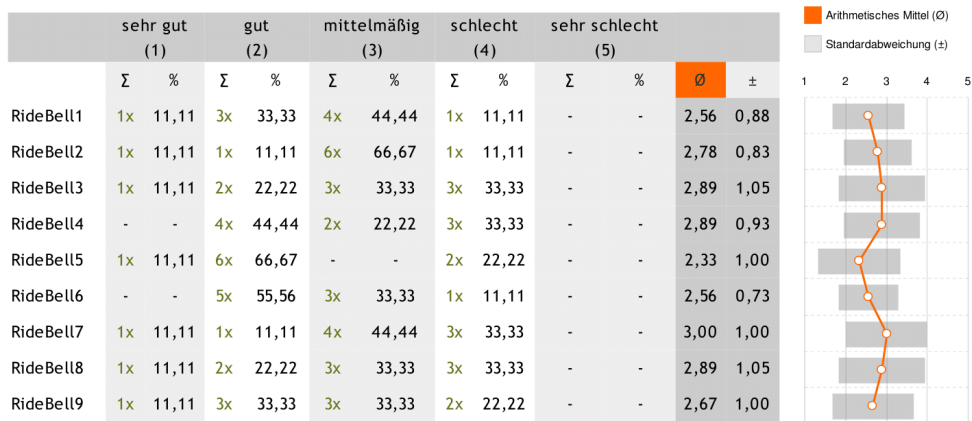
30. Wie beurteilen Sie die Ride(Bell)-Sample bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



31. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Ride(Bell)-Samples? *

Anzahl Teilnehmer: 9



32. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

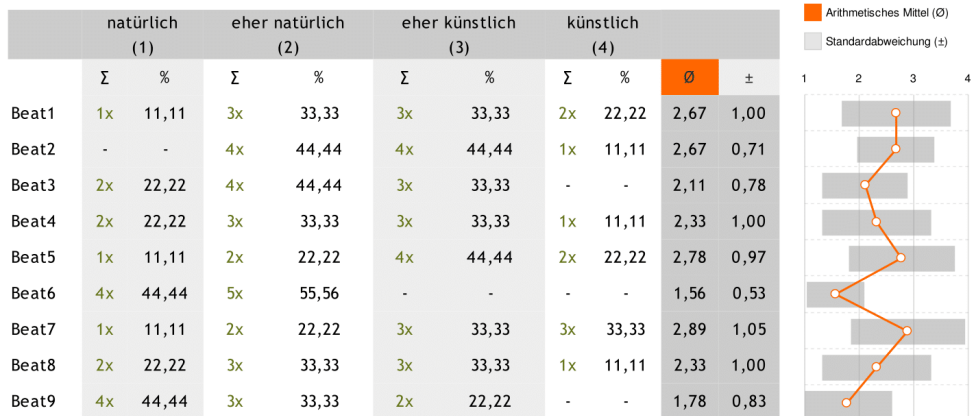
Anzahl Teilnehmer: 4

1. Spalte

- RideBell1 - etwas dumpf
- ok
- hell
- RideBell2 - klar
- resonanz klnigt stark nach
- dumpf
- anfangs-"ksch"
- RideBell3 - etwas zurückhaltend
- ok
- hallend
- RideBell4 - gut
- weniger ansprechend
- blechern, hallend
- RideBell5 - gut
- ok
- dumpf, hallend
- RideBell6 - wirkt echt
- in ordnung
- hell, dumpf, hallend
- RideBell7 - etwas zurückhaltend
- so lala
- dumpf, hallend, blechern
- RideBell8 - -
- ok
- dumpf
- klar
- RideBell9 - gut
- ok
- dumpf, hallend, weit weg
- mit anfangs-"ksch"

33. Wie beurteilen Sie den Beat bezüglich der Natürlichkeit? *

Anzahl Teilnehmer: 9



34. Wie gefällt Ihnen der Klang des jeweiligen Beats? *

Anzahl Teilnehmer: 9



35. Beschreiben Sie den Klang genauer (Besonderheiten, klingt wie, ...)

Anzahl Teilnehmer: 6

1. Spalte

- Beat1
- deutlich
 - Sehr trocken
 - Becken besser als Drums
 - dumpf, deutlich zu viel raumanteil mulmend insgesamt
 - dumpf, weit weg
 - sehr klar
- Beat2
- dumpf
 - Kick kommt stark hervor
 - Base seltsam, Rest ok
 - besser, bd reflexion stört, toms klingen unangenehm
 - präsent
 - matschig
- Beat3
- dumpf
 - Sehr trocken
 - etwas dumpf
 - wir nähern uns an :)
 - dumpf, präsent
- Beat4
- dumpf
 - Kleiner Raum
 - dumpf, allg. zu tief
 - bd und toms störend
 - dumpf, weit weg, bass lastig
 - recht hallig
- Beat5
- ohne bass
 - Sehr dumpfer, kleiner Raum
 - klingt echt aber seltsame raumakustik
 - klingt wie im tunnel, sehr eng
 - dumpf, weit weg, tief, dunkel
 - matschig durch die base hauptsächlich
- Beat6
- deutlich
 - Klingt nach Studioakustik, eher trocken, angenehme "Entfernung"
 - guter klang, Toms etwas dumpf
 - besser
 - präsent
 - recht klar
- Beat7
- deutlich
 - zu viele frühe Reflexionen
 - unangenehm
 - erneut bd und toms unangenehm
 - sehr dumpf, dunkel, weit weg
 - sehr durchsetzungsstark
- Beat8
- sehr deutlich
 - zu viele frühe Reflexionen
 - bis auf Toms gut, etwas dezent aber passt
 - siehe oben
 - nah, dumpf
- Beat9
- dumpf
 - Angenehme frühe Reflexionen, Cymbals zu "nah"
 - gut
 - mein persönlicher favorit, klingt nach raummikros
 - dumpf, dunkel, weit weg
 - base wenig hall...klingt wie trockener Konzertmix

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