

Bachelorarbeit im Studiengang Audiovisuelle Medien

ECHTHALL UND HALLEMULATIONEN BEI MUSIKPRODUKTIONEN

UNTERSCHIEDE IN AUFNAHME, WORKFLOW, MISCHUNG UND KLANG

vorgelegt von Florian Kontny

Matrikelnummer: 26007

an der Hochschule der Medien Stuttgart

am 13.09.2016

Erstprüfer: Prof. Oliver Curdt

Zweitprüfer: Heiko Schulz

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie viel Einfluss die klanglichen Eigenschaften eines Studioraums bei einer zeitgenössischen Musikproduktion haben und inwiefern man diese mit digitalen und analogen Halleffekten simulieren kann.

Bewertet werden hierbei nicht nur Klangergebnisse, sondern auch Unterschiede in Aufnahme und Arbeitsweise.

In der heutigen Zeit realisieren viele Künstler mit der immer erschwinglicher werdenden Digitaltechnik ihre Produktionen in Proberäumen oder im Wohnzimmer und verzichten auf professionelle Aufnahmeräume. Räumlichkeiten und Nachhall können ganz einfach durch verschiedenste Plug-Ins simuliert werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand einer praktischen Musikproduktion in verschiedenen Räumen ein Stück aufzunehmen, es mit Raumsimulationen zu vergleichen und die daraus resultierenden Unterschiede zu untersuchen und zu bewerten.

ABSTRACT

This thesis deals with the question what influence the sound characteristics of a studio for a contemporary music production have and to what extent it can be simulated by analogue and digital reverb-effects. Not only will the sound quality be evaluated, but also the differences in recording and workflow.

Today, many artists can put on their productions in rehearsal or living rooms due to digital technology becoming cheaper and cheaper. Room and reverb may be simulated by various plug-ins.

The focus of this work is on considering and evaluating the resulting differences of a practical music production with recorded and simulated reverb.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

„Hiermit versichere ich, Florian Kontny, an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Echthall und Hallemlationen bei Musikproduktionen - Unterschiede in Aufnahme, Workflow, Mischung und Klang“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 23 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO der HdM) sowie die strafrechtlichen Folgen (gem. § 156 StGB) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.“

Florian Kontny, Matrikelnr.: 26007, Stuttgart, den 13.09.2016

Hinweis:

Die für das Verständnis der Arbeit benötigten Hörbeispiele befinden sich auf einem beigefügten USB-Datenspeicher

INHALT

1. Einleitung 1	7
1.1 Aufbau der Arbeit	7
2. Theoretische Grundlagen	8
2.1 Schall.....	8
2.2 Hörbarer Frequenzbereich	8
2.3 Raumakustik.....	9
2.3.1 Beugung	10
2.3.2 Reflexionen	10
2.3.3 Absorption	10
2.3.4 Interferenzen	11
2.4 Hall.....	11
2.4.1 Nachhallzeit	12
2.4.2 Hallradius	13
2.5 Impulsantworten.....	13
2.6 Raumakustik und Nachhall in Aufnahmestudios.....	14
2.7 Raummikrofonierungsverfahren in Stereo	15
2.7.1 Richtcharakteristika von Mikrofonen	15
2.7.2 Intensitätsstereofonie	16
2.7.3 Laufzeitstereofonie	17
2.7.4 Gemischte Verfahren	17
2.7.5 Raummikrofone	18
2.8 Hallemulationen	18
2.9 Analoge Hallemulationen	19
2.9.1 Verzögerungen durch Bandmaschinen	19

2.9.2 Federhall	19
2.9.3 Hallplatte	20
2.9.4 Folienhall	20
2.10 Digitale Hallemulationen.....	21
2.10.1 Algorithmischer Hall	21
2.10.2 Faltungshall	22
2.10.3 Aufnehmen von Impulsantworten	24
2.10.4 Parameter bei Halleffekten	25
2.11 Raumästhetik.....	26
3. Praktische Produktion.....	27
3.1 Intention.....	27
3.2 Vorbereitungen.....	28
3.3 Über die Künstler.....	29
3.4 Aufnahmesaal A Baderstudios Weil der Stadt.....	29
3.5 Studio E HdM Stuttgart.....	30
3.6 Technisches Equipment.....	31
3.6.1 Mikrofone	31
3.6.2 Vorverstärker und Wandler	32
3.7 DAW (Digital Audio Workstation).....	33
3.8 Hall Plug-ins.....	33
4. Die Aufnahmen.....	34
4.1 Aufnahme 1 im Aufnahmesaal A der Baderstudios.....	36
4.2 Aufnahme 2 im Studio E der HdM Stuttgart.....	37
4.3 Aufnahme und Erstellung der Impulsantworten.....	38
5. Workflow Echthall und Hallemulation.....	39
5.1 Workflow Echthall.....	39

5.2 Workflow bei Hallemulationen	40
6. Die Mischungen	40
7. Vergleiche	42
7.1 Die Mischungen im Vergleich	42
7.1.1 Klang	42
7.1.2 Ortung	43
7.1.3 Tiefenstaffelung	45
7.2 Echthall und Hallemulation	46
7.2.1 Klang	46
7.2.2 Ortung	48
7.2.3 Tiefenstaffelung	48
7.2.4 Monokompatibilität von Echthall und Hallemulationen	49
7.3 Einfluss des Aufnahmeraums auf die Künstler	50
7.4 Auswertung der Umfragen	51
8. Fazit	52
9. Anlagen	54
9.1 Datenspeicher	54
9.2 Umfragen	54
9.3 Abkürzungverzeichnis	59
9.4 Tabellenverzeichnis	60
9.5 Abbildungsverzeichnis	60
9.6 Quellenverzeichnis	61
9.7 Danksagung	62

1. EINLEITUNG

In der heutigen Zeit wird die Wertschätzung für große und akustisch perfekt konzipierte Studios und Aufnahmeräume immer geringer. Mit der rasanten Entwicklung der Digitaltechnik und den immer geringer werdenden Preisen können selbst Hobbymusiker mit dem nötigen Know-How Musikproduktionen auf einem sehr hohen Niveau eigenständig realisieren. Was hierbei oft vergessen wird, ist die akustische Beschaffenheit eines Raumes. Denn bei Musikaufnahmen ist nicht nur die Technik hinter dem Mikrofon wichtig, sondern auch was davor geschieht (Freisecke, 2007, S. 3). Hier spielt die Wahl des Raumes eine sehr große Rolle. So gibt es je nach Musikrichtung und Instrument verschiedene Anforderungen an die akustische Beschaffenheit eines Raumes (Hapke, 2006, S. 19).

Es gibt mittlerweile eine große Auswahl an Raumsimulatoren und Halleffekten, wie z. B. das Reverb-Bundle von Lexicon (Lexicon by Harman, 2016), mit welchen man nachträglich einen Raum simulieren kann. Viele dieser Effekte bieten auch die Möglichkeit, die akustischen Raumeigenschaften bekannter Studios und Konzertsäle auszuwählen. Beschäftigt man sich etwas näher mit der Raumakustik von Tonstudios, so merkt man, wie viel Konzeption und Aufwand betrieben werden muss, um eine Aufnahme räumlich perfekt klingen zu lassen. Aus diesen Aspekten entwickelte sich die Fragestellung dieser Arbeit:

Inwiefern unterscheiden sich Aufnahmen in verschiedenen Räumen, und inwiefern können diese simuliert werden.

1.1 AUFBAU DER ARBEIT

Hauptbestandteil dieser Thesis ist die praktische Produktion eines zeitgenössischen Musikstückes in verschiedenen Räumen. Anhand dieser praktischen Ergebnisse wird die Fragestellung bearbeitet und auf folgende Punkte hin bewertet:

Die klanglichen Unterschiede von Echthall verschiedener Räume und deren Emulation, die Unterschiede bei der Aufnahme im Workflow und der Mischung sowie der subjektive Eindruck der aufgenommenen Künstler.

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den grundlegenden tontechnischen Begriffen der Raumakustik, um die praktischen Ergebnisse im zweiten Teil der Arbeit untersuchen und bewerten zu können.

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

2.1 SCHALL

Schall entsteht normalerweise durch das Hin- und Herbewegen von Luftteilchen (Freisecke, 2007, S. 13). Diese Bewegung beschreibt eine Luftdruckänderung, die von einer Schallquelle erzeugt wird. Diese Schalldruckänderungen werden in der Tontechnik als Verhältnis zwischen einem festen Bezugswert und dem Wert der Änderung in Dezibel (dB) angegeben. Diese Hilfseinheit beschreibt den Schalldruckpegel einer Schallquelle.

Schall breitet sich wellenförmig aus. Das Phänomen der Schallausbreitung ist vergleichbar mit dem Wurf eines Steines in einen See. Auch wenn dieser Vergleich nicht ganz zutrifft, veranschaulicht er das Phänomen der Schallausbreitung sehr deutlich. Der Stein steht für die Schallquelle. Bei dem Wurf in das Wasser entstehen Wellen, die sich kreisförmig um den Erregerpunkt ausbreiten (Freisecke, 2007, S. 13). Dies nennt man Kugelwelle. Wenn sich eine Schallwelle immer weiter von der Schallquelle entfernt, wird die Wölbung der kreisförmigen Ausbreitung immer geringer, bis sie in eine ebene Ausbreitung übergeht. Diese wird dann als ebene Welle bezeichnet (Dickreiter, 2011, S. 2).

Um eine Schallwelle beschreiben zu können sind folgende Größen wichtig:

- Die **Wellenlänge** ist der Abstand zwischen dem Beginn der Welle und der ersten Wiederholung des Schwingungsbildes.
- Die **Frequenz** beschreibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde und wird in Hertz (Hz) angegeben.
- Die **Amplitude** gibt die größte Auslenkung einer Schwingung aus ihrer Ruhelage an.
- Die **Phase** beschreibt den Zustand einer Welle an einem Ort und zu einem Zeitpunkt. (Dickreiter, 2011, S. 2 / 5).

2.2 HÖRBARER FREQUENZBEREICH

Der hörbare Frequenzbereich für den Menschen liegt in etwa zwischen 16 Hz und 20 kHz. Die obere Hörgrenze kann, je nach Alter, zwischen 10 und 20 kHz variieren. Je älter man wird, desto tiefer sinkt die obere Hörgrenze. Auf Grund des Aufbaus unseres Ohres nehmen wir nicht alle Frequenzen gleich stark wahr. Die Wahrnehmung für Frequenzen erfolgt nicht linear, sondern logarithmisch (Freisecke, 2014, S. 117). Deshalb sind auch alle Frequenzanalysen, die

im Rahmen dieser Arbeit gefertigt wurden, in dieser Weise angegeben.

Der hörbare Bereich lässt sich in der Tontechnik in vier Bereiche einteilen:

Bass oder Tiefen (20 Hz - 200 Hz), Tiefmitten oder untere Mitten (200 Hz - 1 kHz), Hochmitten oder obere Mitten (1 kHz - 5 kHz), Höhen (5 kHz - 20 kHz).

Im Bassbereich befindet sich der Grundtonbereich tiefer Instrumente wie Bass-Drum oder Bass-Gitarre. Diese tiefen Bässe sind auch „spürbar“. Man spricht hier vom Druck.

Der Grundtonbereich der meisten Instrumente befindet sich in den Tiefmitten. Hier bewirken kleine Veränderungen im Klang starke Auswirkungen für das menschliche Ohr.

Der obere Mittenbereich bringt Klarheit und Präsenz in ein Klangbild. Der Höhenbereich besteht aus Obertönen und Geräuschanteilen der Instrumente (Henle, 2001, S. 242-243).

2.3 RAUMAKUSTIK

Da Studioaufnahmen immer in geschlossenen Räumen stattfinden, müssen auch die daraus resultierenden akustischen Phänomene berücksichtigt werden.

Diese verändern den Schall und fügen ihm wichtige Informationen hinzu. Daraus entsteht ein angenehmes und für uns verständliches Klangempfinden. Das menschliche Ohr ist es von Beginn an gewöhnt, Schallquellen aus einer gewissen Entfernung wahrzunehmen und nicht aus direkter Nähe. Doch durch den Abstand zur Schallquelle nehmen wir das Ereignis nicht nur leiser wahr, sondern [...] „es gibt bei der Ausbreitung von Schallwellen auch gewisse Effekte, die Einfluss auf die Ausbreitung haben“ (Freisecke, 2007, S. 30).

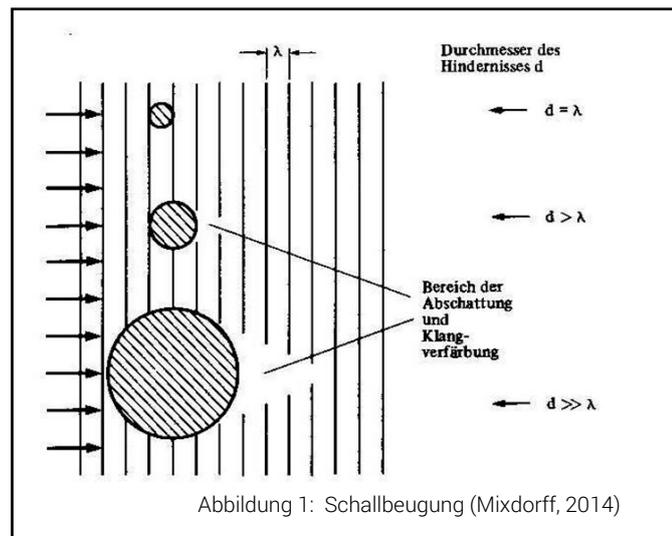
Die Ausbreitung von Schallwellen ist abhängig von der Wellenlänge dieser.

Die Wellenlänge (λ) errechnet sich aus der Schallgeschwindigkeit (344 m/s) durch die Frequenz der jeweiligen Welle in Hz (Freisecke, 2007, S. 30).

Im Folgenden werden diese, für Tonstudioaufnahmen relevanten, Effekte erklärt.

2.3.1 BEUGUNG

„Schallbeugung [...] beschreibt wie und ob eine Schallwelle um ein Hindernis herum gelangen kann (Freisecke, 2007, S. 31).“ Hierbei gilt, ist das Hindernis größer als die Welle, kann sich diese nicht darum beugen und es entsteht ein Schallschatten hinter dem Objekt. Ist das Hindernis kleiner, beugt sich die Welle. Vollständige Abschattung tritt nur auf, wenn die



Welle mittig auf das Hindernis trifft (Freisecke, 2007, S. 31f.). Da dieses Phänomen abhängig von der Wellenlänge ist, entstehen selten Abschattungen aller Frequenzen zugleich, sondern nur teilweise Schallschatten, die das Klangbild verändern.

Dieser Effekt ist bei Studioaufnahmen vor allem bei der Mikrofonierung zu beachten, denn auch hier können durch die Membran, den Korb oder das gesamte Gehäuse des Mikrofons Abschattungen entstehen, ebenso bei akustischen Trennelementen wie Gobos.

2.3.2 REFLEXIONEN

Reflexionen einer Schallwelle entstehen immer dann, wenn sie auf Bereiche mit „höherer oder niedrigerer akustischer Impedanz“ (Freisecke, 2007, S. 33) stoßen. In der Praxis sind dies zum Beispiel Wände. Hier werden die Wellen nach dem Reflexionsgesetz, das man aus der Optik kennt, umgelenkt. Für eine vollständige Reflexion muss das Hindernis mindestens in der Größenordnung der Wellenlänge liegen. Ansonsten wird nur ein kleiner Teil reflektiert und der Rest gebeugt (Freisecke, 2007, S. 33).

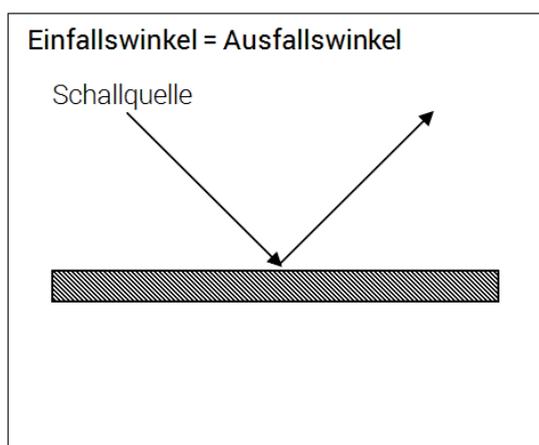


Abbildung 2: Reflexion

2.3.3 ABSORPTION

„Treffen Schallwellen auf Objekte, die durch Resonanzen oder Reibungsverluste die Schallwelle schwächen, so spricht man von einer Absorption“ (Freisecke, 2007, S. 36).

Bei der Absorption handelt es sich demzufolge um die Aufnahme oder das Verschlucken von Schall.

Dies wird im Absorptionsgrad von 0 bis 1 angegeben. Ein Absorptionsgrad von 1 bedeutet, dass der gesamte Schall verschluckt wird und nichts reflektiert wird, 0 bedeutet eine komplette Reflexion (Dickreiter, 2011, S. 22). Auch die Absorption ist stark abhängig von der Wellenlänge und wird meist in Relation zu dieser angegeben (Freisecke, 2007, S. 36).

2.3.4 INTERFERENZEN

In Räumen wird das Überlagerungsmuster von Schallwellen Interferenzen genannt. Treffen zwei Schallwellen vollkommen gleichphasig aufeinander, so addiert sich ihr Schalldruck. Treffen sie allerdings gegenphasig aufeinander, löschen sie sich gegenseitig aus (Freisecke, 2007, S. 34). Bei einem teilweisen Phasenversatz gibt es keine Auslöschung, sondern es findet eine Dämpfung statt. Bei Schallquellen im Raum können durch die Überlagerung der direkten Schallwellen und der reflektierten Schallwellen Einbrüche im Frequenzgang entstehen, was zu einer Veränderung der Klangfarbe führt.

2.4 HALL

Hall wird definiert als Nachhall eines Direktsignals. Er erweitert das Schallereignis in jedem Moment des Auftretens um einen Ausklang. Pausen in der Musik werden so zum Beispiel teilweise ausgefüllt, (siehe Abb. 3).

Dem Direktsignal werden Informationen des jeweiligen Raumes hinzugefügt.

Nachhall besteht aus vielen diffusen Reflexionen, die aus allen Richtungen kommen. Er erreicht den Hörer mit einer gewissen Verzögerung, da der Raum erst angeregt werden muss. Die Struktur des Halls lässt sich in drei aufeinander folgenden Schritten beschreiben:

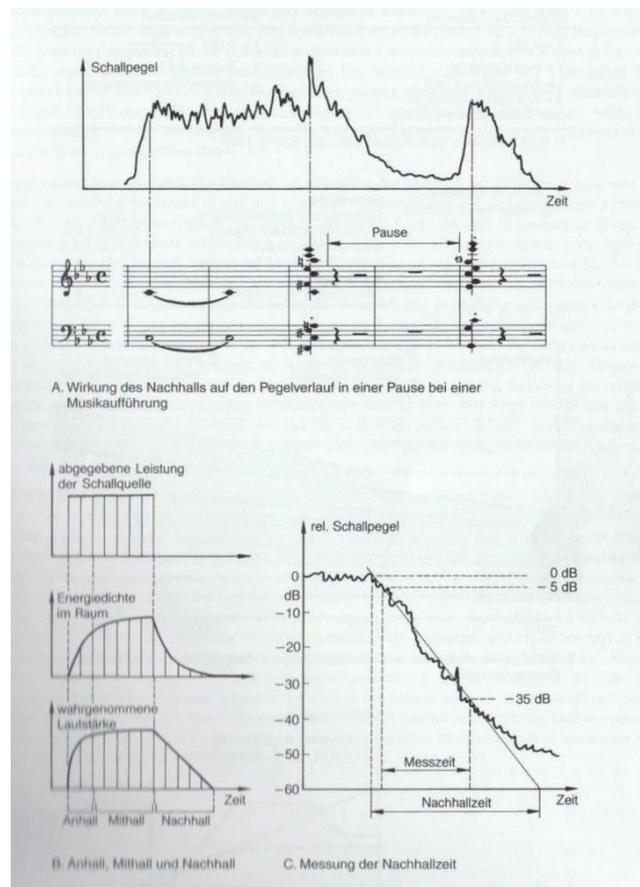


Abbildung 3: Anhall, Mithall, Nachhall (Dickreiter, 2011, S. 27)

Die zeitliche Aufbauphase wird Anhall genannt. Als Mithall wird der Nachhall des vorigen Schallereignisses, während des aktuellen, bezeichnet. Der Nachhall beschreibt das Ausklingen des Ereignisses, sobald es beendet ist (Dickreiter, 2011, S. 26).

Der zeitliche Verlauf eines Schallfeldes setzt sich ebenfalls aus drei verschiedenen Schallereignissen zusammen.

Den Hörer erreicht als erstes der Direktschall. Frühe Reflexionen oder auch Early Reflections werden die ersten Reflexionen genannt, die beim Hörer eintreffen. Der zeitliche Abstand dieser zu dem Direktschall gibt die größte Auskunft darüber, in was für einem Raum wir uns befinden (Freisecke, 2007, S. 44).

Jede Reflexion kann als *neue* Schallquelle im Raum betrachtet werden und erzeugt wiederum eine Reflexion. Dieser Vorgang wiederholt sich mehrfach. Bei jeder Wiederholung verliert der Schall an Energie und wird leiser.

So entstehen viele Reflexionen, die zu einem diffusen Nachhall verschmelzen.

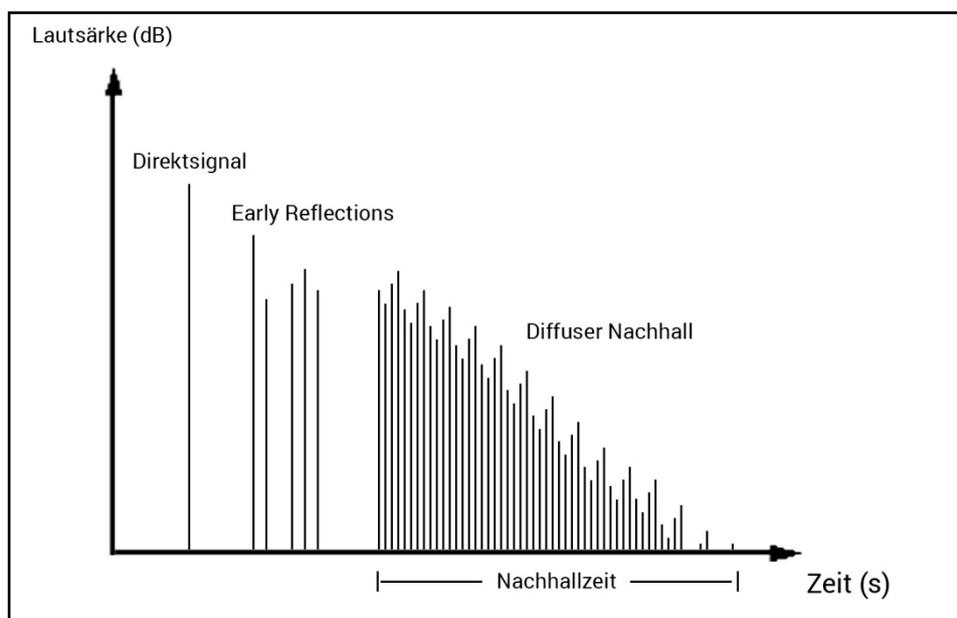


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf eines Schallfeldes

2.4.1 NACHHALLZEIT

„Die Nachhallzeit wird mit dem Wert RT60 angegeben“ (Freisecke, 2007, S. 46). Dieser Wert steht für die Zeit, die es braucht, bis der Nachhall eines Schallereignisses nach Beendigung dieses Ereignisses um 60 dB leiser geworden ist. Die Nachhallzeit lässt sich wie folgt nach W.C. Sabine berechnen:

$$RT60 = 0,163 \times \frac{v}{S \times \alpha}$$

Wobei $RT60$ die Nachhallzeit in Sekunden ist, v das Raumvolumen in m^3 , S die Raumgesamtoberfläche in m^2 und α der mittlere Absorptionskoeffizient des Raums (dieser darf nicht größer sein als 0,25) (Freisecke, 2007, S. 47).

Bei größeren Absorptionskoeffizienten gilt die Berechnung nach Eyring:

$$RT60 = 0,163 \times \frac{v}{-S \times \ln \times (1 - \alpha)}$$

2.4.2 HALLRADIUS

Der Hallradius beschreibt den Punkt im Raum, an dem der Direktschall und der Diffusschall (Nachhall) die gleiche Lautstärke besitzen. Dieser lässt sich folgendermaßen berechnen:

$$rH = 0,057 \times \sqrt{\frac{v}{RT60}}$$

RH = Hallradius

V = Raumvolumen in m^3

RT60 = Nachhallzeit (siehe Kapitel 2.4.1)

(Freisecke, 2007, S. 42)

In der Studiopraxis ist der Hallradius oft deutlich größer aufgrund einer gerichteten Schallabstrahlung und der Verwendung von gerichteten Mikrofonen. Als Lösung kann man hier ein Mikrofon im Diffusschall platzieren und sich mit einem zweiten der Schallquelle solange nähern, bis der Pegelunterschied der beiden Mikrofone 3 dB beträgt. Hier befindet sich der Hallradius. Für diese Methode sollten die Richtcharakteristika eingesetzt werden, mit denen auch aufgenommen werden soll (Dickreiter, 2011, S. 30).

2.5 IMPULSANTWORTEN

Als Impulsantwort bezeichnet man die Reaktion eines Systems auf einen am Eingang angelegten Impuls (Kuttruff, 2004, S. 29). In unserem Fall – der Raumakustik – ist es die Reaktion eines Raumes auf ein Schallereignis. Im zeitlichen Verlauf des Schallfeldes ist das der gesamte Bereich nach dem Direktsignal (siehe Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf eines Schallfeldes).

2.6 RAUMAKUSTIK UND NACHHALL IN AUFNAHMESTUDIOS

In Aufnahmestudios ist die Akustik unter zwei verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten. Der Bau- und der Raumakustik (Dickreiter, 2011, S. 34). Bei der Bauakustik geht es darum, den Raum von Außen möglichst gut abzuschotten, um Störgeräusche wie Verkehrslärm, Klimaanlage, Trittschall u.v.m. zu vermeiden. Die Raumakustik beschäftigt sich mit den klanglichen Eigenschaften des Raumes und wie sich die frühen Reflexionen und der Nachhall verhalten. Bei der Konzeption eines Aufnahme-raums geht es also zum einen um die akustische Trennung der Außenwelt und zum anderen um eine möglichst gut klingende Raumantwort auf Tonsignale. Dies hängt stark von dem Zweck des Studios ab. Für eine klare und saubere Aufnahme bei Sprach- und Musikproduktionen wird in Tonstudios eine hohe Raumruhe vorausgesetzt.

Frühe Reflexionen erleichtern das Erkennen eines Raumes für das menschliche Ohr, wohingegen sie bei Mikrofonaufnahmen den Klang auch stark negativ beeinflussen können. Diese negativen Eigenschaften treten vor allem in kleinen Aufnahme-räumen auf. Grund hierfür ist eine laute und zeitlich frühe Reflexion des Direktsignals. Befinden sich die ersten Reflexionen in einem zeitlichen Abstand zwischen 0,8 - 15 ms (Dickreiter, 2011, S. 34) zu dem Direktschall, so entstehen partielle Überlagerungen der beiden Schallereignisse und es kommt zu frequenzabhängigen Auslöschungen, was eine klangliche Verfärbung des Mikrofon-signals zur Folge hat. Diese Veränderung ist dann zu vernachlässigen, wenn der Abstand der Lautstärke von Reflexion zum Direktsignal mindesten 13 dB beträgt (Dickreiter, 2008, S. 34).

Für Sprachaufnahmen im Hörbuch- und Hörspielbereich ist meist ein sehr trockenes Aufnahmeergebnis gewünscht. Hierfür werden die frühen Reflexionen in den Räumen durch schallabsorbierende Materialien weitestgehend unterdrückt, und man erreicht Nachhallzeiten zwischen 0,2 - 0,3 Sekunden (Dickreiter, 2011, S. 34). Aufnahme-räume der Unterhaltungsmusik haben Nachhallzeiten von etwa 0,3 - 1,0 Sekunden (Freisecke, 2007, S. 49). Dies hängt von der Größe der Aufnahme-studios und deren Reflexionsbeschaffenheit ab. Für akustische Produktionen ist eine größere Nachhallzeit von mindestens 0,8 Sekunden von Vorteil, damit die Instrumente ihren Klang richtig entfalten können. Bei Konzertsälen und Orchesteraufnahme-räumen bewegt sich die Nachhallzeit meist zwischen 1,0 - 2,0 Sekunden (Dickreiter, 2011, S. 36).

Viele Studios bieten auch die Möglichkeit, die Nachhallzeit durch klappbare, absorbierende Elemente an Wand und Decke sowie verschiebbare Zwischenwände (Gobos) zu verändern.

2.7 RAUMMIKROFONIERUNGSVERFAHREN IN STEREO

Die raumbezogene Aufnahme von Schallquellen in Stereo erfolgt meist durch mindestens zwei Mikrofone. Wenn zwei Mikrofone das gesamte aufzunehmende Projekt mit einem ausgewogenen Direkt- und Diffusschallanteil erfassen, spricht man von einem Stereo-Hauptmikrofon (Dickreiter, 2011, S. 148). Nimmt man nur den Diffusschall separat auf, spricht man von Raummikrofonen. Um Signale mit einer stereophonen Mikrofon-Anordnung räumlich gut abzubilden, gibt es mehrere Verfahren.

2.7.1 RICHTCHARAKTERISTIKA VON MIKROFONEN

Um den Aufbau von Stereophonie bei Mikrofonen verstehen zu können, ist ein Exkurs in die Richtwirkung verschiedener Mikrofone notwendig.

Kugel

Ein Mikrofon mit Kugel-Charakteristik nimmt Schall in Lautstärke und Frequenzgang von allen Seiten nahezu gleichmäßig auf (Hapke, 2006, S. 21)

Niere

Mikrofone mit der Charakteristik einer Niere haben ihren schallempfindlichsten Bereich auf der 0°-Achse, nehmen also den Schall von vorne auf. Schall, der von hinten kommt, wird sehr viel schwächer wahrgenommen (Hapke, 2006, S. 21).

Super- und Hyperniere

Die Super- und Hyperniere ist eine Abwandlung der Niere. Hier sitzt der schallunempfindliche Bereich nicht auf der Rückseite bei 180°, sondern eher im seitlichen Rückbereich (Dickreiter, 2011, S. 99).

Acht

Mikrofone mit der Charakteristik einer Acht sind für Schall, der von vorne oder hinten auf das Mikrofon fällt, am sensibelsten und sind für Schall an den Seiten unempfindlich (Dickreiter, 2011, S. 96,98).

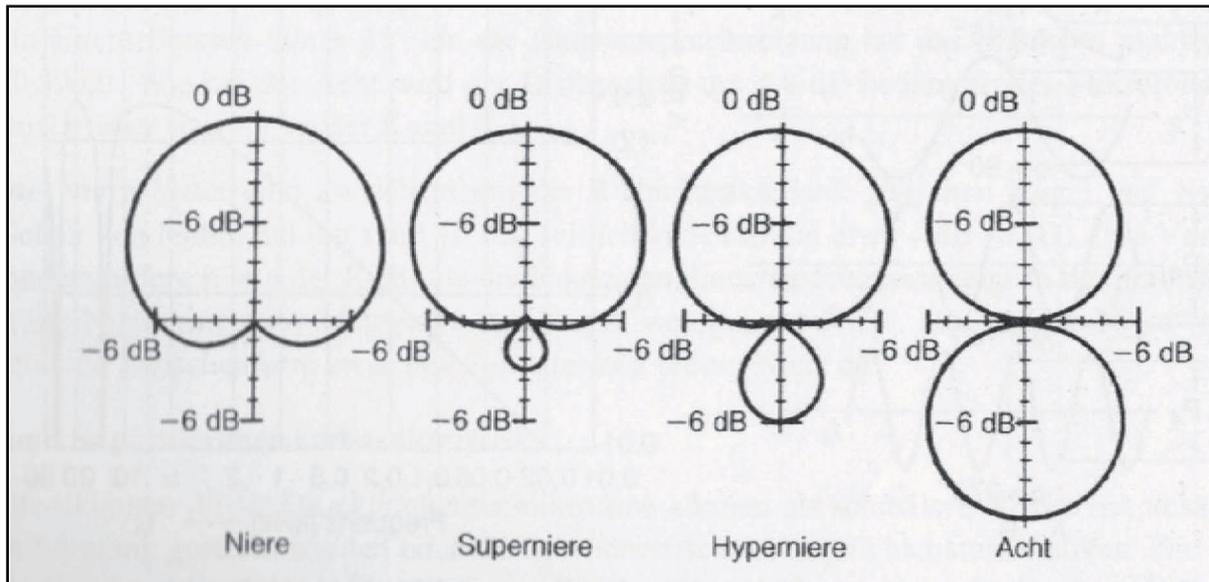


Abbildung 5: Richtcharakteristika von Mikrofonen (Dickreiter, 2011, S. 97)

2.7.2 INTENSITÄTSSTEREOFONIE

Bei der Intensitätsstereofonie wird die räumliche Verteilung der Schallquellen über Pegelunterschiede der beiden verwendeten Mikrofone erzeugt.

XY Mikrofonierung

Die XY Mikrofonierung gehört zu der Intensitätsstereofonie. Hier werden zwei Mikrofone mit gleicher Richtcharakteristik an einer Stelle positioniert und jeweils um den gleichen Winkel zu beiden Seiten, weg von der Schallquelle, gedreht.

„Das nach links weisende Mikrofon liefert das direkte Signal des Linken Kanals, Y bzw. das nach rechts weisende Mikrofon das Signal des Rechten Kanals, X“ (Dickreiter, 2011, S. 158).

Hieraus ergeben sich die Pegeldifferenzen. Für eine komplett seitliche Abbildung (Signal ausschließlich auf Kanal X oder Y) muss der Pegelunterschied beider Mikrofone mindestens 15 dB betragen. Bei zwei Nieren hat man, durch den weit außen sitzenden Punkt ihrer Dämpfung, einen sehr breiten Aufnahmewinkel. Da der aufzunehmende Winkel selten mehr als 90° beträgt, sind Hyper- und Supernieren für dieses Aufnahmeverfahren besser geeignet. Ein Sonderfall der XY Mikrofonierung ist die Verwendung von zwei Mikrofonen mit Acht-Charakteristik, auch Blumlein-Technik oder Stereosonic genannt. Da bei der Acht die Pegeldämpfung im Seitenbereich schon früher einsetzt und bei der XY Stereofonie der Pegelunterschied von 15 dB schon bei Versatzwinkeln ab $\pm 70^\circ$ vorhanden ist, kann dieses

System auch gut für kleinere Aufnahmewinkel benutzt werden. Der Nachteil ist die durch die Richtcharakteristik bedingte Tiefenabsenkung (Dickreiter, 2011, S. 158).

MS Mikrofonierung

Ein weiteres Verfahren der Intensitätsstereofonie ist die MS-Technik. Hier werden zwei Mikrofone an der gleichen Stelle angebracht. Ein Mikrofon mit beliebiger Charakteristik, das zur Mitte des Aufnahmebereichs zeigt, liefert das Mittensignal. Das zweite Mikrofon, mit der Charakteristik einer Acht, wird um 90° zur Seite gedreht und liefert so das Seitensignal. Nachteil dieser Methode ist abermals die Tiefenabsenkung der Acht. Was bei diesem System zur Folge hat, dass tiefe Frequenzen nur im Mittensignal gut abgebildet werden können. Dieser Effekt kann natürlich auch gewünscht sein. Ein deutlicher Vorteil ist, dass der Aufnahmewinkel nicht nur von der Charakteristik der Mikrofone abhängig ist, sondern vor allem von dem Pegelverhältnis zwischen Mitten und Seitensignal. Dies bedeutet, dass die Stereobreite auch im Nachhinein noch verändert werden kann (Dickreiter, 2011, S. 160).

2.7.3 LAUFZEITSTEREOFONIE

Bei der Laufzeitstereofonie erfolgt die räumliche Abbildung über zeitliche Differenzen eines Signals an beiden Mikrofonen. Hierfür werden zwei Mikrofone auf einer Linie parallel zueinander aufgestellt. Dies nennt man das AB-Verfahren. Für eine komplett seitliche Abbildung wird ein Unterschied der Laufzeit von 1 ms benötigt. Bei Dauersignalen birgt dieses System die Gefahr des frequenzabhängigen Springens der Schallquelle im Stereo Feld. Denn hierbei wird die Laufzeitdifferenz der beiden Mikrofone vom menschlichen Gehör als frequenzabhängige Phasendifferenz interpretiert. Beträgt diese Differenz mehr als 360° , ist die Abbildungsrichtung nicht mehr eindeutig für unser Gehör (Dickreiter, 2011, S. 166). Hier kann die Aufstellung eines Mono-Stützmikrofons Abhilfe schaffen. Das AB-Verfahren wird häufig bei ausgewogenen Ensembles eingesetzt und bildet den Raum sehr eindrucksvoll ab, mit Einschränkung in der genauen Richtungsordnung.

2.7.4 GEMISCHTE VERFAHREN

Die Intensitäts- und Laufzeitstereofonie lassen sich auch kombinieren. Ein Beispiel hierfür ist die ORTF-Technik. Hier werden zwei Mikrofone mit Nierencharakteristik auf einer Linie im Abstand von 17,5 cm zueinander montiert. Beide werden jeweils um 55° von der Mitte weg gedreht. Dadurch erhält man sowohl Pegel als auch Laufzeitunterschiede (Dickreiter, 2011, S.

170-171). Diese Systeme sind am menschlichen Gehör orientiert und bieten eine Kombination aus guter Richtungswahrnehmung und einem eindrucksvoll abgebildeten Raum.

2.7.5 RAUMMIKROFONE

Um den Raumschall separat aufzunehmen eignet sich am Besten der Einsatz einer großen AB Mikrofonierung mit Kugelmikrofonen. Diese sollten nicht weiter als 10 - 15 m von dem Hauptmikrofon aufgestellt werden, sodass kein hörbares Echo einsetzt (Dickreiter, 2011, S. 169).

2.8 HALLEMULATIONEN

Durch das Anwenden der raumakustischen Grundlagen (siehe Kap. 2.1 - 2.3) kann Hall auch künstlich erzeugt werden. Da in der Natur Schallereignisse immer mit einem Hallanteil vorkommen, kennt das menschliche Ohr den Klang des Nachhalls sehr gut und ist nur schwer zu täuschen. Das bringt sehr hohe Anforderungen an die Halleffekte mit sich (Sandmann, 2003, S. 53). Der Raumeindruck eines Schallereignisses ist für ein natürliches Hörerlebnis eine der Grundvoraussetzungen, somit ist die künstliche Hallerzeugung in der Tonstudioteknik unabdingbar. Denn nicht immer besteht die Möglichkeit, Signale direkt räumlich aufzuzeichnen. Es werden oft Mikrofone direkt an der Schallquelle platziert (Close Miking), um das Übersprechen von anderen Schallereignissen zu minimieren und den Störgeräuschabstand zu vergrößern. Diese müssen dann nachträglich künstlich verhallt werden, um einen gewohnten Höreindruck zu erreichen. Die wohl älteste Form eines nachträglich hinzugefügten Halls ist der Raum selbst. Noch heute werden Signale über einen Lautsprecher in einem Raum abgespielt, um die daraus resultierende Impulsantwort des Raumes mit Mikrofonen (siehe

2.7.5 Raummikrofone) aufzuzeichnen. Einige hoch entwickelte Tonstudios haben sogar fernsteuerbare Räume, in denen es möglich ist, Mikrofone und akustische Absorber motorisch zu verschieben (Sandmann, 2003, S. 43f.). Dieses Verfahren hängt natürlich mit einem hohen Bau- und Kostenaufwand zusammen und ist somit für viele Aufnahmestudios nicht praktikabel. Mit der Zeit entwickelten sich mehrere Verfahren in der Analog- und später auch in der Digitaltechnik, mit denen Hall künstlich erzeugt werden kann.

2.9 ANALOGE HALLEMULATIONEN

Schon früh entstanden die ersten analogen Hallgeräte. Die meisten dieser Effektgeräte sind nicht in der Lage, einen Raum akustisch optimal nachzubilden und weisen einen eigenen Klangcharakter auf. Technisch gesehen ist das ein Nachteil, die Geräte werden jedoch bis heute gerade wegen dieser Verfärbungen gerne in vielen Studios eingesetzt.

Für die analoge Hallemulation gibt es mehrere Möglichkeiten:

2.9.1 VERZÖGERUNGEN DURCH BANDMASCHINEN

Die wohl ersten analogen Hallgeräte wurden mit der Zweckentfremdung von Bandmaschinen realisiert. Durch die Verwendung einer 3-Kopf-Bandmaschine kann eine Verzögerung zwischen Aufnahme- und Wiedergabekopf erzeugt werden, was ein Echo zwischen dem Aufnahme- und Wiedergabesignal zur Folge hat. Bei ausreichend kurzer Verzögerungszeit werden die Echos als frühe Reflektionen wahrgenommen und ein Raumeindruck entsteht. Ein Nachhall kann mit diesem Verfahren nicht simuliert werden (Sandmann, 2003, S. 55).

2.9.2 FEDERHALL

Mit der Entwicklung des Federhallgeräts kam die erste – auch für Heimstudios bezahlbare – Möglichkeit auf den Markt, einen Nachhall zu erzeugen. Für die Hallemulation werden an beiden Enden einer Feder Schwingspulen angebracht. Eine dieser Spulen gibt das Signal auf die Feder und versetzt diese somit in Schwingung und die andere fungiert als Abnehmer des Signals. Die Schwingungen eines Signals durchlaufen die Feder und werden an deren Ende wieder reflektiert und laufen zurück zum anderen Ende, wo sie abermals reflektiert werden. Dadurch entsteht ein künstlicher Hall. Für eine möglichst korrekte Erzeugung muss die Feder allerdings etwas optimiert werden, denn eine herkömmliche würde nur Flatterechos produzieren. Hierfür wird für hohe Frequenzen die Steifigkeit der Feder durch Ätzungen verringert. Für eine korrekte Reflexion der mittleren Frequenzen werden der Feder Störstellen durch mechanische Verformungen zugefügt, für die tiefen Frequenzen werden Scheiben zur Dämpfung angebracht. Bei einem Federhallgerät werden an beiden Enden jeweils zwei Spulen befestigt. Eine Erreger- und eine Abnehmerspule. Diese werden in Gegenphase zueinander verschaltet, um gleichphasige Reflexionen zu eliminieren, sodass nur diffuse Reflexionen übrig bleiben (Sandmann, 2003, S. 55). Umso länger die Abmessung der Feder, desto größer werden auch die Hallzeiten. Üblicherweise wurden die Federn über die volle Breite eines 19“ Geräts eingebaut. Eine echte Stereoverhallung des Signals ist mit dieser Technik nicht möglich. Man

kann aber ein Signal gleichzeitig an zwei Federhallgeräte anlegen. Dadurch, dass die Federn der beiden Geräte nie identische gleichphasige Ergebnisse liefern, kommt es zu Unterschieden in den beiden resultierenden Signalen und zu einer Stereo-Wahrnehmung. Der Federhall hat den entscheidenden Nachteil, keine frühen Reflektionen erzeugen zu können, was die realistische Nachbildung eines Raumes unmöglich macht (Sandmann, 2003, S. 56).

2.9.3 HALLPLATTE

Die Firma EMT (EMT Studioteknik, 2016) entwickelte das wohl meistgenutzte Hallgerät der frühen Tonstudioteknik: die Hallplatte (Sandmann, 2003, S. 56). Für die künstliche Hallerzeugung wird bei diesem System „eine Metallplatte an mehreren Punkten in einem Rahmen eingespannt, so dass sie unter hohem Zug steht“ (Sandmann, 2003, S. 56). Auf der Platte wird ein Schallwandler angebracht, der das gewünschte Signal als Körperschall und Partialschwingungen auf der ganzen Platte verteilt. Der erzeugte Schall wird an den Rändern der Platte reflektiert und kann durch zwei Piezo-Tonabnehmer aufgezeichnet werden. Durch den hohen Zug auf der Platte weist sie einen recht ausgewogenen Frequenzgang auf. Der Schall bewegt sich auf Metall etwa zwölf mal schneller als in der Luft, wodurch die Verzögerungszeit der Platte vernachlässigt werden kann. Dies hat zur Folge, dass ein Pre-Delay (siehe

2.10.4 Parameter bei Halleffekten) mit einer externen Verzögerung erzeugt werden muss. Die Abmessungen der Platten bewegen sich zwischen 10 x 20 cm bis hin zu der Dimension einer Tischtennisplatte. Durch das Anbringen von beweglichen Dämpferplatten können die Hallzeiten eingestellt werden (Sandmann, 2003, S. 56).

Hallplatten sind auch heute noch ein sehr beliebtes Gestaltungsmittel in Tonstudios und eignen sich besonders gut für perkussive Signale. Ein Nachteil von Hallplatten ist die Notwendigkeit der absoluten akustischen Trennung von Störgeräuschen, die von außen einwirken können. Dies bedeutet, dass sie bestenfalls in einem separaten Raum platziert werden müssen (Sandmann, 2003, S. 57).

2.9.4 FOLIENHALL

Der Folienhall ist eine Weiterentwicklung des Plattenhalls. Er basiert auf der gleichen Funktionsweise wie die Hallplatte, mit dem Unterschied, dass eine mit Kunststoff verstärkte Goldfolie anstelle der Metallplatte eingesetzt wird. Dies hat den Vorteil, dass kleinere

Abmessungen (27 x 29 cm) möglich sind, „da sich die Biegewellen auf der Folie mit kleinerer Wellenlänge ausbreiten“ (Sandmann, 2003, S. 57). Auch die Platzierung in einem separaten Raum ist nicht mehr zwingend notwendig, da Folienhallgeräte ein auf Schalldämpfung optimiertes Gehäuse besitzen. Auch diese Methode der Hallemulation kommt heutzutage noch gerne zum Einsatz. Die Klangeigenschaften sind ähnlich wie bei dem Plattenhall. Der Folienhall klingt allerdings etwas natürlicher (Sandmann, 2003, S. 57).

2.10 DIGITALE HALLEMULATIONEN

Die meisten heutigen Hallgeräte arbeiten digital. Alle notwendigen Reflexionen und frequenzabhängigen raumakustischen Effekte werden mit einem digitalen Signalprozessor (DSP) berechnet (Sandmann, 2003, S. 57). Die Zusammensetzung eines Halls entsteht, wie in Kapitel 2.1 und 2.2 erläutert, durch komplexe akustische Abläufe. Somit ist die digitale Umsetzung dieser sehr umfangreich und rechenintensiv.

Zwei grundlegende Voraussetzungen gelten für gute digitale Halleffekte: Eine hohe Rechenleistung und eine möglichst originalgetreue Rechenvorschrift, den so genannten Algorithmus. Um damit komplexe akustische Abläufe möglichst naturgetreu nachzubilden, braucht es umfassende Untersuchungen. Erst dann kann ein guter Algorithmus erstellt werden. Überzeugende Halleffekte werden über Jahre hinweg iterativ aufgebaut. Dazu sollten langjährige Erfahrungswerte im Umgang mit den raumakustischen Gesetzen vorliegen. Würde man ein digitales Halleffektgerät ohne umfassende Untersuchung und Vorerfahrung aufbauen, so wäre dies für einen einzelnen Programmierer wahrscheinlich eine lebensfüllende Aufgabe (Sandmann, 2003, S. 58).

Heutige Hallgeräte besitzen speicherbare Parameter, mit denen die akustischen Eigenschaften verschiedener Räume nachgebildet werden können. Zu Grunde liegen zwei unterschiedliche Herangehensweisen: Der algorithmische Hall und der Faltungshall.

2.10.1 ALGORITHMISCHER HALL

Die ersten algorithmischen Hallgeräte entstanden in den 1960er Jahren. Manfred R. Schroeder entwickelte damals die erste Rechenvorschrift zur künstlichen Erzeugung eines Nachhalls (Dickreiter, 2008, S. 352).

Beim digitalen Hallgerät durchläuft das Signal zuerst einen A/D-Wandler, um das analoge Audiosignal in ein digitales zu konvertieren. Der Nachhall wird durch den Einsatz mehrerer Verzögerungsglieder erzeugt, die durch eine Feedbackmatrix mit unterschiedlich starker

Gewichtung rückgekoppelt werden. Um frühe Reflexionen zu simulieren werden Delays vorgeschaltet. Für weitere dichte Reflexionen kann zusätzlich eine nicht rückgekoppelte Verzögerungsmatrix vorgeschaltet werden. Frequenzabhängige Absorptionseffekte werden durch nachgeschaltete Tiefpassfilter realisiert. Der gesamte Frequenzverlauf des Nachhalls wird durch einen Korrekturfiter am Ende der Kette gesteuert (Dickreiter, 2008, S. 352f.).

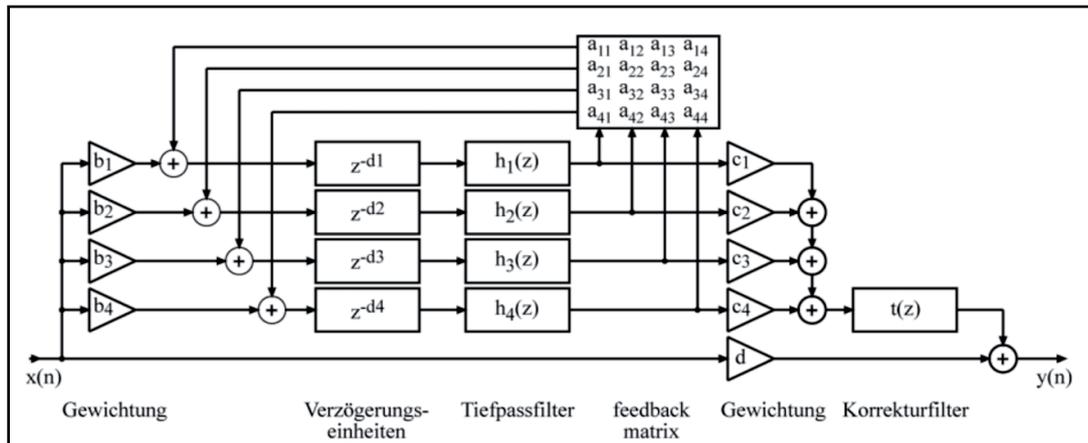


Abbildung 6: Prinzip der digitalen Nachhallerzeugung (Dickreiter, 2008, S. 353)

Bei ausreichender Leistung des DSPs nimmt der Nutzer von digitalen Halleffekten die komplexen Rechenvorschriften, die zu Grunde liegen, nicht wahr. Er kann direkt zwischen verschiedenen Programmen auswählen, die durch aussagekräftige Namen, wie zum Beispiel Concert Hall, Church oder Room, beschrieben sind. Diese können nach Belieben über die verschiedenen Hallparameter (siehe

2.10.4 Parameter bei Halleffekten) individuell angepasst werden (Henle, 2001, S. 297).

2.10.2 FALTUNGSHALL

Mit der Entwicklung von leistungsfähigen Prozessoren ergab sich eine weitere Möglichkeit der künstlichen Hallerzeugung. Die Berechnung des Halls erfolgt hier durch die Faltung einer aufgenommenen Impulsantwort (siehe Kap. 2.3 Impulsantworten). Dieser Berechnung liegt das mathematische Verfahren der Faltung oder engl.: Convolution zu Grunde (Sandmann, 2003, S. 64). In der Mathematik beschreibt die Faltung einen, der Multiplikation ähnlichen, Rechenalgorithmus zweier Funktionen. Geht man davon aus, dass das Eingangssignal eines Systems durch die Funktion $\chi(t)$ und die Impulsantwort dieses Systems durch $h(t)$ beschrieben werden kann, so lässt sich das Ausgangssignal $y(t)$ durch die Multiplikation von

Eingangssignal und Impulsantwort über ein Faltungsintegral bilden: $y(t) = x(t) * h(t)$. Um die Faltung eines Signals in Abhängigkeit zu dem Frequenzbereich zu betrachten, wird die fourier-transformierte Funktion des Faltungsintegrals verwendet (Joost, 2005, S. 2). Die Faltung eines Signals mit einem zweiten Signal erfolgt also über die Multiplikation beider beschreibenden Funktionen im Frequenzbereich. Für diese Multiplikation ist eine „[...] Transformation in den Frequenzbereich und eine Rücktransformation in den Zeitbereich nötig“ (Sandmann, 2003, S. 65).

Bei der Simulierung von Hall durch Faltung ist das Eingangssignal das zu verhallende Signal. Die Impulsantwort ist eine aufgenommene Raumantwort eines beliebigen Aufnahmestudios, einer Kirche oder eines Konzertsaals. So können Räume nahezu perfekt simuliert werden, da eine künstlich verhallte Schallquelle durch Faltung einer Impulsantwort eines bestimmten Raumes in der Theorie das gleiche Ergebnis liefert, wie die räumliche Aufnahme desselben Signals in dem gleichen Aufnahmestudio. In der Praxis funktioniert dies leider nicht, was auf zwei verschiedenen Effekten beruht. Es entstehen bei der Berechnung der Faltung mathematische Fehler, da in der Umsetzung der Algorithmen nicht die vollständige Berechnung des Faltungsintegral durchgeführt wird, sondern nur eine vereinfachte Berechnung – die Fast Fourier Transformation, auch FFT abgekürzt (Sandmann, 2003, S. 65). Dieser mathematische Fehler ist allerdings so gering, dass er zu vernachlässigen ist. Der eigentliche Fehler entsteht meistens schon bei der Aufnahme der Impulsantwort eines Raumes (siehe Kap. 2.10.3 Aufnehmen von Impulsantworten).

Mittlerweile existieren viele Halleffektgeräte und auch Plug-Ins auf dem Markt, die über die Faltung von Impulsantworten künstlichen Hall erzeugen können. Allerdings lassen sie keine echte Veränderung der Hallparameter zu. Die Nachhallzeit zum Beispiel kann nur über die zeitabhängige Gewichtung der Raumimpulsantwort variiert werden, in dem die Steigung des Abklingverhaltens dieser variiert wird. Eine echte Veränderung der Nachhallzeit ist nicht möglich, da es sich um fest aufgenommene Reflexionsmuster echter Räume handelt (Dickreiter, 2008, S. 355). Somit ist der künstlich erzeugte Hall durch Faltung zwar natürlicher als durch Algorithmen erzeugt, muss aber nicht zwingend lebendiger klingen und komfortabler einsetzbar sein.

2.10.3 AUFNEHMEN VON IMPULSANTWORTEN

Um eine Impulsantwort eines Raumes korrekt aufnehmen zu können, muss dieser mit einem Impuls angeregt werden. Ein Impuls lässt sich als Signal von unendlich kurzer Dauer und unendlich hohem Pegel definieren (Sandmann, 2003, S. 65). Die perfekte Form eines Impulses ist somit in der Realität nicht vorhanden. Somit kann die ideale Impulsantwort eines Raumes nicht realisiert werden. Außerdem sollte der Impuls für eine optimale Anregung des Raumes einen linearen Frequenzgang besitzen. Denn ein Raum kann nur auf die im Impuls enthaltenen Frequenzen antworten.

Um eine möglichst realitätsnahe Impulsantwort zu erhalten, muss sie mit einem sehr hohen Anspruch an Impuls, Mikrofonierung und technischem Equipment aufgenommen werden. Als eine gute Alternative zu einem idealen Impuls kann beispielsweise das Platzen eines Luftballons dienen (Sandmann, 2003, S. 65). Dieser kommt dem idealen Impuls sehr nahe. Dadurch entstehen allerdings nicht nur klangliche Abweichungen durch seine nicht-Linearität im Frequenzgang, sondern es entstehen auch Abweichungen im unterschiedlichen Verhalten bei mehreren Vorgängen. Denn kein Ballon platzt jedes Mal mit identischer Lautstärke und gleichem Frequenzgang.

Ein künstlich erzeugter Impuls, der über Lautsprecher abgespielt wird, lässt sich auch nicht als optimaler Impuls verwenden. Für eine gute Aufnahme muss der Pegel des Impulses so hoch sein, dass ein im Frequenzgang linearer Impuls nicht vollkommen verzerrungsfrei über Lautsprecher wieder gegeben werden kann (Krogmann, 2005, S. 27).

Ein Sinus-Sweep, also das Abspielen eines Sinustons durch alle Frequenzen über die Zeit, hat sich als gutes Mittel zur Erstellung einer Impulsantwort heraus gestellt, denn hier kann die volle Energie der Lautsprecher für jede einzelne Frequenz einzeln verwendet werden. Dadurch erhält man eine sehr genaue frequenzabhängige Antwort des Raumes. Bei dem Einsatz eines Sinus-Sweeps muss allerdings beachtet werden, dass die daraus resultierende Antwort des Raumes noch keine Impulsantwort ist, sondern nur eine zeitliche Aneinanderreihung von Reflexionsmustern des Raumes für jede einzelne Frequenz darstellt. Dies muss vor der Faltung mit einem entsprechenden Programm korrigiert werden (Krogmann, 2005, S. 27). Ein gutes Werkzeug bietet hier die Firma Voxengo mit ihrer kostenfreien Applikation *Deconvolver* an. Mit der so genannten *reversed test tone deconvolution technique* (zu Deutsch: Die umgekehrte Test Ton Entfaltungstechnik) kann durch die Angabe des verwendeten Sinus-

Sweeps und der aufgenommenen Raumantwort eine vollständige Impulsantwort erzeugt werden (Voxengo, 2016).

Auch die Wahl der Mikrofone spielt eine große Rolle bei der Aufnahme einer Impulsantwort. Denn nicht-lineares Verhalten oder eine schlechte Positionierung dieser kann zu Veränderungen des Frequenzgangs und der Ortung des gefalteten Ergebnisses führen. Die Auswahl der Vorverstärker und der A/D-Wandler ist ebenfalls wichtig. Ein hohes Rauschen der Aufnahme oder sonstige Störgeräusche können die Impulsantwort negativ beeinflussen (Krogmann, 2005, S.27).

2.10.4 PARAMETER BEI HALLEFFEKTEN

Künstlich erzeugter Hall lässt sich bei Effektgeräten und Plug-Ins über verschiedene Parameter individuell verstellen.

Early Reflections/ Frühe Reflexionen

Bei dem räumlichen Hören wird unser Ohr, nach dem Direktsignal, von den frühen Reflexionen erreicht. Diese geben einen starken Eindruck über den Raum, in dem wir uns befinden, wieder. Der zeitliche Abstand der frühen Reflexionen zu dem Direktsignal gibt Aufschluss über die Größe des Raums und die Entfernung zur Schallquelle. Bei den meisten Halleffekten lassen sich die Reflexionen in ihrer Intensität regeln. Aufwendige Effekte lassen auch eine Veränderung des zeitlichen Abstandes zum Direktsignal und des Pegels der einzelnen Reflexionen zu (Sandmann, 2003, S. 60).

Reverb Time/ Hallzeit/ Decay

Dieser Parameter steuert die Nachhallzeit. Er gibt die Länge der Hallfahne an. Also die Zeit, nach der der Pegel des diffusen Hallanteils um 60 dB gesunken ist.

Diffusion/ Dichte/ Density

Auch der Abstand der einzelnen Reflexionen innerhalb des Nachhalls gibt Aufschluss über die Größe des Raumes, dieser ist in kleinen Räumen kürzer als in großen (Sandmann, 2003, S. 60). Der Abstand lässt sich über die Dichte oder auch Diffusion/ Density steuern. Bei einigen Effekten lässt er sich für den frühen und den späten Teil des Nachhalls steuern.

Pre Delay

Da bei Hallemlationen der Nachhall und die frühen Reflexionen getrennt von einander erzeugt werden, kann bei der Verwendung des Pre Delays der Zeitpunkt verändert werden, an dem der Nachhall einsetzt. Zum Einen kann dies für eine möglichst natürliche Hallsimulation verwendet werden, zum Anderen lässt es sich sehr gut als Gestaltungsmittel einsetzen (Sandmann, 2003, S. 61). Mit Hilfe eines bewusst verlängerten Pre Delays lassen sich Elemente in einer Tonmischung vom Nachhall entkoppeln, um sie präsent in der Mischung zu platzieren, ohne auf eine starke Hallfahne verzichten zu müssen. Damit können zum Beispiel Gesangsstimmen stark verhallt werden, ohne dass ihre Klarheit und Direktheit verloren geht.

Hi Damp/ High Damp

Bei Absorption in Räumen wird nicht nur der Nachhall kürzer, sondern es werden auch hohe Frequenzen gedämpft. Der Parameter Hi Damp simuliert diesen Effekt durch einen, in der Grenzfrequenz steuerbaren, Tiefpassfilter.

Lo Damp/ Low Damp

Im Bassbereich findet in natürlichen Räumen eine Abschwächung statt. Diese kann durch einen regelbaren Highpassfilter künstlich nachgebildet werden.

Equalizer

Viele Halleffekte bieten die Möglichkeit, an ihrem Ausgang einen Equalizer zuzuschalten, um den Frequenzverlauf des erzeugten Raumes zu verändern. Dies kann für eine möglichst natürliche Raumantwort verwendet werden sowie als Gestaltungsmittel, um dem Hall zum Beispiel etwas Brillanz zu verleihen.

2.11 RAUMÄSTHETIK

Eine objektive Bewertung der klanglichen Qualität in Aufnahmeräumen und Konzertsälen ist sehr schwierig. Man könnte sagen, dass ein Raum mit einem möglichst neutralen Verhalten, wenig Klangverfärbungen und einem linearen Reflexionsmuster optimal ist. Jedoch machen oftmals genau diese Verfärbungen ein Hörerlebnis erst interessant und für das menschliche Ohr angenehm. Hört man zum Beispiel eine Geige in geringer Entfernung, in dem man das Ohr nah beim Korpus platziert, wirkt sie sehr schrill und man nimmt die eher kratzigen Bogengeräusche überdurchschnittlich stark wahr. In einem guten Konzertsaal hingegen klingt

eine Geige bei ausreichendem Abstand plötzlich sehr weich und wohltuend für unsere Ohren.. Daraus ergibt sich, dass viele Schallereignisse erst den für uns natürlichen Klang entfalten, wenn man sie in geeigneten Räumen hört. Die Qualität eines Raumes hängt immer mit dem Zweck desselben zusammen. Eine Hip-Hop Produktion, die von Präsenz, Klarheit und starken Transienten lebt, wird bei einer räumlichen Aufnahme in einem großen Konzertsaal genau diese typischen klanglichen Eigenschaften verlieren und sehr verschwommen und weich wirken. Wo hingegen eine Orchesteraufnahme in einem kleinen und sehr trockenem Raum, der von frühen Reflektionen dominiert wird, ein sehr hartes, metallisch klingendes und in seiner Dichte auseinander fallendes Ergebnis liefert, in dem nicht mehr das Orchester als Ganzes wahrgenommen, sondern jedes Instrument einzeln gehört wird.

Hall, vor allem künstlich erstellt, muss nicht immer natürlich klingen. Durch die Erzeugung untypischer Räume schafft man es, vor allem in der Unterhaltungsmusik, eine eigene Note hinzuzufügen und die Emotionen, die eine Produktion vermitteln soll, zu unterstützen. Ein gutes Beispiel dafür ist das bekannte Stück *In The Air Tonight* von Phil Collins (Collins, 1981). Hier wird auf der Stimme und der Perkussion ein sehr kleiner Raum mit überdeutlich dichten, lauten frühen Reflexionen eingesetzt, der eher an eine schlechte Beschallung in einem ungeeigneten Raum erinnert. Jedoch erhält das Stück dadurch eine ganz spezielle Note, setzt sich von anderen Produktionen ab, und weckt Interesse bei den Hörern. Zwar ist das kein gewohnter und natürlicher Hall mehr, doch wirkt es in dem Kontext sehr überzeugend und stimmig.

Die Qualität eines Raumes hängt also immer stark von seinem Zweck ab. Hall muss nicht immer neutral und natürlich klingen, sondern wird auch als kreatives Gestaltungsmittel eingesetzt.

3. PRAKTISCHE PRODUKTION

3.1 INTENTION

Die praktische Produktion besteht aus zwei Aufnahmen in zwei unterschiedlichen Studios mit den gleichen technischen und künstlerischen Voraussetzungen. Ziel ist es, die Eigenschaften des Echthalls der beiden Aufnahmeräume und der Hallemlationen in dem gemischten Endprodukt und in Einzelbeispielen zu vergleichen.

Die Fragestellungen dabei sind: Wie groß ist der klangliche Unterschied zwischen einem

kleinen und einem großen Aufnahmerraum in der Praxis wirklich? Wie gut kann ein Raum künstlich emuliert werden? Worin unterscheidet sich die Arbeitsweise bei der Aufnahme und der Mischung in verschiedenen Räumen und bei dem nachträglichen Hinzufügen von künstlichem Hall? Wirken sich die verschiedenen Räume nur auf das aufgenommene Signal aus, oder auch auf den Künstler während des Aufnahmeprozesses? Inwiefern beeinflussen all diese Aspekte das Endprodukt?

Im Rahmen des praktischen Teiles dieser Thesis wurde das Stück *Fire Up* der Gruppe *The Andean Wolf* in zwei verschiedenen Studios aufgenommen: In einem großen Aufnahmesaal und in einem kleinen Aufnahmerraum. Um möglichst repräsentative Ergebnisse durch gleiche Voraussetzungen zu schaffen, wurde bei beiden Aufnahmen mit gleichem technischem Equipment gearbeitet.

3.2 VORBEREITUNGEN

Um gutes Ausgangsmaterial für eine Untersuchung der Fragestellung zu erlangen, waren im Vorfeld mehrere Aspekte zu beachten.

Der erste Punkt war die Wahl der Künstler. Zu beachten war hierbei, mit einer musikalischen Formation zu arbeiten, die in ihrer Instrumentierung möglichst akustisch besetzt ist, damit die Räume optimal angesprochen und deren Reflexionsmuster voll ausgeschöpft werden konnten. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf die Gruppe *The Andean Wolf* aus Stuttgart.

Ein weiterer wichtiger Punkt war die Auswahl der Studios. Um möglichst eindeutige Unterschiede in dem Hall zu erzielen, war es wichtig, dass sich die Räume in ihrem raumakustischen Verhalten stark unterscheiden. Mit dem sehr großen Aufnahmesaal A der Baderstudios in Weil der Stadt und dem Studio E der HdM Stuttgart fiel die Entscheidung auf zwei Räume, die in ihrem Klang und der Länge des Halls deutlich voneinander abweichen.

Der einzige Faktor, der für einen optimalen Vergleich variieren durfte, sollte die Änderung des Raumes sein. Hierfür war es eine Grundvoraussetzung, bei beiden Aufnahmen mit exakt demselben technischen Equipment zu arbeiten.

Die perfekte künstlerische Reproduzierbarkeit eines Musikstückes, das live im Studio eingespielt wird, ist beinahe unmöglich. Um diesen Faktor allerdings so gering wie möglich zu halten, kam ein Metronom als Vorzähler zum Einsatz, damit das Stück in einem ähnlichen Tempo eingespielt werden konnte und trotzdem seine musikalische Dynamik des Tempos behielt. Zusätzlich fanden beide Aufnahmen in einem sehr geringen zeitlichen Abstand zueinander statt, um zu gewährleisten, dass die Musiker noch eingespielt und in einer

ähnlichen Stimmung waren. Vollständig minimieren kann man diesen Faktor wohl nie, jedoch zielt diese Arbeit auch auf den subjektiven Unterschied für den Künstler ab, der bei verschiedenen Räumen auch eine große Rolle spielen kann und die Reproduzierbarkeit eines Musikstückes stark beeinflusst. Weshalb dieser Aspekt von großer Bedeutung für die richtige Wahl des Studios sein kann.

3.3 ÜBER DIE KÜNSTLER

Das Duo *The Andean Wolf* aus Stuttgart bezeichnet sich selbst als Alternative Pop Band (Wolf, 2016). Bestehend aus dem Songwriter, Sänger und Gitarristen Hagen Wagner und dem Produzenten, Sänger und Pianisten Julian Lindenmann gehören sie seit 2015 zu den aufstrebenden Gruppen des Stuttgarter Popbereichs.

Für die Aufnahme, die im Rahmen dieser Thesis durchgeführt wurde, spielten sie die Eigenkomposition *Fire Up*, mit Unterstützung von Lucie Weber als Background Sängerin, ein. Aufgenommen wurde das Stück als akustische Version mit Gitarre, einem Nord Stage Piano mit Rhodes Simulation und mit dreistimmigem Gesang.

3.4 AUFNAHMESAAL A BADERSTUDIOS WEIL DER STADT

Der große Aufnahmesaal der Baderstudios ist 75 m² groß (Bader, 2015). Die Breite des Raumes beträgt 8,3 m, die Länge 9,1 m und die Höhe 6,1 m. Mit 470 m³ Raumvolumen und einer Nachhallzeit von etwa 1,0 Sekunden ist er einer der größeren Aufnahmesäle im Raum Stuttgart.



Abbildung 7: Baderstudios Aufnahmesaal A,
Blickrichtung: Rückwand



Abbildung 8: Baderstudios Aufnahmesaal A, Blickrichtung: Regie A+B

Er eignet sich optimal für Produktionen einzelner akustischer Instrumente, die Aufnahme mehrerer Instrumente gleichzeitig, bis hin zu kleineren Orchestern und Choraufnahmen mit etwa 30 Personen.

Der Akustikbau des gesamten Studios wurde von der Firma ACM konzipiert. Die Wände bestehen aus einer Mischung von schallabsorbierenden und schallharten Elementen. Eine Wand ist mit Diffusoren bestückt, von denen die untere Reihe in ihrer Position komplett variabel ist. Die Decke ist mit Absorbern und reflektierenden Elementen versehen. In den Raumecken findet man halbrunde Akustikelemente, um eine Überhöhung der tiefen Frequenzen in dem Reflexionsmuster zu vermeiden.

Auf Grund der großen Deckenhöhe des Aufnahmebereichs ist es möglich, den Raum von beiden übereinander liegenden Regien einzusehen (siehe Abbildung 8).

3.5 STUDIO E HDM STUTTGART

Das Studio E der HdM (Hochschule der Medien) Stuttgart gehört mit 3 Regien und einem weiteren Aufnahmebereich zu dem Lehrstudiokomplex des Studiengangs Audiovisuelle Medien. Das Studio E wird größtenteils für Sprecheraufnahmen und Gesangsaufnahmen genutzt. Mit einer Grundfläche von 12 m² und einem Raumvolumen von 32,4 m³ unterscheidet es sich deutlich von dem Aufnahmesaal A der Baderstudios. Das Studio E zählt somit durch seine Breite von 4 m, einer Länge von 3 m und einer Höhe von 2,7 m zu den kleinen Aufnahmebereichen und besitzt eine Nachhallzeit von etwa 0,2 Sekunden.

Auch hier ist eine Mischung aus reflektierenden und absorbierenden Flächen vorzufinden. Ferner ist der Grundriss des Raumes nicht rechteckig. Rechte Winkel, die das Reflexionsmuster negativ beeinflussen können, wurden beim Bau vermieden. Auch hier wurde die Raumakustik von der Firma ACM konzipiert.



Abbildung 7: Studio E der HdM Stuttgart

3.6 TECHNISCHES EQUIPMENT

Um möglichst eindeutige und vergleichbare Ergebnisse zu schaffen, war die Verwendung desselben Equipments für beide Aufnahmen eine Grundvoraussetzung. Ansonsten wären die Unterschiede durch verschiedene Mikrofone, Vorverstärker und Wandler schon so groß, dass allein der Raumeinfluss bei der Aufnahme nicht mehr klar zu untersuchen und zu bewerten gewesen wäre. Daher waren die technischen Voraussetzungen bei beiden Aufnahmen exakt identisch. Es wurden dieselben Mikrofone, Vorverstärker, Wandler, die gleiche Workstation und die gleiche Software eingesetzt.

3.6.1 MIKROFONE

Bei der Aufnahme kamen in beiden Studios jeweils elf Mikrofone zum Einsatz. Da die Künstler zugleich in einem Raum gespielt haben, war die Auswahl der Mikrofone nicht nur unter klanglicher Sicht ein wichtiges Kriterium für ein gutes Ergebnis, sondern auch für ein möglichst geringeres Übersprechen.

Die Mikrofonierung dieser Produktion wurde in eine Nahfeld- und in eine Diffusfeld-Mikrofonierung eingeteilt. Die nahen Mikrofone lieferten das Direktsignal der Schallereignisse, die fernen Mikrofone bildeten das Reflexionsmuster des Raumes ab. Eine Mischform beider war ein Stereo-Hauptmikrofon, welches das Gesamtbild aller Schallquellen mit einem leichten Diffusanteil abbilden sollte. Um eine möglichst gute Kanaltrennung der einzelnen Stimmen und Instrumente bei der Mikrofonierung des Nahfeldes zu gewährleisten, spielte die Position und die verschiedenen Richtcharakteristiken eine große Rolle. Hierfür wurden jeweils die Richtcharakteristiken gewählt, die alle anderen Schallquellen möglichst gut ausblenden, um nur das aufzunehmende Instrument oder die Stimme klar aufzeichnen zu können. Ein Beispiel hierfür ist die Mikrofonierung der Stimme des Lead Sängers Hagen Wagner mit der Richtcharakteristik einer Acht. Da er während des Singens auch Gitarre spielt, war diese Charakteristik optimal, um die Gitarre auf dem Kanal des Gesanges maximal auszublenden.

Bei der Mikrofonierung des Diffusfeldes spielte die Auswahl der richtigen Mikrofone ebenfalls eine große Rolle. Um das Reflexionsmuster eines Raumes möglichst gut abzubilden, sollte die Linearität des Frequenzgangs und der Rauschabstand der Mikrofone so hoch wie möglich sein (Sandmann, 2003, S. 65).

Der Kanalplan der Produktion gibt Aufschluss über die verwendeten Mikrofonierungsverfahren, die Mikrofone und deren Richtcharakteristika:

Kanal (Channel)	Bezeichnung	Mikrofon	Charakteristik	Mikrofonierung
CH 1	Vocals Hagen	Neumann TLM 67	Acht	Mono/ Frontal
CH 2 + CH 3	Gitarre Hagen	2 x Neumann Km 184	2 x Niere	Stereo/ Ortf zwischen Schallloch und dem 12ten Bund der Gitarre
CH 4	Vocals Julian	Neumann M 49	Niere	Mono/ Frontal
CH 5 + CH 6	Stagepiano	--	--	--
CH 7	Vocals Lucie	Sennheiser MD 441-U	Superniere	Mono/ Leicht von der Seite für minimales Übersprechen
CH 9 + CH 10	Hauptmikrofon	2 x Schoeps MK 4	2 x Niere	Stereo/ Ortf
CH 11 + CH 12	Raummikrofon 1	2 x Microtech Gefell UM 930 twin	2 x Niere	Stereo/ Groß AB
CH 13 + 14	Raummikrofon 2	2 x Sennheiser MD 421	2 x Niere	Stereo/ Groß AB/ Membran Richtung Boden

Tabelle 1: Kanalplan der Produktion

3.6.2 VORVERSTÄRKER UND WANDLER

Zwei Faktoren waren für die Wahl von Vorverstärker und Wandler entscheidend. Zum einen der Rauschabstand, welcher so hoch wie möglich sein sollte, damit der Raum auch bei niedrigem Schallpegel der Schallquellen gut abgebildet werden kann. Zum anderen die Kompaktheit des Systems. Dieses musste für die Aufnahme an verschiedenen Orten möglichst transportabel sein.

Aus diesen Gründen kamen für die Vorverstärkung ein RME Octamic und ein RME Octamic II zum Einsatz. Die Audiosignale wurden mit einem RME Multiface I und dem Octamic II gewandelt. Für eine optimale Transportierbarkeit waren alle Geräte in einem handlichen 19“ Gehäuse verbaut.

3.7 DAW (DIGITAL AUDIO WORKSTATION)

Als DAW für die Aufnahme und die Mischung wurde von der Firma Magix die Software Samplitude Pro X2 eingesetzt. Einige Funktionen dieser Software waren eine große Erleichterung für diese Produktion. Da die Band in mehreren Durchgängen das gesamte Musikstück einspielte, war eine gute Schnittfunktion von Vorteil. Das clipbasierte Arbeiten mit Samplitude war ein weiterer Gewinn, denn so konnten die Differenzen in der Lautstärke der beiden Aufnahmen, die durch minimale Unterschiede in den Abständen zu den Mikrofonen entstanden sind, optimal ausgeglichen werden.

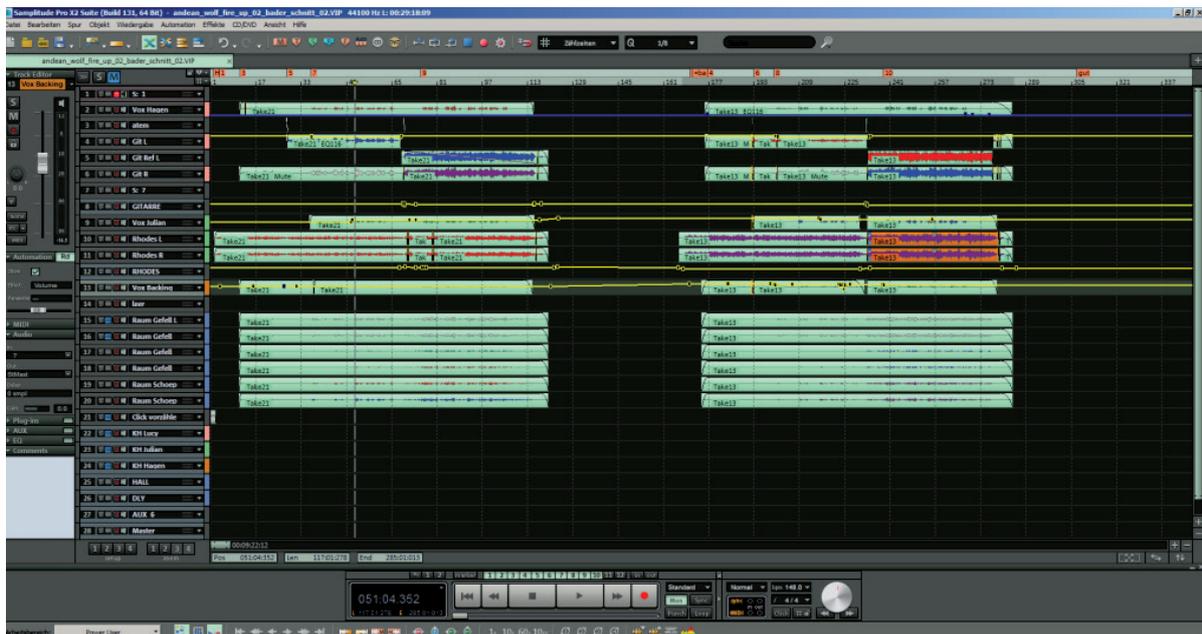


Abbildung 8: Die DAW

3.8 HALL PLUG-INS

Für die künstliche Emulierung von Hall wurden mehrere Plug-Ins eingesetzt. Der bekannte Allrounder: Das Native-Bundle von Lexicon. Und ein Plug-In, das ebenfalls überzeugende Ergebnisse in der Hallerzeugung liefert: Der CSR Room Reverb von IK Multimedia.

Für den Faltungshall kam das kostenlose Plug-In SIR1 von SIR Audio-Tools und der Raumsimulator von Samplitude zum Einsatz. Die eigenen Impulsantworten wurden mit der Software Deconvolver von Voxengo erstellt.

4. DIE AUFNAHMEN

Aufgenommen wurde an zwei verschiedenen Tagen mit einem Tag Pause dazwischen. Die Produktion wurde als Live Session umgesetzt. Dies bedeutet, dass alle Musiker gleichzeitig in einem Raum aufgenommen haben. Für eine gute Reproduzierbarkeit wurde mit einem Metronom gearbeitet. Um die Tempodynamik des Stückes zu erhalten wurde dieses allerdings nur als Vorzähler eingesetzt, damit die Musiker für einen Spannungsbogen in der Geschwindigkeit, während des Stückes, variieren konnten. Jeder Musiker hatte eine eigene Kopfhörer Abmischung, um auf die einzelnen Wünsche jedes Musikers eingehen zu können. Hagen Wagner (Lead Vocals und Gitarre) und Julian Lindenmann (Backingvocals und Piano) spielten mit In-Ears, die sie immer verwenden, um ihnen ein möglichst gewohntes Hörgefühl zu ermöglichen. Der Backgroundsängerin Lucie Weber wurde ihre Abmischung über halboffene Kopfhörer eingespielt. Gesteuert wurden die Kopfhörmischungen über die softwareseitige Lösung Total Mix des RME-Wandlers. Dies ermöglichte eine Reproduzierbarkeit der Mischungen bei der zweiten Aufnahme, um die Einflüsse des Raumes auch hinsichtlich dieser zu untersuchen.



Abbildung 9: Aufnahme in den Baderstudios

Für ein geringes Übersprechen der Instrumente und Stimmen auf die benachbarten Mikrofone im Nahfeld und für ein möglichst dichtes Klangbild im Raum wurden die Künstler/innen in einem Halbkreis positioniert. Da das Stagepiano keinen Raumklang erzeugt, blieb so die Balance sehr ausgewogen. Die Lead-Vocals und die Gitarre wurden in der Mitte, der zweite Sänger und die Sängerin rechts und links von ihm platziert. So entstand ein sehr dichtes Raumbild mit wenig Übersprechen und einer schönen, ausgewogenen Stereoverteilung.

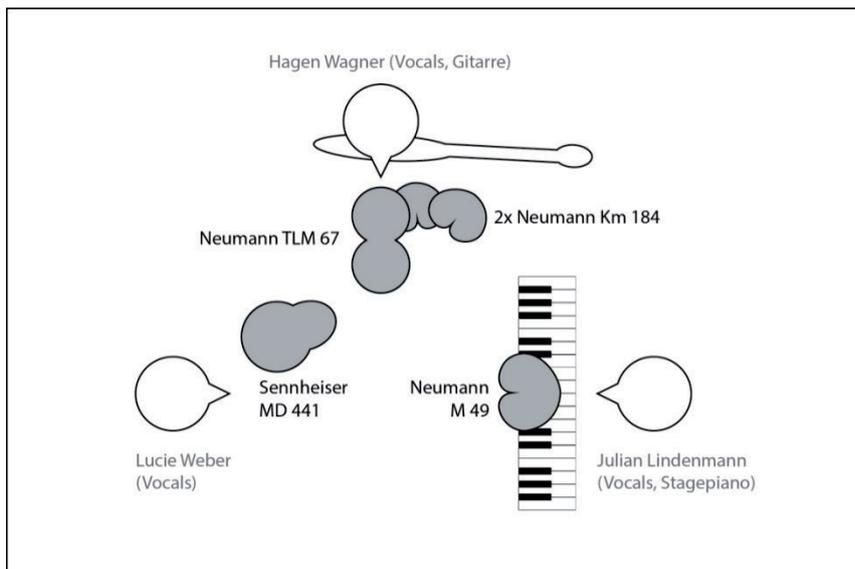


Abbildung 10: Nahfeldmikrofonierung

Neben der Nahfeldmikrofonierung der Direktsignale wurden zwei Mikrofone als Hauptmikrofone positioniert und vier als Raummikrofone, die möglichst wenig Direktschall und viel Diffusschall aufzeichnen sollten (siehe Tabelle 1: Kanalplan der Produktion).

Für das Hauptmikrofon wurde das ORTF-Verfahren eingesetzt (siehe 2.7.4 Gemischte Verfahren), um einen breiten Raumeindruck mit einer genauen Ortung zu erzielen.

Die Raummikrofon-Positionierung stellte sich als etwas anspruchsvoller heraus. Durch ausgiebiges Experimentieren fiel die Entscheidung auf ein hohes breites und ein niedriges AB-Verfahren. Das Groß-AB-Verfahren wurde gewählt, um einen möglichst breiten Raumeindruck zu erreichen, das zu der Nahfeldmikrofonierung einen diffusen Anteil hinzufügt und dabei in seiner Ortung möglichst undefiniert bleibt, damit die Stereoverteilung aller Schallquellen in der Mischung flexibel bleibt.

Zusätzlich wurden die Raummikrofone 1 um 90° von der Schallquelle nach Außen gedreht, um weniger Direktschall abzubilden und nur Raumreflexionen einzufangen.

Als Richtcharakteristik wurde die – für die Raummikrofonie untypische – Niere gewählt, anstelle der ansonsten häufig eingesetzten Kugeln (siehe 2.7.5 Raummikrofone). Dadurch waren die Mikrofone für den Direktschall noch unempfindlicher.

Das Raummikrofon 2 wurde etwas experimenteller eingesetzt. Um ein möglichst interessantes und spezielles Reflexionsmuster einzufangen, wurden beide Mikrofone ebenfalls als Groß AB aufgestellt, mit dem Unterschied, dass sie nur 50 cm Abstand zum Boden hatten und auf diesen ausgerichtet waren. So wurde ebenfalls ein Ergebnis erzielt, das größtenteils aus Reflexionen bestand und sich klanglich stark von dem Raummikrofon 1 unterschied.

In beiden Aufnahmeräumen wurden die Raummikrofone so platziert, dass sie sich maximal im Diffusfeld befanden. Aufgrund der großen Unterschiede in den Abmessungen der Räume (75 m² Grundfläche zu 12 m²) standen sie nicht im gleichen Abstand zu den Künstlern, sondern jeweils am gegenüberliegenden Ende des Raums. Bei der Nahfeldmikrofonierung sowie bei dem Hauptmikrofon wurde bei beiden Aufnahmen versucht, die Position möglichst genau zu reproduzieren.

4.1 AUFNAHME 1 IM AUFNAHMESAAL A DER BADERSTUDIOS

In den Baderstudios befand sich das Hauptmikrofon in einer Höhe von 1,7 m und einem Abstand von 2,5 m zu den Schallquellen. Die ORTF- Mikrofonierung mit den Schoeps MK4 Mikrofonen hatte eine Basisbreite (Abstand der Mikrofone zueinander) von 0,5 m. Die Raummikrofone 1 und 2 standen am Ende des Raums mit einem Abstand von etwa 7,5 m zu den Musikern und einer Basisbreite von 2,7 m. Das Raummikrofon 1 war auf einer Höhe von 2,5 m platziert, mit den Membranen um 90° von der Schallquelle weggedreht. Das Raummikrofon 2 befand sich auf einer Höhe von 0,5 m und zeigte Richtung Boden.

Zur Veranschaulichung wurden alle Grundrisse stark vereinfacht. In den folgenden Grafiken werden die Räume daher komplett rechteckig dargestellt.

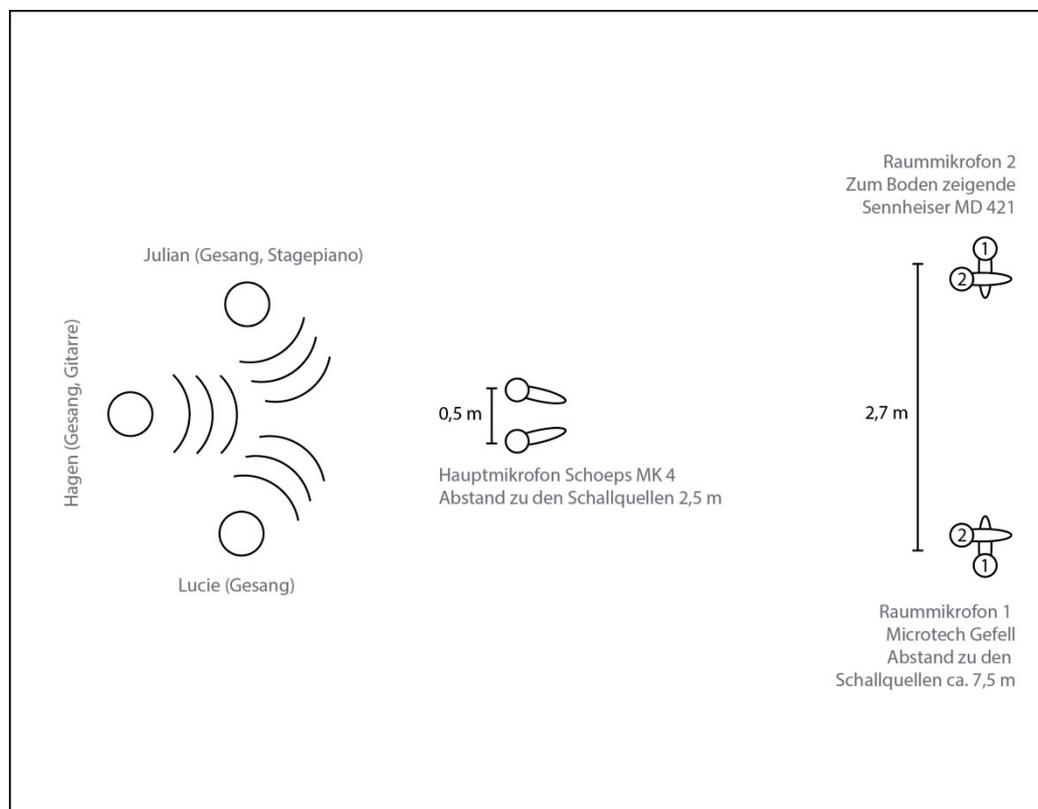


Abbildung 11: Raummikrofonierung Aufsicht Baderstudios (1:70)

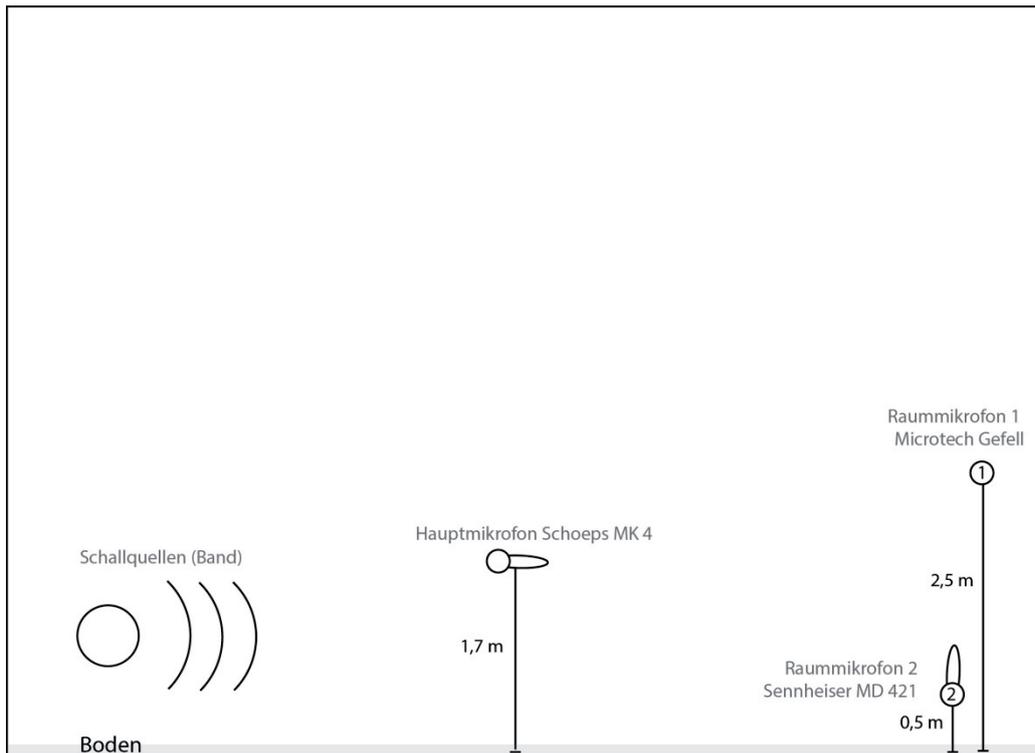


Abbildung 12: Raummikrofonierung Baderstudios, Querschnitt (1:70)

4.2 AUFNAHME 2 IM STUDIO E DER HDM STUTTART

Im Studio E der HdM Stuttgart befand sich das Hauptmikrofon aufgrund der räumlichen Abmessungen bei gleicher Basisbreite und Höhe um etwa 0,5 m näher an den Schallquellen als im Studio A der Baderstudios. Der Abstand der Raummikrofone blieb mit 2,5 m bei derselben Basisbreite gleich. Die Höhe der Raummikrofone war nahezu identisch.

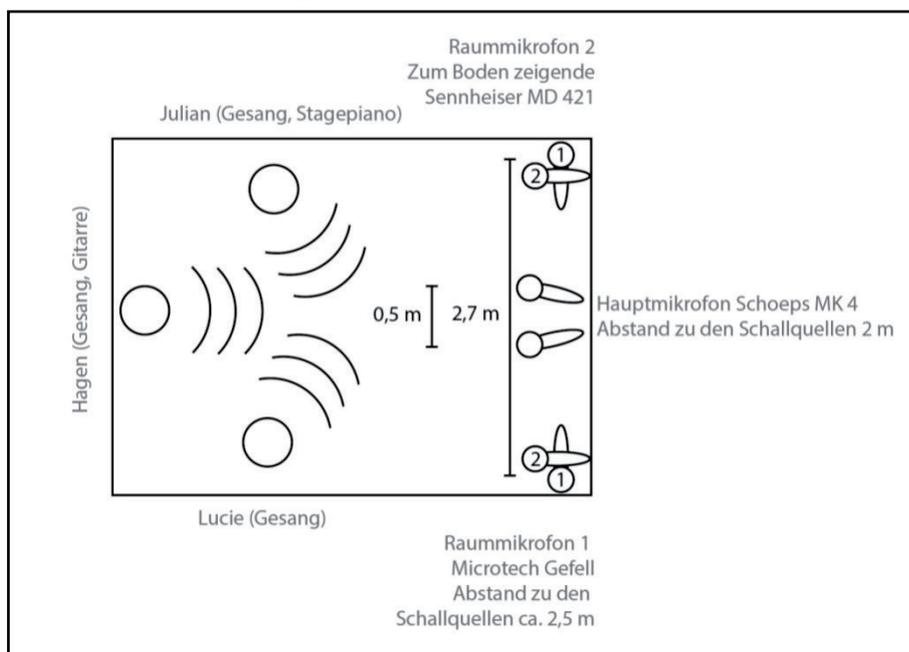


Abbildung 15: Raummikrofonierung Studio E, Aufsicht (1:70)

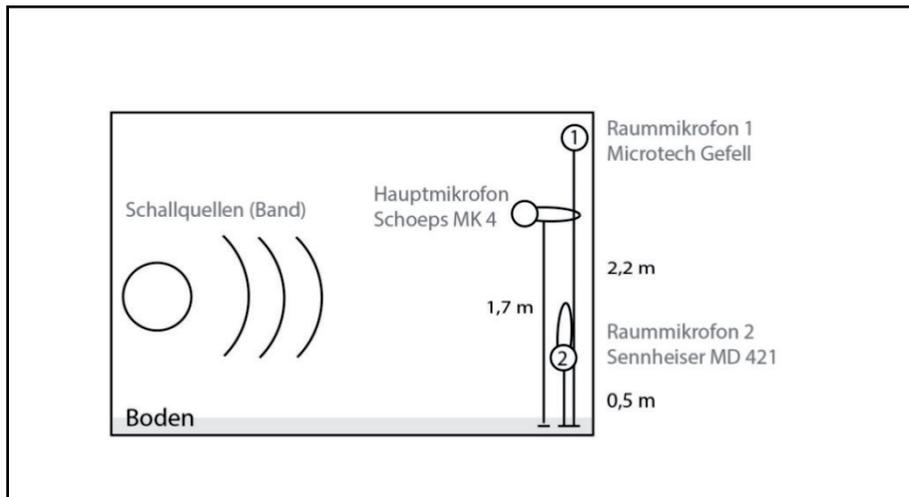


Abbildung 16: Raummikrofonierung Studio E, Querschnitt (1:70)

4.3 AUFNAHME UND ERSTELLUNG DER IMPULSANTWORTEN

Für die Aufnahme der Impulsantworten wurde in beiden Aufnahmeräumen an der Position des Gitarristen und Lead-Sängers Hagen Wagner ein Lautsprecher aufgestellt. Über diesen wurden mit einem sehr hohen Pegel verschiedene Impulse und Testtöne abgespielt und mit der vorhandenen Raummikrofonierung aufgenommen. Hierfür wurden zwei verschieden lange Sinus-Sweeps (3,0 s und 10,0 s) und ein im Frequenzgang linearer Stoß verwendet. Die Lautstärke der Lautsprecher wurde so eingestellt, dass der Raum möglichst stark angeregt wurde ohne dass eine Verzerrung in der Wiedergabe entstand. Die Vorverstärkung der Mikrofone wurde so gewählt, dass die aufzunehmende Impulsantwort verzerrungsfrei und mit einem möglichst großen Rauschabstand aufgezeichnet werden konnte.

Aus den aufgenommenen Ergebnissen wurden die zu Grunde liegenden Impulse und Sinus-Sweeps mit Hilfe der Software Deconvolver von Voxengo herausgerechnet, so dass nur die Raumantwort übrig blieb. Diese bearbeiteten Signale wurden dann in die genannten Faltungs-Plug-Ins eingebunden (siehe 3.8 Hall Plug-ins).

Bei dem Vergleich der Raumantworten der verschiedenen Testtöne stellte sich heraus, dass die Impulse das schlechteste Ergebnis lieferten. Ein Grund dafür war die fehlende Energie, mit der der Raum angeregt wurde (Krogmann, 2005, S. 27). Die Entstehung von Artefakten bei dem Erstellen der reinen Impulsantwort war eine weitere Ursache. Denn durch das gleichzeitige Auftreten aller Frequenzen in dem abgespielten Impuls und in der Raumantwort ließ sich der Impuls nicht mehr fehlerfrei durch die Software heraus rechnen. Es entstanden

zusätzliche hohe Frequenzen, die im Raum nicht vorhanden waren und sich durch ein schrilles Pfeifen in der Impulsantwort äußerten. Der Sinus-Sweep war für die Erstellung einer Impulsantwort deutlich besser geeignet. Hier wurde der Raum für jede Frequenz mit der Energie angesprochen, die bei dem jeweiligen Impuls nur für das gesamte Spektrum aufgewendet werden konnte. Dies lag daran, dass bei einem Sweep im Unterschied zum Impuls die Frequenzen nacheinander und nicht gleichzeitig durchlaufen werden (siehe Kap. 2.8.3 Aufnahmen von Impulsantworten). Dadurch war die Antwort des Raumes definierter und konnte besser aufgezeichnet werden. Es entstanden keine Artefakte bei dem Herausrechnen der Testtöne.

5. WORKFLOW ECHTHALL UND HALLEMULATION

Echthall und Hallemulationen unterscheiden sich nicht nur im klanglichen Ergebnis. Die Unterschiede beginnen schon bei der Arbeitsweise und den Abläufen.

Der Workflow bei Echthall wird dominiert von Entscheidungen, die im Vorfeld und während der Produktion getroffen werden müssen. Wohingegen der Einsatz von Hallemulationen alle Möglichkeiten bis in die Phase der Mischung offen lässt.

5.1 WORKFLOW ECHTHALL

Der größte Unterschied zwischen der Verwendung von echtem Raum und Raumsimulationen ist wohl auch der offensichtlichste: Der Raum selbst. Hallemulationen ermöglichen die Aufnahme in Räumen ohne besondere akustische Eigenschaften und ohne einen schönen Nachhall. Die Aufnahme von Echthall bei einer Musikproduktion bringt schon in der Planungsphase das Treffen erster Vorbereitungen und Entscheidungen mit sich. Die Frage der Raumästhetik – Welcher Raum passt für diese Produktion? – stellt sich hier schon vor Beginn der Aufnahmen.

Für eine Raummikrofonie werden zudem immer zusätzliche Mikrofone, Vorverstärker und Kanäle benötigt, die, um ein Rauschen zu vermeiden, sehr hochwertig sein müssen.

Auch die Position der Musiker und der Mikrofone muss genauer geplant werden. Räume werden meist mehrkanalig aufgezeichnet (Stereo, 5.1 Surround etc.). Dadurch muss im Vorfeld entschieden werden, wo die Schallquellen im Raum platziert werden, damit die Schallquellen auch in der Mischung an der richtigen Stelle stehen.

Die Möglichkeit, den aufgenommenen Raum nachträglich wirklich gravierend in der Mischung

zu verändern, zum Beispiel mit einer Verlängerung der Nachhallzeit, besteht nicht mehr. Dies muss jedoch keinesfalls ein Nachteil sein. Sich bei einer Musikproduktion nicht alle Änderungsmöglichkeiten offen zu lassen, kann ebenso von Vorteil sein – insbesondere für das Endergebnis. Man wird dadurch gezwungen, sich eingehend mit der Produktion und der Musik auseinander zu setzen und Räume möglichst passend zu wählen.

5.2 WORKFLOW BEI HALLEMULATIONEN

Der künstlich erzeugte Hall kommt meist erst in der Mischung richtig zum Tragen. Bei der Aufnahme dient er lediglich für ein angenehmeres Abhören seitens der Musiker.

Hallemulationen erlauben es uns, Aufnahmen in kleinen, neutralen Räumen mit extrem geringem Nachhall zu realisieren und einen beliebigen Raum erst in der Mischung hinzuzufügen (Henle, 2001, S. 295). Die Entscheidung über die Größe und den Klang des Raumes kann nach der Aufnahme gefällt werden und bleibt jederzeit veränderbar. Auch das Platzieren verschiedener Schallquellen in verschiedenen Räumen ist hier leichter umzusetzen. Schallquellen müssen nicht in einem anderen Raum aufgenommen werden, sondern man kann während der Mischung viel mit Räumlichkeiten experimentieren. Eine Hallemulation kann durch ihre Flexibilität der verschiedenen Parameter (siehe 2.10.4 Parameter bei Halleffekten) perfekt auf die Bedürfnisse angepasst werden.

Doch auch Hallemulationen haben ihre Nachteile. Sie erzielen immer nur ein angenähertes Abbild eines Raumes und sind somit nicht identisch mit dem Echthall des Raumes.

Echthall und Hallemulationen können in der Mischung kombiniert werden. Dadurch macht man sich die Vorzüge beider Verfahren zunutze und erhält sehr schöne und ausgewogene Ergebnisse.

6. DIE MISCHUNGEN

Für die Mischung eines Musikstückes können prinzipiell drei unterschiedliche Strategien verfolgt werden. Diese lassen sich durch die Terminologie nach Stolla beschreiben:

1. Das positivistische Klangideal: Hier wird versucht, mit der Mischung ein möglichst unverfälschtes Abbild der physikalischen Schallereignisse des Aufnahmeortes zu erreichen.

2. Das illusionistische Klangideal: Man probiert durch klangliche Bearbeitungen ein, der Aufführung ähnliches, Gefühl durch die Mischung zu erzielen.
3. Das medial-autonome Klangideal ist eine freie Umsetzung des Stückes ohne zwingenden Zusammenhang mit der eigentlichen Vorführung.

In der populären Musik kommt meistens das medial-autonome Klangideal zum Einsatz. Eine kreative und einfallsreiche Verwendung von verschiedenen Gestaltungsmitteln in der Abmischung ist hier durchaus erwünscht (Weinzierl, 2008, S. 779). Ein direkter Bezug zur eigentlichen Vorführung und Aufnahme des Stückes ist oftmals nicht mehr erkennbar.

Bei den Mischungen der im Rahmen dieser Arbeit entstanden Aufnahmen wurde eine Kombination des illusionistischen und des medial-autonomen Klangbildes eingesetzt. Ziel war es, Mischungen zu schaffen, die dem Ideal der Populärmusik entsprechen, dabei aber nicht den Charakter der Studio-Liveaufnahme verlieren (siehe Hörbeispiel 01 - The Andean Wolf - Fire Up - HDM und Hörbeispiel 02 - The Andean Wolf - Fire Up - Baderstudios).

Hierfür wurden zum größten Teil die Ergebnisse der Nahfeldmikrofonierung verwendet und mit den herkömmlichen Audioeffekten wie Equalizer, Dynamics, Hallsimulation, Delay u. v. a. m. bearbeitet, um eine zeitgemäße Pop-Abmischung zu erzielen.

Die Raummikrofone wurden nur als zusätzliche Klangnuance in die Mischung eingebettet. Zum einen um den erwähnten Live-Charakter zu erhalten, und zum anderen um die Frage zu klären, ob und ab wann eine Pop-Produktion durch Echthall einen Mehrwert erfährt.

Die Ergebnisse der Aufnahmen beider Räume wurden zuerst in ihren Lautstärken durch ständiges Vergleichen angepasst, um sie dann identisch zu bearbeiten. Kleine Abweichungen im Klangbild durch minimal unterschiedliche Mikrofonpositionen wurden mit Hilfe der Verwendung von Equalizern angeglichen.

Dadurch entstanden zwei Mischungen, die für die Fragestellung dieser Arbeit vergleichbar sind, da sich nur der zu vergleichende Faktor änderte: Der Aufnahmeraum.

Zusätzlich liegen mehrere Klangbeispiele zum Vergleich von Echthall und Hallemlation vor (siehe 9. Anlagen).

7. VERGLEICHE

Die für das Verständnis der folgenden Vergleiche benötigten Hörbeispiele liegen dieser Arbeit auf einem USB-Datenspeicher bei.

7.1 DIE MISCHUNGEN IM VERGLEICH

Obwohl die Raummikrofone in den entstanden Mischungen nur als zusätzliche Klangnuance eingebettet worden sind, lassen durch sie deutliche Unterschiede in Klang, Ortung und Tiefenstaffelung der Räume feststellen.

7.1.1 KLANG

Bei einer Frequenzanalyse der beiden Räume erscheinen die Unterschiede im Klang auf den ersten Blick nicht gravierend.

Vergleicht man die beiden Analysen, so lässt sich feststellen, dass sich der Klang der beiden Aufnahmeräume vor allem im Bassbereich unterscheidet. Man sieht, dass in dem Aufnahmesaal der Baderstudios vor allem mehr Energie im Tiefbassbereich (20-60 Hz) vorhanden ist, ebenso wie im Bereich zwischen 100 Hz und 250 Hz. Im Bereich zwischen 4 Hz und 10 kHz weist das Studio E

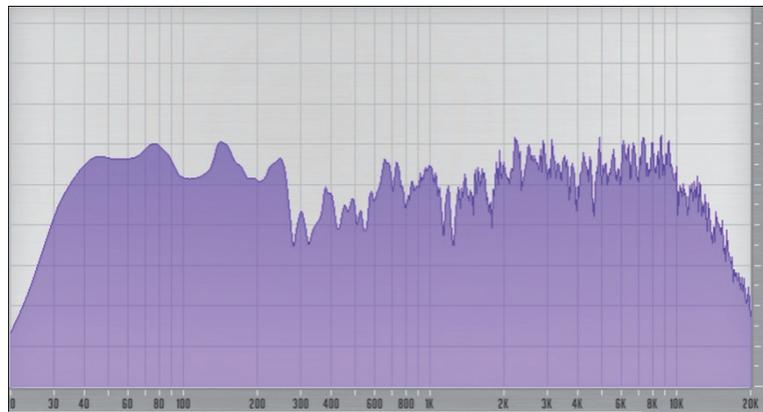


Abbildung 17: Raummikrofon 1 Baderstudios

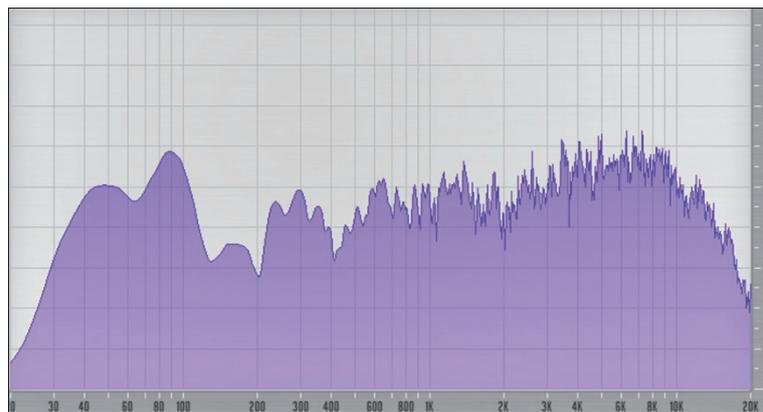


Abbildung 13: Raummikrofon 1 HdM Studio E

dagegen mehr Energie als das Studio A auf. Zwischen 10 kHz und 20 kHz fällt der Frequenzgang der Baderstudios etwas gleichmäßiger ab.

In den vorliegenden Mischungen (Hörbeispiel 01 und Hörbeispiel 02) werden die kleinen Unterschiede deutlich hörbar. Vergleicht man den Bassbereich beider Mischungen, so stellt man fest, dass die Aufnahme aus den Baderstudios wegen der vermehrten und lautereren

Frequenzen, die in dem Bereich 20-250 Hz vorkommen, hier etwas wärmer und dichter klingen. Dies kann daran liegen, dass sich tiefe Frequenzen mit sehr langen Wellenlängen in Räumen großer Abmessungen besser ausbreiten und reflektieren lassen als in kleinen Räumen. Auch der Unterschied in den Hochmitten und Höhen (4-10 kHz) ist klar hörbar. Die Mischung der Studio E Aufnahme klingt dort viel härter und metallener. Selbst der minimale Unterschied im Bereich zwischen 10 kHz und 20 kHz fällt noch ins Gewicht. Hier wirkt das Hörbeispiel 02 des Studio A deutlich ausgewogener.

Die Mischung mit dem Raumanteil der Baderstudios klingt somit etwas wärmer, nicht so hart, vielmehr feiner und offener im Höhenbereich. Jedoch geht durch das vermehrte Auftreten tiefer Frequenzen bei der Baderstudio Aufnahme die Klarheit etwas verloren, wohingegen die Mischung der HdM Aufnahme hier durch den höheren Mittenanteil etwas durchsichtiger klingt.

Die vorliegenden Hörbeispiele 03 und 04 sind dieselben Mischungen wie 01 und 02 ohne Echthall. Vergleicht man diese mit den fertigen Mischungen 01 und 02 stellt man fest, dass durch den Echthall nicht nur ein Raumeindruck entsteht, sondern auch zusätzliche Frequenzen zum Klangbild hinzugefügt werden. Ein weiterer wichtiger Unterschied ist das Verhältnis der Pegel von Instrumenten und Stimmen zueinander. Durch das Hinzufügen von Raummikrofonen entsteht ein dichteres Klangbild. Allein die Aufnahme aller Musiker im gleichen Raum zur selben Zeit führt zu einer Grundmischung zwischen den Stimmen und den Instrumenten. Hierdurch gelingt es leichter, eine stimmige homogene Mischung der Nahfeldmikrofone zu erreichen, da bereits eine ausgewogene Grundlage vorhanden ist. Vor allem der dichtere, diffusere Echthall der Aufnahme aus den Baderstudios bringt hier einen großen Mehrwert in die Mischung und lässt alle Instrumente und Gesangsstimmen zu einem stimmigen Gesamtwerk zusammen rücken.

7.1.2 ORTUNG

Unter Ortung oder auch Lokalisation versteht man die Bestimmung einer Richtung oder Position eines Objektes (Friesecke, 2014, S. 134). In dem Fall dieser Arbeit bezieht sich dieser Begriff auf die Position und die Richtung der Schallquelle in dem Stereofeld der vorliegenden Mischung.

Für das menschliche Ohr sind mehrere Faktoren für die Richtungsortung einer Schallquelle ausschlaggebend:

- „Laufzeitdifferenzen zwischen den Ohren
- Pegelunterschiede zwischen den Ohren
- Hervorhebungen bestimmter Frequenzbereiche
- Schmalbandige Einbrüche durch sehr frühe Reflexionen an der Ohrmuschel [...]“

(Friesecke, 2014, S. 134).

Die qualitative Bewertung der Ortung in einer Mischung gibt Aufschluss darüber, wie gut die Position und die Richtung der Schallquelle in dem Stereofeld definiert sind.

In den vorliegenden Mischungen (Hörbeispiel 01 und Hörbeispiel 02) ist der Unterschied in der Lokalisation nicht deutlich erkennbar. Vergleicht man jedoch die Mischungen mit einem stärkerem Raumanteil (Hörbeispiel 05 und 06) werden klare Differenzen in der Ortung erkennbar. Wenn man sich die Aufstellung der Musiker bei der Aufnahme vor Augen führt (siehe 4. Die Aufnahmen), bei der sich der Lead Sänger in der Mitte befand und die beiden Backgroundsänger/Innen jeweils rechts und links von ihm positioniert waren, sollte man erwarten, dass dieses im aufgenommenen Ergebnis auch klar hörbar ist. Bei dem Hörbeispiel 05 Studio E ist dies der Fall. Man kann den Sänger in der Mitte und die Background Sänger/Innen an den Seiten orten. Bei dem Hörbeispiel 06 Baderstudios hingegen lässt sich diese Aussage nicht mehr so klar treffen. Hier ist eine dichte, räumlich breite Abbildung der drei Stimmen ohne eine klar differenzierbare Ortung zu hören.

Das liegt vor allem daran, dass in dem kleinen Studio E in den Raummikrofonen deutlich mehr Direktschall und frühe Reflexionen enthalten sind, wodurch die Pegel und die Laufzeitunterschiede an den Mikrofonen stärker werden sodass unser Ohr besser differenzieren kann (Friesecke, 2014, S. 134). Im großen Aufnahmesaal der Baderstudios besteht der Großteil der Schallwellen, die die Raummikrofone erreichen, aus dem diffusen Nachhall des Raumes. Diese Schallwellen wurden schon so oft reflektiert, dass eine genaue Richtungsortung kaum mehr möglich ist. Technisch gesehen ist die Ortung bei dem Raumanteil des Studios E genauer, was jedoch nicht unbedingt einen Mehrwert für die Mischung bedeuten muss. Geht man davon aus, dass die Mischung von den Mikrofonen im Nahfeld dominiert wird, wie es in dieser Arbeit der Fall ist, bedeutet eine gute Ortung in den Raummikrofonen oft auch eine Einschränkung in der Mischung. Man kann die Positionen der Schallquellen in der Abmischung nicht mehr frei wählen, sondern muss sich in der Nähe der Aufnahmepositionen bewegen. Eine zu konkrete Ortung der verschiedenen Schallquellen in

einer Mischung kann bewirken, dass diese nicht mehr als homogenes ganzes Schallerlebnis erfasst wird, sondern in ihre einzelnen Bestandteile zerfällt.

7.1.3 TIEFENSTAFFELUNG

Die Tiefenstaffelung beschreibt die Anordnung der Schallquellen in der räumlichen Tiefe einer Abmischung. Sie beruht auf dem Entfernungshören des menschlichen Ohres. Zum Großteil findet das über einen Lernvorgang statt, der sich über die Lebensjahre eines Menschen entwickelt.

Die Entfernungsmessung findet hauptsächlich über den zeitlichen Abstand des Direktsignals zu den ersten frühen Reflexionen statt. Je näher der Hörer einer Schallquelle ist, desto größer ist der Abstand der frühen Reflexionen zum Direktsignal, da die Strecke zwischen Schallquelle und Hörer sehr kurz ist. Bei großen Entfernungen verkürzt sich der Abstand zwischen frühen Reflexionen und Direktsignal, da sich die Wege zur Schallquelle und den reflektierenden Wänden in einer ähnlichen Größendimension befinden. Zudem findet die Entfernungsabschätzung durch das Verhältnis zwischen Direktschall und Diffusschall statt. Je weiter entfernt eine Schallquelle ist, desto schwächer ist der Direktschall und desto höher der Diffusschallanteil (Friesecke, 2014, S. 143f.).

In der Tiefenstaffelung kann man die beiden Mischungen auch sehr deutlich unterscheiden. Vergleicht man die beiden Hörbeispiele 01 und 02, so stellt man fest, dass der Diffusschallanteil in dem Hörbeispiel 02 der Baderstudios deutlich größer und länger ist, was einen größeren und breiteren Raumeindruck zur Folge hat. Durch unsere Hörgewohnheiten der Populärmusik wirkt dies sofort edler und bekannter. Das lässt sich vor allem bei dem Einsatz der Gitarre feststellen. Sie wirkt deutlich breiter und größer. Außerdem entsteht durch den hohen Diffusschall in dem Hörbeispiel 02 ein dichteres und homogeneres Klangbild. In dem Hörbeispiel 01 Studio E sind mehr laute, frühe Reflexionen enthalten. Durch den geringen Abstand dieser zum Direktsignal entstehen Frequenzüberlagerungen, die zu partiellen Auslöschungen führen und den für uns so typischen kleinen Raumeindruck erwecken.

Es lässt sich feststellen, dass das Hörbeispiel 01 eine deutlich geringere Tiefe hat als das Hörbeispiel 02.

Alle oben genannten Faktoren und Eigenschaften können im Allgemeinen nicht qualitativ bewertet werden. Nimmt man unsere Hörgewohnheiten bezüglich moderner tragender Pop-Balladen hinzu, lässt sich aussagen, dass der Raum im Hörbeispiel 02 die zu der Musik passendere Raumästhetik enthält: Warm, weich, dicht und breit.

Doch bedeutet die im Umkehrschluss nicht, dass der Raum des ersten Hörbeispiels grundlegend falsch ist. Hier entsteht ein klares und leicht metallisch klingendes Ergebnis, welches auch sehr authentisch wirkt und ein überzeugendes Ergebnis liefert.

7.2 ECHTHALL UND HALLEMULATION

Als Vorlage für den Vergleich zwischen Echthall und den verschiedenen Hallemulationen diente ein Ausschnitt aus der Gitarrenaufnahme der Baderstudios. Zum Einsatz kam der Echthall der Raummikrofone 1 und 2, das Ergebnis der eigens erstellten Raumimpulsantwort und die beiden Hall Plug-Ins Lexicon Native Bundle und IK Multimedia CSR Room.

Die Hall-Effekte wurden auf die Raumparameter des Aufnahmesaals der Baderstudios eingestellt, um ein möglichst vergleichbares Ergebnis zu erzielen.

Die für das Verständnis benötigten Hörbeispiele liegen der Arbeit auf einem USB-Stick bei (Hörbeispiel 07 bis Hörbeispiel 11).

Bei dem direkten Vergleich dieser Beispiele fallen sofort mehrere Unterschiede in Klang, Ortung und Tiefenstaffelung auf.

7.2.1 KLANG

Echthall

Der aufgenommene Echthall der Baderstudios (Hörbeispiel 08) klingt sehr weich und homogen. Er ist sehr fein im Höhenbereich aufgelöst und der diffuse Nachhall wirkt nicht dicht sondern sehr leicht und dezent und fügt dem Direktsignal der Gitarre (Hörbeispiel 07) vor allem hörbare tiefe und hohe Frequenzen hinzu. Durch die geringe Energie, die der Schall der Gitarre nach der Reflexion noch besitzt, ist der Schallpegel des Signals am Mikrofoneingang ebenfalls sehr gering. Dies erfordert eine sehr starke Vorverstärkung des Mikrofons, die sich im Ergebnis in einem hörbaren Rauschen bemerkbar macht.

Faltung

Das Ergebnis der gefalteten Raumimpulsantwort (Hörbeispiel 09), die im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurde, liefert ein sehr überzeugendes Raumgefühl. Es kommt dem Raumeindruck von Hörbeispiel 08, dem Echthall, sehr nahe. Allerdings lässt sich feststellen, dass der Faltungshall dumpfer und statischer wirkt. Grund hierfür ist, dass in dem Frequenzgang der Raumimpulsantwort mehr tiefe und weniger hohe Frequenzen vorhanden sind. Es wirkt geradezu so, als wären alle Frequenzen oberhalb der 16 kHz abgeschnitten. Der Mittenbereich zwischen 1 kHz und 4 kHz ist bei dem Faltungshall im Gegensatz zu dem Echthall leicht gedämpft.

Der Rauschabstand ist hier wesentlich größer. Somit ist aufgrund des hohen Schalldruckpegels, mit dem die Räummikrofone angesprochen worden sind, kein hörbares Rauschen festzustellen.

Lexicon Room (Plug-In) und IK Multimedia CSR Room (Plug-In)

Die in dieser Arbeit verwendeten algorithmischen Halleffekte sind sich in Ihrem Klang sehr ähnlich.

Bei Beiden fällt direkt auf (Hörbeispiel 10 und 11), dass sie sich stark von Echthall und Faltungshall unterscheiden. Gerade im hochfrequenten Bereich ist mehr Energie vorhanden und im tieffrequenten Bereich gibt es eine stärkere Dämpfung. Dies ließe sich einfach mit Hilfe eines Equalizers korrigieren.

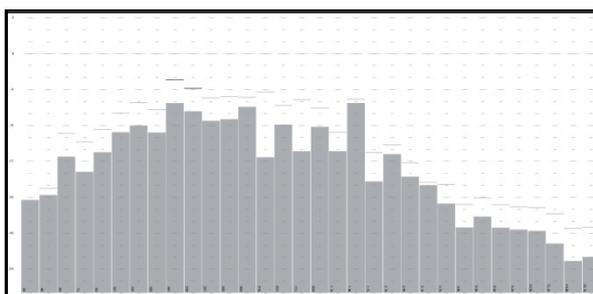


Abbildung 14: Frequenzgang Gitarre & Echthall

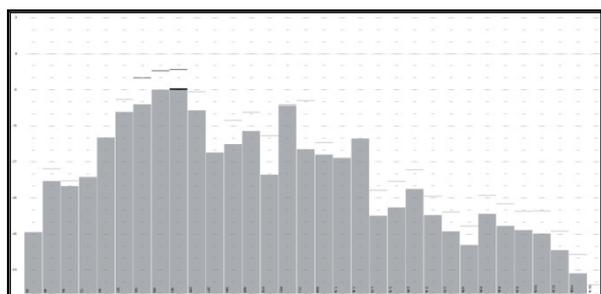


Abbildung 16: Frequenzgang Gitarre & Faltungshall

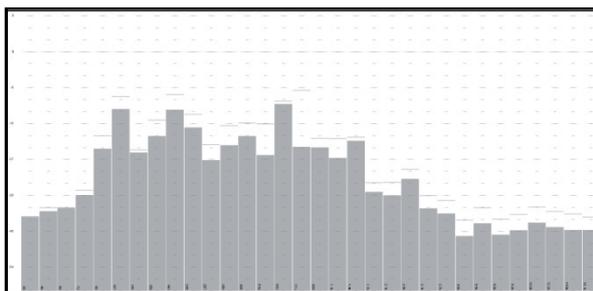


Abbildung 17: Frequenzgang Gitarre & Lexicon Room

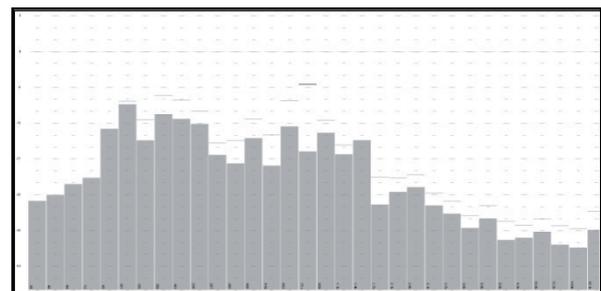


Abbildung 15: Frequenzgang Gitarre & CSR Room

Die vier Abbildungen zeigen die durchschnittliche Lautstärke der Frequenzen des hörbaren Bereichs (20 Hz bis 20 kHz) für eine Zeit von vier Takten für die jeweiligen Hörbeispiele.

7.2.2 ORTUNG

In der Ortung unterscheiden sich Hallemulationen und Echthall mitunter am stärksten. So lange sich die Schallquelle in der Mitte befindet, kann sie bei dem Echthall und bei den Hallemulationen klar geortet werden. Befinden sich Schallquellen an der Seite, kann nur der Direktschall bei algorithmischen Hallemulationen auch dort geortet werden. Der Diffusanteil des Signals ist immer gleichmäßig im Stereofeld verteilt. Bei klassischen Halleffektgeräten wird aus einem Mono-Signal ein stereophoner Raum simuliert. Es existieren auch Effektgeräte, die ein Stereosignal verarbeiten können. Allerdings wird hier meistens nur der Originalanteil in Stereo durchgeschleift und für die Erzeugung eines Raumeindrucks wird es als Monosignal kombiniert. Der Algorithmus geht dann davon aus, dass sich das Schallereignis in der Raummitte befindet.

Ausgenommen davon sind algorithmische Halleffekte, die über eine True-Stereo Funktion verfügen. Hier wird die Hallerzeugung mit dem stereophonen Originalsignal berechnet, was bei Schallquellen, die sich nicht in der Raummitte befinden, eine korrekte Richtungsinformation im Raumanteil zur Folge hat (Sandmann, 2003, S. 63). Eine weitere Ausnahme sind Faltungshalleffekte. Hier funktioniert die Ortung problemlos, da die Multiplikation über die Frequenz von Direktsignal und Impulsantwort über beide Kanäle berechnet wird, so lange diese in Stereo vorliegen. Auch beim Echthall funktioniert die Erkennung der Position problemlos. Mit dem Unterschied, dass die Schallquelle in der Mischung nicht mehr deutlich verschoben werden kann. Es muss schon vor der Aufnahme eine Entscheidung über ihre Positionierung im Raum gefällt werden.

7.2.3 TIEFENSTAFFELUNG

Die Tiefenstaffelung der 4 Hörbeispiele (Nummern 08 bis 11) unterscheidet sich deutlich. Alle Beispiele fügen dem Direktsignal einen Raumeindruck hinzu. Sie lassen sich in zwei Gruppen aufteilen, die viele Ähnlichkeiten aufweisen:

- Echthall und Faltungshall
- Algorithmische Hallemulationen

Echthall und Faltungshall sind sich in ihrer Vermittlung einer Raumtiefe sehr ähnlich, da sie denselben Raum repräsentieren. Eigentlich wäre zu erwarten, dass die Ergebnisse identisch sind. Der Faltungshall wirkt in der Tiefe aber etwas kleiner und vermittelt nicht so einen starken Raumeindruck wie der Echthall. Der Effekt, dass der Hall das Stereofeld in die Breite und in die Tiefe öffnet, setzt bei dem Faltungshall nicht so deutlich ein wie beim Echthall.

Im Gegensatz dazu erzeugen die algorithmischen Halleffekte einen größeren Raumeindruck durch die der Angabe der raumspezifischen Parameter der Baderstudios. Der dadurch entstehende Nachhall ist deutlich dichter als bei dem Echthall und der Faltung.

Alle vier Hörbeispiele liefern gute und auch überzeugende Hallergebnisse. Der Echthall wirkt jedoch am natürlichsten. Und verhält sich in seinem Frequenzgang sehr fein und gewohnt für das menschliche Ohr.

Doch dies muss kein Entscheidungskriterium darstellen. Je nach dem, welches Klangideal bei einer Mischung angestrebt wird (siehe

6. Die Mischungen), kann ein kreativer Einsatz von Räumlichkeiten durchaus gewünscht sein.

7.2.4 MONOKOMPATIBILITÄT VON ECHTHALL UND HALLEMULATIONEN

Um einen realistischen Raumeindruck zu vermitteln muss auch ein breites Stereofeld erzeugt werden. Bei Echthall und bei komplexen Hallemulationen wird dies durch eine große Anzahl an verschiedenen Reflexionen erreicht, die aus jeglichen Richtungen kommen.

Einfachere Hallalgorithmen erreichen dieses Stereobild über eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Kanälen. Hört man diese beiden Kanäle als Mono-Signal zusammengemischt ab, kann es zu Auslöschungen und Einbrüchen im Frequenzgang kommen. Das führt dazu, dass weniger bis nahezu kein Raum mehr hörbar ist (Sandmann, 2003, S. 63). Doch auch bei Echthall und Faltungshall kann das ein Problem sein. Hier muss schon bei der Aufnahme beachtet werden, dass durch die Mikrofonpositionen keine merkbaren phasenbedingten Auslöschungen entstehen. Betrachtet man die vorliegenden Hörbeispiele in Mono, so stellt man fest, dass sowohl der Echthall als auch die Hallemulationen ein recht akzeptables Ergebnis liefern. Natürlich ist der Raumeindruck nicht mehr so breit, jedoch liegt dies mehr an den fehlenden Laufzeitdifferenzen zwischen den zwei Abhörkanälen als an den phasenbedingten Auslöschungen. Vergleicht man die Beispiele mit einem Phasenkorrelationsmesser, so erhält man für alle Beispiele ähnliche Ergebnisse.

7.3 EINFLUSS DES AUFNAHMERAUMES AUF DIE KÜNSTLER

Die Qualität eines Raumes spielt für die Musiker schon weit vor der fertigen Mischung eine wichtige Rolle. Der *Wohlfühl-Faktor* in einem Studio ist für einen Künstler mitunter am wichtigsten, um ein möglichst gutes spielerisches Ergebnis zu erzielen. Hier ist nicht nur das Ambiente des Raumes von Bedeutung, sondern auch seine Akustik. In einem größeren Aufnahmerraum, der akustisch optimiert ist, kann ein Instrument seinen vollen Klang entfalten, was sich nicht nur im aufgenommenen klanglichen Ergebnis bemerkbar macht, sondern auch bei der spielerischen Leistung. Für ein gutes spielerisches Ergebnis ist es entscheidend, dass ein Musiker sein Instrument gut definiert hören kann und dieses auch als angenehm empfindet. Ein ungewohntes Hörerlebnis, wie die klangliche Verfälschung durch frühe Reflexionen in kleinen Räumen, kann dagegen einen Musiker so irritieren, dass er eine schlechte Präsentation abliefert.

Man könnte nun meinen, dass durch das Arbeiten mit Kopfhörern bei Aufnahmesituationen der Raum für den Musiker an Bedeutung verliert, aber dieser wird trotz Kopfhörer noch wahrgenommen. Zum einen liegt das daran, dass auch durch die Kopfhörer ein gewisser Schallpegel von außen die Ohren erreicht, zum anderen wird der Raum durch die Mikrofone, die auf den Kopfhörern abgehört werden, übertragen. Es ist demnach für eine gute Aufnahme von größter Bedeutung, zuerst für einen ausgewogenen Raumklang zu sorgen.

Bei der Aufnahme, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde, konnte dieser Prozess ebenfalls beobachtet werden. Da das Monitoring der beiden Aufnahmen durch die Verwendung von Total-Mix und demselben Equipment speicherbar war, ließen sich die Monitor-Mischungen direkt vergleichen.

Der größte Unterschied ließ sich bei der Background-Sängerin, die mit offenen Kopfhörern aufgenommen hatte, bemerken. Bei der Aufnahme in dem Studio E der HdM musste ihr Gesang lauter und der Rest der Band leiser auf ihre Kopfhörer gemischt werden, da sie durch die vielen und lauten frühen Reflexionen in dem kleinen Raum ihre Musikkollegen deutlich stärker wahrgenommen hat.

Auch bei dem Gitarristen und dem Pianisten musste die Mischung dahingehend verändert werden, obwohl diese mit In-Ears, die den Schall von außen sehr gut abschotten sollen, gespielt haben. Grund hierfür ist, dass die vielen frühen Reflexionen natürlich von den

Mikrofonen aufgenommen werden, und sich dadurch beim Abhören auf geschlossene Kopfhörer und In-Ears auswirken.

Zudem ließ sich beobachten, dass die Aufnahmen in den Baderstudios vom spielerischen Gesichtspunkt her etwas besser geworden sind. Im Endprodukt ist dies kaum zu erkennen, aber die Band spielte in den Baderstudios deutlich weniger Versionen als im HdM Studio ein. Das Endprodukt aus den Baderstudios musste nicht geschnitten werden, wohingegen die HdM-Version aus drei verschiedenen Aufnahmen zusammengesetzt ist. Dies lässt die Vermutung zu, wie wichtig die Wahl des Raumes für das spielerische Ergebnis ist.

7.4 AUSWERTUNG DER UMFRAGEN

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Umfrage (siehe 9.2 Umfragen) mit denselben Hörbeispielen erstellt, die der Bachelorthesis belegen.

Befragt wurden sowohl einfache Musikkonsumenten, als auch Personen, die beruflich oder studienbedingt in engem Kontakt zur Musik und zur Tontechnik stehen. Insgesamt wurden sieben Personen befragt.

Die Aufgabe der Umfrage war es, verschiedene Hörbeispiele miteinander zu vergleichen, sich für eine Version zu entscheiden und die Wahl zu begründen. Verglichen wurden die fertigen Mischungen, die Mischungen ohne Echthall, die Mischungen nur mit Echthall und die Gitarrenbeispiele mit Echthall, Faltung und zwei verschiedenen Hall Plug-Ins.

Die Ergebnisse bei den Mischungen waren sehr eindeutig. Bei den fertigen Mischungen gefiel der Mehrheit der Befragten die Aufnahme aus dem HdM Studio besser, da sie klarer und präsenter wirkte und der kleine Raum mit den vielen frühen Reflexionen als *Effektraum* interpretiert wurde, der die Mischung interessanter machte. Das Ergebnis der Baderstudios schnitt hier etwas schlechter ab, mit der Begründung, dass es eher zu dicht wirkte.

Hieran lässt sich gut erkennen, dass bei einer Kombination von Echthall und Hallemulationen der technisch gesehen bessere Raum nicht immer der passendere sein muss.

Die Mischungen ohne Echthall schnitten in der Umfrage sehr ähnlich ab, was bei dem Ergebnis einer reinen Nahfeldmikrofonierung auch zu erwarten war.

Die beiden Hörbeispiele, die nur den Raumanteil der echten Studioräume beinhalteten, schnitten ebenfalls ähnlich ab. Hieran lässt sich sehen, dass ein Raumanteil vor allem

subjektiv bewertet wird. Ein Teil der befragten Personen fand die Klarheit und Präsenz des HdM Studios überzeugender, wohingegen der andere Teil den größeren, ausgewogeneren Raum der Baderstudios bevorzugte.

Die Hörbeispiele der Gitarrenaufnahmen mit Echthall, Faltungshall und verschiedenen algorithmischen Hallemlationen wurden sehr ähnlich bewertet. Auffallend war, dass keiner der Teilnehmer das Ergebnis des Hall Plug-Ins des CSR Rooms von IK Multimedia wählte. Der Echthall der Baderstudios wurde hier mehrmals als *human* und *natürlich* bezeichnet. Das Ergebnis der Faltung und des Lexicon Room Plug-Ins schnitt ebenfalls sehr gut ab. Ein eindeutiger Favorit ließ sich hier nicht festmachen, allerdings gefiel das Ergebnis der Faltung mit einem leichten Abstand am Besten.

Beim direkten Vergleich der unterschiedlichen Hallergebnisse lässt sich also kein direktes Ergebnis erkennen. Sind die verschiedenen Räume allerdings in eine fertige Mischung integriert, sind deutliche Unterschiede zu bemerken.

8. FAZIT

Sobald verschiedene Räume bei einer Musikaufnahme nicht nur im Nahfeld mikrofoniert werden, sind große klangliche Unterschiede im Resultat zu verzeichnen.

Die passende Wahl eines Raumes ist für ein gutes Ergebnis also unabdingbar.

Natürlich können, durch die hohe Rechenleistung der heutigen DSPs, beliebige Reflexionsmuster verschiedenster Räume nachgebildet werden.

Wie sich im Laufe dieser Arbeit herausgestellt hat, erzielen diese beim direkten Vergleich mit den echten Räumen auch ein sehr überzeugendes Ergebnis.

Allerdings unterscheiden Sie sich nach wie vor in ihrer Auflösung und Realitätsnähe von echten Räumen. Die homogene Zusammenführung mehrerer Instrumente zu einem stimmigen Gesamtwerk, hervorgebracht durch hinzufügen eines klanglich dichten Diffusfeldes zum Direktschall, kann bis zu einem gewissen Punkt simuliert werden. Jedoch können die komplexen Reflexionsmuster mehrerer Schallquellen in einem Raum und die dadurch resultierenden extrem gewohnten und musikalischen Ergebnisse nur von einem echten akustisch optimierten Raum geliefert werden.

So fungiert ein guter Aufnahmeraum bei der Raummikrofonierung nicht nur als

Diffusschallerzeuger, sondern schafft auch eine homogene Grundbalance zwischen den Schallquellen.

Selbstverständlich lassen sich sehr gute Ergebnisse von Musikproduktionen mit einer reinen Nahfeldmikrofonierung in trockenen Räumen erzielen und durch das nachträgliche Hinzufügen von künstlichem Hall ergänzen.

Dabei darf aber nicht außer Acht gelassen werden, dass ein Aufnahmeraum nicht nur wichtig für das klangliche Ergebnis ist, sondern auch für den musikalischen Aspekt einer Produktion. Die Wahl eines Raumes und dessen Aufnahme fordern schon vor der Produktion Entscheidungen ein, die Produzent und Band dazu *zwingen*, sich ausgiebig mit den Raumanforderungen auseinander zu setzen, was sich im Endergebnis oft positiv bemerkbar macht.

Auch der große Einfluss eines Aufnahmeraumes auf den *Wohlfühlfaktor* und die Arbeitshaltung eines Künstlers sollte nicht vergessen werden.

Diese *emotionalen* Aspekte können nicht durch Halleffekte simuliert werden.

Hallemlationen bringen Vorteile mit sich. Ihre hohe Flexibilität ermöglicht es, jegliche Raumgröße zu simulieren und durch untypische Anwendung der Hallparameter sehr experimentelle und authentische Ergebnisse zu erzeugen. So kann von zu Hause aus, nur mit Verwendung eines herkömmlichen Computers und der entsprechenden Software experimentiert werden. Jegliche Arten von Räumen sind hier verfügbar und individuell anpassbar. Ich bin allerdings der Meinung, dass sie nicht ausschließlich verwendet werden sollten.

Wie sich in der vorliegenden Arbeit herausgestellt hat, lassen sich extrem gute Ergebnisse bei Mischungen der populären Musik durch die Kombination von Echthall und Hallemlationen erzielen. Ein passender echter Raum als Grundlage für ein realistisches Hörergebnis und der kreative Einsatz von Halleffekten für die Umsetzung des medial-autonomen Klangideals sind für mich demnach ausschlaggebend, um eine hörbare, stimmige Gesamtkomposition eines Musikstückes zu produzieren.

Ein Verzicht von professionellen Aufnahmeräumen mitsamt deren klanglichen und emotionalen Eigenschaften ist daher nicht zu empfehlen. Musiker sollten Aufnahmestudios wieder mehr in Betracht ziehen und sowohl Zeit als auch Budget investieren, denn qualitativ unterscheiden sich Studioaufnahmen von selbst gemachten Wohnzimmerarrangements.

9. ANLAGEN

9.1 DATENSPEICHER

Auf dem der Arbeit beigefügten USB-Datenspeicher befinden sich folgende Hörbeispiele:

Hörbeispiel 01 - The Andean Wolf - Fire Up - HDM

Hörbeispiel 02 - The Andean Wolf - Fire Up - Baderstudios

Hörbeispiel 03 - The Andean Wolf - Fire Up - HDM - Ohne Echthall

Hörbeispiel 04 - The Andean Wolf - Fire Up - Baderstudios - Ohne Echthall

Hörbeispiel 05 - The Andean Wolf - Raum HdM

Hörbeispiel 06 - The Andean Wolf - Raum Baderstudios

Hörbeispiel 07 - Gitarre - Direktsignal

Hörbeispiel 08 - Gitarre - Direktsignal - Echthall Baderstudios

Hörbeispiel 09 - Gitarre - Direktsignal - Faltungshall Baderstudios

Hörbeispiel 10 - Gitarre - Direktsignal - Lexicon Room Vst

Hörbeispiel 11 - Gitarre - Direktsignal - IK Multimedia CSR Room

9.2 UMFragEN

1. Vor - und Nachname

Anzahl der Teilnehmer: 7

Kolja Hübschmann

Max Kersten

Lea Gundel

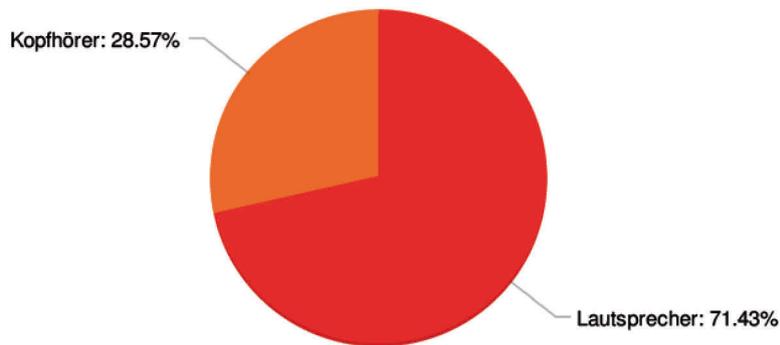
Dominik Schempp

Jonas Frank

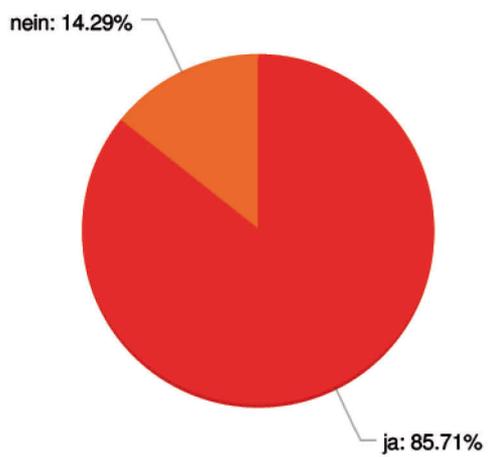
Raimund Förnzler

Fabian Becker

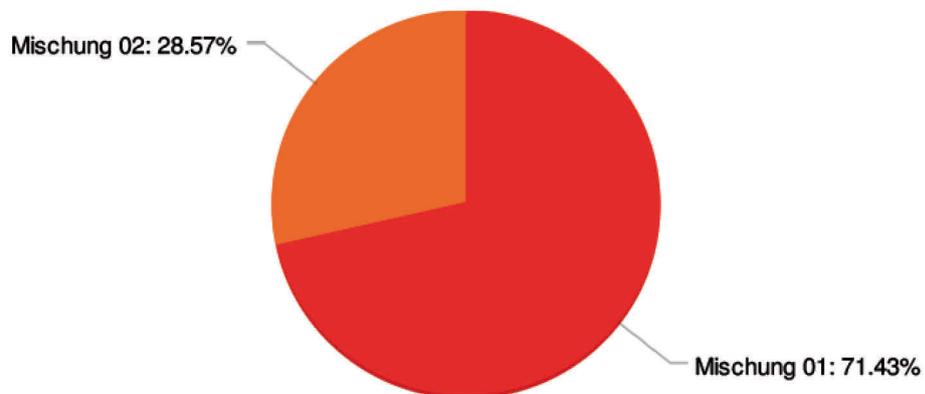
2. Abhörsituation



3. Handelt es sich um eine gewohnte Abhörsituation (Hörst du damit regelmäßig Musik)?



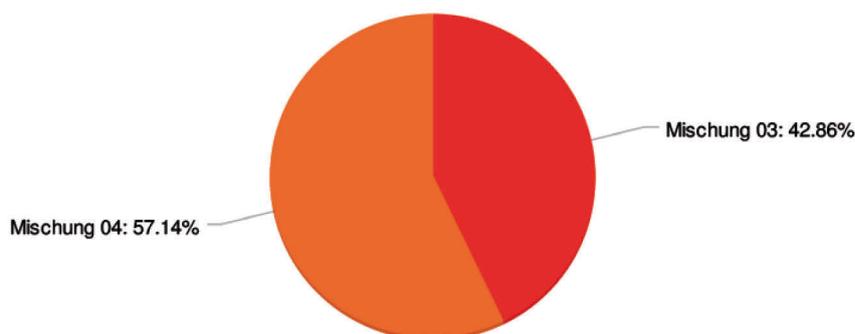
4. Welche Mischung hat dir klanglich und spielerisch besser gefallen?



5. Warum

- Nr. 1 war klarer, tendenziell fand ich den Part am Anfang schlechter als bei Nr. 2 - aber am Ende wird mir 02 zu laut.
- In Mischung 01 ist mir der Raum zu flach und zu stumpf. Mischung 02 lebt mehr.
- Nr. 2 wirkte recht clean. Nr. 1 wirkte gefühlvoller
- Mischung 02 hat eigentlich den etwas schöneren, wärmeren, natürlicher klingenden Hall und Klang. Durch den hellen Klang schafft Mischung 01 aber eine packendere Atmosphäre, die mehr nach "Effekt" als nach Raum klingt. Mischung 02 scheint in den Mitten zu verhallt und ist dadurch etwas undifferenziert und distanziert klingend. Bei Mischung 01 stehen Stimme und Instrumente an vorderster Stelle und klingen intim und erst dahinter geht die Räumlichkeit mehr als "Effekt" auf. Die Atmosphäre packt mich in Mischung 01 einfach deutlich mehr. An der Performance selbst habe ich nichts Besonderes festgestellt, außer dass die zweite etwas schneller ist.
- 'Mischung 01' klingt offener und lebendiger. Die zweite Mischung klingt im Vergleich dumpfer und kleiner.
- Nr. 2 hat einen schöneren Raum, gefühlt mehr Tiefe, wobei der hintere Teil bei beiden für mich etwas topfig wirkt.
- Mischung 01 gefällt mir klanglich wie spielerisch besser. Das Musikstück nimmt sich mehr Zeit, ich fühle mich mehr angesprochen, eingeladen und mitgenommen. Die spielerische Dynamik fühlt sich größer an im Vergleich zu Mischung 02. Mischung 02 wirkt etwas klarer, und geht etwas mehr ab. Die spielerische Interpretation der Komposition kommt in Mischung 01 aber mehr zur Geltung.

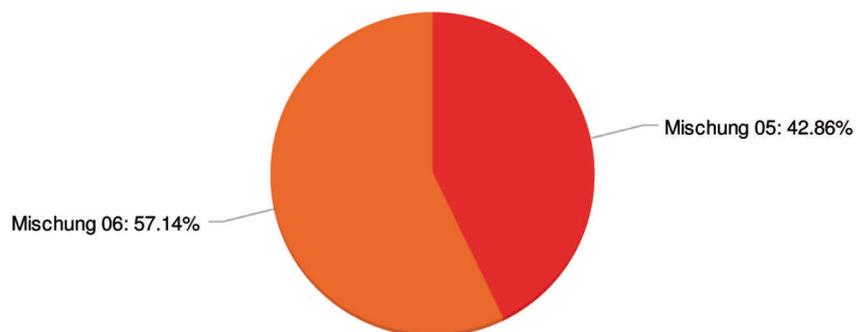
6. Welche Mischung hat dir klanglich besser gefallen?



7. Warum

- Bei Mischung 03 kommen die Instrumente klarer heraus, insbesondere das Strumming der Gitarre. Wirkt als ob man alle Instrumente für sich hören kann.
- Nr. 3 wirkte steriler als Nr. 4. Nr. 4 eher wärmer. War angenehmer zu hören.
- Mischungen wirken beengt gegen die vorigen beiden Mischungen. Mischung 04 hat mir wieder zu dichte Mitten und
- Bässe, die matschig wirken. Mischung 03 ist wieder aufgeräumter und hat einen schönen präsenten Hall.
- Mischung 04 klingt größer und 'echter'
- Bei Mischung 04 klingt die Sängerin irgendwie besser. Ist präsenter. Allerdings sind beide Räume irgendwie gefühlt nicht brilliant.
- Klingt schöner.

8. Welche Mischung hat dir klanglich besser gefallen?

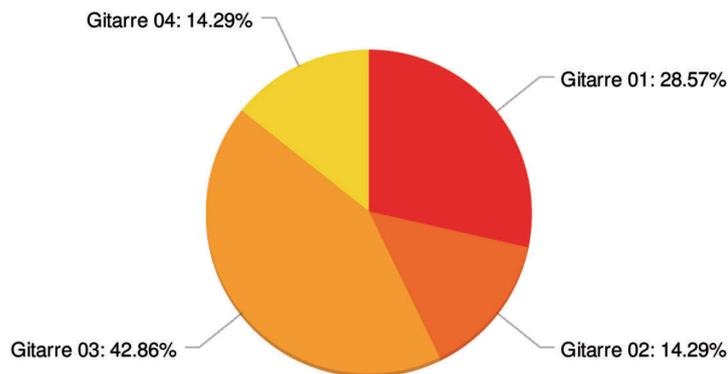


9. Warum

- Beide Räume klingen nicht gut. Sehr klein und dröhnig
- Für mich kein Unterschied hörbar.
- Mischung 05 klingt billig nach schlechtem Raum mit viel schnellen Reflektionen. Mischung 06 ist trockener, dreidimensionaler, natürlicher und hat weniger dieser unschönen Reflektionen.
- Mischung 05 klingt größer, freier und aufregender
- Mischung 05 hat einen größeren angenehmeren Raum. Der Mix 06 wirkt pappig im Vergleich.

- Mischung 05 ist in sich klanglich stimmiger. Die Position der Klangquellen harmoniert besser. In Mischung 06 steht alles sehr weit vorn.

10. Welche Version hat dir am besten gefallen?



11. Warum

- Nr. 4 ist interessant, da man einen Ton so besonders raus hört. Nr. 3 erscheint mir am gelungensten, da alle Töne sehr schön ineinander überlaufen.
- Nr. 1 empfinde ich am angenehmsten da es sehr klar ohne viel Schnick-Schnack ist.
- Gitarre 01: trocken, aber schön.
Gitarre 02: Raum klingt zu klein und "dosig"
Gitarre 03: Enger als Raum 2, auch nicht wirklich schön.
Gitarre 04 : Schön dreidimensional und rund.
Gitarre 05: Schlecht vergleichbar irgendwie, viel größer und lauter. Klingt gut, aber kann zu viel sein.
- Gitarre 03, da ich hier das Verhältnis zwischen Direkt- und Raumanteil als sehr ausgeglichen empfinde.
- 1,3 und 4 wirken für mich sehr direkt. Nummer 5 und 2 scheinen da etwas satter, brillianter. Die 2 war gefühlt am besten.
- Mir gefällt Gitarre 01 am besten, da sie sehr Original klingt, als wäre die Gitarre gerade an meiner Anlage angeschlossen. Die Räumlichkeit in Gitarre 02 klingt von den Gitarren 02 - 05 sehr Human. Gitarre 02 gefällt mir also auch gut.

12. Aufschlüsselung

Mischung 01 = Aufnahme HDM Studio E Mischung mit Echthall und Hall Plugins

Mischung 02 = Aufnahme Baderstudios Mischung mit Echthall und Hall Plugins

Mischung 03 = Aufnahme HDM Studio E Mischung ohne Echthall nur mit Hall Plugins

Mischung 04 = Aufnahme Baderstudios E Mischung ohne Echthall nur mit Hall Plugins

Mischung 05 = Echthall Baderstudios

Mischung 06 = Echthall HDM

Gitarre 01 = Gitarre - Direktsignal

Gitarre 02 = Gitarre - Direktsignal mit Echthall Baderstudios

Gitarre 03 = Gitarre - Direktsignal mit Faltungshall Baderstudios

Gitarre 04 = Gitarre - Direktsignal mit Lexicon Room Vst Plugin

Gitarre 05 = Gitarre - Direktsignal mit IK Multimedia CSR Room Vst Plugin

9.3 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A/D Wandler	Analog Digital Wandler
cm	Zentimeter
DAW	Digital Audio Workstation
dB	Dezibel
DSP	digital signal processor
HdM	Hochschule der Medien
Hz	Hertz (Einheit für Frequenz)
λ	Lambda (Einheit für Wellenlänge)
m	Meter
ms	Millisekunden
RT60	Reverb Time 60
s	Sekunde

Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis

9.4 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kanalplan der Produktion	32
Tabelle 2: Abkürzungsverzeichnis	59

9.5 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schallbeugung (Mixdorff, 2014).....	10
Abbildung 2: Reflexion	10
Abbildung 3: Anhall, Mithall, Nachhall (Dickreiter, 2011, S. 27)	11
Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf eines Schallfeldes	12
Abbildung 5: Richtcharakteristika von Mikrofonen (Dickreiter, 2011, S. 97).....	16
Abbildung 6: Prinzip der digitalen Nachhallerzeugung (Dickreiter, 2008, S. 353)	22
Abbildung 7: Baderstudios Aufnahmesaal A, Blickrichtung: Rückwand.....	29
Abbildung 8: Baderstudios Aufnahmesaal A, Blickrichtung: Regie A+B	29
Abbildung 9: Studio E der HdM Stuttgart.....	30
Abbildung 10: Die DAW.....	33
Abbildung 11: Aufnahme in den Baderstudios	34
Abbildung 12: Nahfeldmikrofonierung.....	35
Abbildung 13: Raummikrofonierung Aufsicht Baderstudios (1:70).....	36
Abbildung 14: Raummikrofonierung Baderstudios, Querschnitt (1:70).....	37
Abbildung 15: Raummikrofonierung Studio E, Aufsicht (1:70)	37
Abbildung 16: Raummikrofonierung Studio E, Querschnitt (1:70).....	38
Abbildung 17: Raummikrofon 1 Baderstudios.....	42
Abbildung 18: Raummikrofon 1 HdM Studio E.....	42
Abbildung 19: Frequenzgang Gitarre & Echthall.....	47
Abbildung 20: Frequenzgang Gitarre & Faltungshall.....	47
Abbildung 21: Frequenzgang Gitarre & Lexicon Room	47
Abbildung 22: Frequenzgang Gitarre & CSR Room	47

9.6 QUELLENVERZEICHNIS

Bader, T. (2015). *Baderstudios*. Abgerufen am 15. 07 2016 von Baderstudios:

<http://www.baderstudios.de/?q=content/recording-room>

Collins, P. (Komponist). (1981). In *The Air Tonight*. [P. Collins, Interpret] Vereinigtes Königreich, Vereinigtes Königreich.

Dickreiter, M. (2011). *Mikrofonaufnahme*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag.

EMT Studiotechnik. (2016). *EMT International*. Abgerufen am 05. 07 2016 von EMT International: <http://emt-international.ch/>

Freisecke, A. (2007). *Studio Akustik*. Bergkirchen: PPV Medien GmbH.

Friesecke, A. (2014). *Die Audio-Enzyklopädie*. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH.

Hapke, T. (2006). *Studiobibel*. Berlin: Bosworth Verlag.

Henle, H. (2001). *Das Tonstudio Handbuch*. München: GC Carstensen Verlag.

Joost, D. M. (06. 07 2005). *Uni-Koblenz*. Abgerufen am 11. 07 2016 von Uni-Koblenz: <https://www.uni-koblenz.de/~physik/informatik/DSV/Faltung.pdf>

Krogmann, C. (02 2005). Keine Angst vorm selber falten. *SAE Magazin*, S. 26-27.

Kuttruff, H. (2004). *Akustik*. Stuttgart, Leipzig: S. Hirzel Verlag.

Lexicon by Harman. (2016). *lexiconpro*. Abgerufen am 21. 06 2016 von lexiconpro: <http://lexiconpro.com/>

Michael Dickreiter, V. D. (2008). *Handbuch der Tonstudiotechnik*. München: K.G. Saur Verlag.

Mixdorff, H. (2014). *Slideplayer*. Abgerufen am 21. 06 2016 von Slideplayer: <http://slideplayer.org/slide/638327/>

Sandmann, T. (2003). *Effekte & Dynamics*. Bergkirchen: PPV Presse Projects Verlags GmbH.

Voxengo. (2016). *Voxengo*. Abgerufen am 14. 07 2016 von Voxengo:

<http://www.voxengo.com/product/deconvolver>

Weinzierl, S. (2008). *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Wolf, T. A. (2016). *The Andean Wolf*. Abgerufen am 13. 07 2016 von The Andean Wolf:

<http://theandeanwolf.com>

9.7 DANKSAGUNG

Im Rahmen dieser Abschlussarbeit möchte ich mich ganz herzlich bei allen beteiligten Personen bedanken. Im Besonderen bei:

Der Band The Andean Wolf: Julian Lindemann, Hagen Wagner und Lucie Weber für die tolle Musik und die Geduld, alles mehrmals in verschiedenen Studios einzuspielen.

Torsten Bader für die Bereitstellung der Baderstudios.

Prof. Oliver Curdt für die Betreuung der Arbeit.

Heiko Schulz für die Bereitstellung des gesamten technischen Equipments und die Bereitschaft, mir mit Rat und Tat zur Seite zu stehen.

Jonas Frank und Raimund Förnzer für die tatkräftige Unterstützung bei den Aufnahmen.

Meiner Schwester Sabine, meiner Freundin Lea und Raimund Förnzer für die tolle Unterstützung und das Korrekturlesen.

Sowie bei allen, die sich geduldig die elf Hörbeispiele zu Gemüte geführt haben und an der Umfrage teilgenommen haben.