

Bachelorarbeit im Studiengang Audiovisuelle Medien

Mikrofonsimulation

Ein Vergleich der aktuellen Systeme

vorgelegt von Florian Seeg

Matrikelnummer: 28927

an der Hochschule der Medien Stuttgart

am 28.02.2018

Erstprüfer: Prof. Oliver Curdt

Zweitprüfer: Heiko Schulz

Zusammenfassung

Die Möglichkeit per Knopfdruck zwischen hochwertigen Mikrofonen zu wechseln und sie im Nachhinein an den Mix anzupassen wurde zum ersten Mal im Jahr 2015 vorgestellt und hat sich seitdem zum Bestseller entwickelt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Fragen, welche Technik dahintersteckt, welche verschiedenen Produkte und Ansätze es aktuell auf dem Markt gibt und ob es bereits das eine Mikrofon gibt, das alle anderen ersetzen kann. Mithilfe von Praxisvergleichen und Messungen sollen aktuelle Systeme analysiert und eingeordnet werden.

Abstract

The possibility of interchanging high-quality microphones within the click of a button and fitting them into the mix after tracking has been first introduced in 2015 and has been a bestseller since. The study will deal with questions like: How does the technique behind the simulation work? What kind of products are currently available and how do they approach the topic? And does the one microphone that is able to replace all the other microphones already exist? Within the practical study the systems will be compared and measured to obtain a full picture of the subject.

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit versichere ich, Florian Seeg, an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Mikrofonsimulation – Ein Vergleich der aktuellen Systeme“ 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 Seeg, Matrikelnr.: 28927, Stuttgart, den 28.02.2018

Hinweis: Die für das Verständnis der Arbeit benötigten Klangbeispiele befinden sich auf dem beigefügten USB - Stick

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	7
1.1 Zielsetzung der Arbeit	7
1.2 Grenzen	8
1.3 Vorgehensweise	8
2 Das System	10
2.1 Lineare Systeme	10
2.2 Nichtlineare Systeme.....	11
3 Mikrofone	11
3.1 Wandlungstypen	11
3.1.1 Dynamische Mikrofone	13
3.1.1.1 Bändchenmikrofone	15
3.1.1.2 Tauchspulmikrofone	18
3.1.2 Kondensatormikrofone	20
3.1.2.1 Die Niederfrequenzschaltung.....	21
3.1.2.2 Die Hochfrequenzschaltung	21
3.1.2.3 Das Großmembranmikrofon	22
3.2 Richtcharakteristik	24
3.3 Nahbesprechungseffekt	25
3.4 Übertrager.....	26
3.4.1 Transformatorlose Mikrophone.....	27
3.5 Impedanz	28
3.6 Röhren	28
3.7 Frequenzgang.....	29
3.8 Impulsverhalten	30
4 Aktuelle Systeme zur Mikrofonsimulation	32
4.1 Antares MIC MOD EFX mit sm58 (ca. 200€)	32
4.1.1 Konzept.....	32
4.1.2 Das Mikrofon.....	33
4.1.3 Das Plugin.....	33
4.2 Slate Digital VMS (ca. 1200€)	34
4.2.1 Konzept.....	34
4.2.2 Optik.....	34
4.2.3 Das Mikrofon.....	35
4.2.4 Das Mikrofon-Plugin	35

4.2.5 Der Preamp	36
4.2.6 Das Preamp-Plugin.....	36
4.2.7 Die Latenz.....	37
4.3 Townsend Labs Sphere L22 (ca. 1600€)	37
4.3.1 Konzept.....	38
4.3.2 Optik.....	38
4.3.3 Das Mikrofon.....	38
4.3.4 Das Mikrofon-Plugin	39
4.3.5 Das Preamp-Plugin.....	40
4.3.6 Die Latenz.....	40
4.4 Weissklang/Sonimus (ca. 500€).....	41
4.4.1 Konzept.....	42
4.4.2 Optik.....	42
4.4.3 Das Mikrofon.....	42
4.4.4 Latenz.....	43
4.5 Antelope Edge (ca. 1300€)	44
4.5.1 Der Ansatz	44
4.5.2 Das Mikrofon-Plugin	45
5 Die Neumann-Legenden	46
5.1 Neumann U47 (1949-1965)	46
5.2 Neumann U67 (1960-1971,1992, 2018-).....	47
5.3 Neumann U87 (1967-).....	48
6 Die Simulation	49
6.1 Plugin Modelling.....	49
6.1.1 Black Box Ansatz.....	50
6.1.2 White/Gray Box Ansatz.....	51
6.1.3 Hörtests	53
6.1.4 Limitierungen.....	54
6.1.5 Schwierigkeiten.....	55
6.2 Mikrofonsimulation	57
6.2.1 Slate VMS	57
6.2.2 Townsend Labs Sphere L22	58
7 Messverfahren	62
7.1.1 Messraum.....	62
7.1.2 Signalgenerator	63
7.1.3 Messlautsprecher.....	65
7.1.4 Messmikrofon	66

7.1.5 Drehteller.....	68
7.1.6 ARTA	69
8 Praxisvergleiche.....	70
8.1 U47 Simulationen Gesang (Klangbeispiele 1).....	71
8.2 Richtcharakteristik Niere und Kugel Gesang (Klangbeispiele 2).....	74
8.3 Bändchen Simulation Akustik Gitarre (Klangbeispiele 3).....	77
8.4 U87 Simulation Raumklang Mono Schlagzeug (Klangbeispiele 4).....	78
8.5 Sm7 Slate VMS Simulation für Gesang (Klangbeispiele 5).....	80
8.6 Stereo Townsend Labs als Overheads (Klangbeispiele 6).....	83
8.6.1 Schmales Stereo	83
8.6.2 Breites Stereo.....	84
9 Workflow.....	85
10 Psychischer Faktor.....	86
11 Aussichten	87
12 Fazit	87
13 Literaturverzeichnis	89
14 Abbildungsverzeichnis	90
15 Danksagung	94

1 Einleitung

„Willkommen in der Zukunft... und der Vergangenheit“¹

Die Simulation von analogem Audioequipment ist allgegenwärtig. Das analoge Equipment im Tonstudio U54 der Hochschule ist bereits auf ein Minimum reduziert und immer mehr professionelle Mixing-Ingenieure verzichten gänzlich auf Outboard-Prozessoren und Mischpulte. Auch langjähriger Analog-Verfechter und Grammy-Preisträger Andrew Scheps gab 2015 in der Talkrunde Pensado's Place bekannt, dass er mittlerweile für den Mixing-Prozess 100% „in the box“ arbeitet.²

Was in dieser Diskussion oft vergessen wird ist, dass Top-Mixing-Ingenieure erstklassige Aufnahmen verarbeiten, die größtenteils mit erlesenem analogen Equipment aufgenommen wurden. Von der ersehnten organischen Sättigung und nichtlinearen Obertonstruktur ist also schon ein großer Teil bereits im Ausgangsmaterial vorhanden. Je mehr digital produziert wird, desto mehr werden die analogen Klangattribute in der Aufnahmekette geschätzt:

Neumann kündigte auf der NAMM 2018 an, dass das U67 Röhrenmikrofon wieder mit Original-Bauteilen in Serie gehen wird.³

Für alle die gerade nicht die ca. 6000€ zur Verfügung haben, bleibt die Option einer Mikrofonsimulation, mit der man dem perfekten Quellmaterial mit nur einem Mausklick näherkommen kann. Wie weit diese verführerische Vorstellung von der Realität entfernt ist, soll sich im Zuge der Arbeit klären.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Ausdrücklich nicht in den Vergleich einbezogen werden Mikrofone, die „nur“ Richtcharakteristiken simulieren, wie beispielsweise das in der Masterarbeit von Daniel Schröfel behandelte UM 930 Twin von Microtech Gefell oder das bereits 1992 vorgestellte

¹ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/townsend-labs-sphere-l22-test.html>), Aufgerufen am 03.01.2018

² Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=5zc1dljg3Uzs>), Aufgerufen am 29.12.2017

³ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=UHnQL29KAdA>), Aufgerufen am 18.02.2018

Polarflexmikrofon von Schoeps.⁴ Das Prinzip des UM930 Twin ist mit seiner separat abgreifbaren Doppelmembran gleich wie das hier behandelte Townsend Labs und das Antelope Edge Mikrofon. Das Schoeps arbeitet mit einer MS-Matrix auf drei verschiedenen Frequenzbändern und bietet so die Möglichkeit abstrakte Mikrofone zu bauen.⁵

In dieser Arbeit möchte ich mich jedoch auf Mikrofone beschränken, die gezielt den Charakter eines anderen Mikrofons bzw. einer Mikrofongruppe nachbilden. Der Workflow eines sehr gut ausgestatteten Studios soll demnach virtuell in die Schlafzimmern kommen. Mit welchem der aktuellen Systeme dies am besten gelingt und ob es überhaupt große Unterschiede zwischen den Anbietern gibt, soll in einer Reihe von Vergleichstests und Messungen herausgefunden werden.

1.2 Grenzen

Recht früh wurde klar, dass es in diesem Rahmen nicht möglich sein wird, alle Facetten der Mikrofone zu beleuchten und im Detail zu vergleichen. Um darüber zu urteilen, ob sich eine Simulation wirklich genauso anfühlt wie das Vorbild, sollte man einige Jahre mit dem Original gearbeitet haben und es schon sehr gut kennen. In diesem Fall waren alle Mikrofone im Test komplett neu und es galt erstmal jedes Einzelne kennenzulernen. Auch am Ende der Arbeitszeit lernte man die Modelle mit jedem Mal Hören noch besser kennen.

1.3 Vorgehensweise

Zuallererst soll versucht werden die Theorie hinter der Hardware aber auch der Software zu verstehen, um die Praxisvergleiche gegen Ende der Arbeit richtig auswerten und interpretieren zu können. Abschließend werden dann die Systeme in ihrer Qualität und dem Anwendungsnutzen einsortiert.

⁴ Vgl. (https://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Schroefel_online.pdf), Aufgerufen am 20.02.2018

⁵ Vgl. (<http://www.schoeps.de/de/products/polarflex/overview>), Aufgerufen am 20.02.2018

Anmerkungen:

Wenn in dieser Arbeit von „dem Sänger“ gesprochen wird, dient dies lediglich der Vereinfachung und bezieht sich gleichermaßen auf das weibliche „die Sängerin“.

Des Weiteren sind auf dem USB-Stick, bzw. der CD, unter Klangbeispiele 7.1 die rohen Stereospuren des Townsend Labs Mikrofon beigefügt, womit jeder selbst die Möglichkeit hat, die Welt der Mikrofonsimulation zu erkunden. Das Sphere Plugin kann nach einer Registrierung kostenlos heruntergeladen werden: <https://townsend-labs.com/sphere-plugin-demo/>

2 Das System

Jedes Gerät in der Tontechnik, über das Signale übertragen und verändert werden können, stellt ein System dar. Dazu zählen beispielsweise Filter, Verstärker, Lautsprecher und Mikrofone. Jede Kombination signalverarbeitender Systeme ergibt wieder ein System. Das heißt, dass auch jedes einzelne Bauteil eines Mikrofons als System angesehen werden kann und die Aneinanderreihung der gesamten Aufnahmekette ebenfalls ein System ergibt:⁶

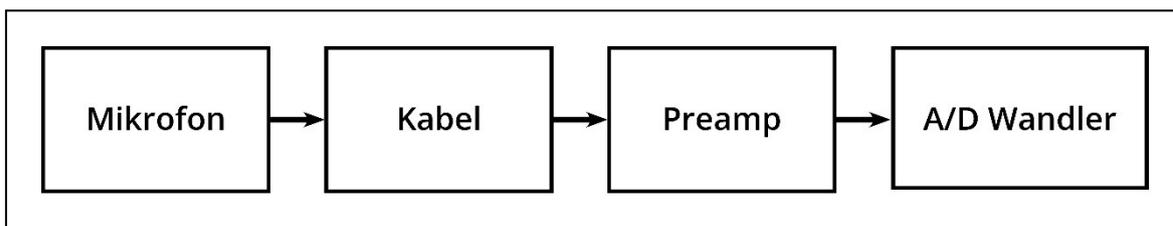


Abbildung 2-1: System einer Aufnahmekette

2.1 Lineare Systeme

Einen speziellen Fall in der Signalübertragung bilden lineare zeitinvariante Systeme (LTI-Systeme von engl. linear time-invariant). Sie verzerren ein Signal nur im Pegel und der Phasenlage und erfüllen deshalb folgende Bedingungen:⁷

1. Die Systemantwort der Summe zweier Signale ist das gleiche wie die Summe der einzelnen Systemantworten (Linear)
2. Wird das Eingangssignal zeitlich verschoben, verschiebt sich die Systemantwort ebenfalls (Zeitinvariant)

Während reale Systeme niemals wirklich linear und zeitinvariant sind, können die Abweichungen in vielen Fällen vernachlässigt werden.⁸ Damit lassen sich viele Geräte im Tonstudio mit dem LTI-Modell beschreiben, darunter auch Musikinstrumente und Räume. Letztere bilden einen der bekannteren Anwendungsbereiche, nämlich den Faltungshall, der streng genommen aus unendlich vielen LTI-Systemen besteht, da jede Verbindungen zwischen zwei Punkten in einem Raum ein eigenes Übertragungssystem darstellt.⁹

⁶ Vgl. (Görne, 2015), S. 136

⁷ Ebd.

⁸ Vgl. (Adamy, 2014), S.1

⁹ Vgl. (Görne, 2015), S.136

Der Vorteil eines LTI-Systems ist, dass es vollständig durch eine Impulsantwort beschrieben werden kann, dabei ergibt das Eingangssignal $s(t)$ gefaltet mit der Impulsantwort $h(t)$ das Ausgangssignal $g(t)$: $s(t) * h(t) = g(t)$ ¹⁰

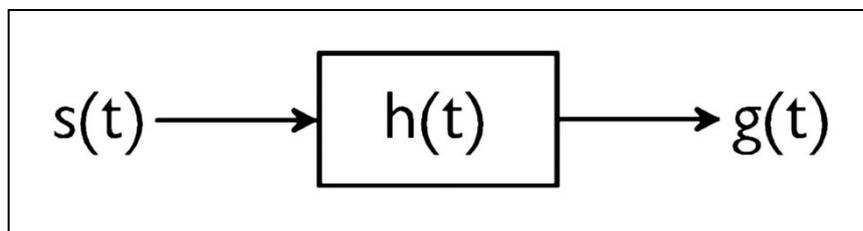


Abbildung 2-2: LTI-System mit der Impulsantwort $h(t)$

Bei einer Verkettung von LTI-Systemen spielt die Reihenfolge der Bearbeitung theoretisch keine Rolle. Kommt dagegen ein nichtlineares System dazu, macht die Reihenfolge in der Regel einen großen Unterschied im Ausgangssignal.¹¹

2.2 Nichtlineare Systeme

Kompressoren, Limiter, übersteuernde Gitarrenverstärker und alle Geräte, die Röhrentechnik enthalten, können nicht durch ein lineares System beschrieben werden. Auch das Transientenverhalten eines Mikrofons oder die Färbung eines Vorverstärkers fallen in diese Kategorie. Sobald man solche analogen Attribute simulieren möchte, hat man es mit einem komplexen nichtlinearen System zu tun.¹²

Ebenfalls in die Kategorie fallen Phaser, Flanger und Leslie-Kabinettes, da sie nicht zeitinvariant sind.¹³

3 Mikrofone

3.1 Wandlungstypen

Grundsätzlich lassen sich Wandler bei Mikrofonen unterschiedlich klassifizieren, eine Möglichkeit ist die Art der gewandelten mechanischen Größe. Während bei einem Elongationswandler die Membranauslenkung in Spannung umgesetzt wird, ist bei einem Schnellewandler die Membrangeschwindigkeit für die Energie verantwortlich.¹⁴

¹⁰ Vgl. (Görne, 2015), S.137f

¹¹ Ebd., S.137

¹² Ebd.

¹³ Ebd.

¹⁴ Vgl. (Görne, 2015), S.254

In der folgenden Tabelle sind die im Tonstudio zum Einsatz kommenden wichtigsten physikalischen Prinzipien aufgeführt:

Schnellewandler	Elongationswandler
<p>Elektromagnetisch (echter Wandler)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Miniatur-/Ansteckmikrofone • Tonabnehmer von Gitarren, elektroakustischen Keyboards und Plattenspielern 	<p>Elektrostatisch (Steuerwandler)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kondensatormikrofone <ul style="list-style-type: none"> • Großmembranmikrofone • Kleinmembranmikrofone
<p>Elektrodynamisch (echter Wandler)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tauchspulenmikrofone • Bändchenmikrofone 	<p>Piezoelektrisch (echter Wandler)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Steg-Tonabnehmer von Gitarren, Streichinstrumente

Abbildung 3-1: Elektromechanische Wandler als Schallempfänger im Studio

Als „echte Wandler“ werden hier Prinzipien bezeichnet, die keine äußere Energiezufuhr benötigen, da die mechanische Energie direkt in elektrische umgewandelt wird. Bei einem Steuerwandler wird eine externe Stromversorgung benötigt, deren Energiefluss vom Wandler gesteuert wird.¹⁵ Zu erwähnen wäre an dieser Stelle das Elektretmikrofon, eine Variante des Kondensatormikrofons, welches eigentlich keine externe Spannung benötigt, da die Ladung bereits auf der Membran „eingefroren“ ist. Allerdings ist für den Impedanzwandler trotzdem eine kleine Spannung notwendig, die jedoch von einer Batterie gespeist werden kann.¹⁶ Diese Eigenschaften machen es mit den niedrigen Herstellungskosten als Miniaturmikrofone sehr attraktiv, wodurch es in sämtlichen Konsumergeräten, wie Telefonen, verbaut wird. Damit ist das Elektretmikrofon zwar das mit Abstand am häufigsten gebaute Mikrofon, stellt aber in der professionellen Audiotechnik weiterhin eine Ausnahme dar.¹⁷

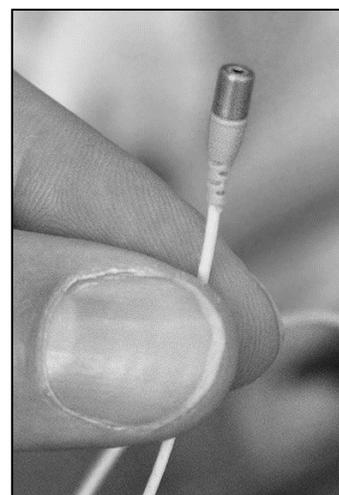


Abbildung 3-2: Sennheiser Elektretmikrofon

¹⁵ Vgl. (Görne, 2015), S.254

¹⁶ Vgl. (Dickreiter, 2014), S.165

¹⁷ Vgl. (<http://www.neumann.com/homestudio/de/worin-unterscheiden-sich-elektret-kondensatormikros-von-true-condenser-mikrofonen>), Aufgerufen am 10.12.2017

Dort haben sich dynamische Mikrofone, also Tauchspul- und Bändchenmikrofone, sowie Kondensatormikrofone durchgesetzt. Da von den Mikrofonsimulationen auch nur diese Mikrofontypen emuliert werden, soll auf diese Prinzipien näher eingegangen werden. Trotz dass umgangssprachlich mit dynamischen Mikrofonen meistens Tauchspulmikrofone gemeint sind, wird der Begriff in dieser Arbeit als Abkürzung für elektrodynamische Mikrofone genutzt, zu denen Bändchenmikrofone ebenfalls dazu gehören.

3.1.1 Dynamische Mikrofone

Dynamische Mikrofone benötigen keine Speisespannung. Sie arbeiten nach dem elektrodynamischen Prinzip und beruhen auf dem Prinzip der Induktion. Wird ein elektrischer Leiter im Magnetfeld bewegt, so wird eine Spannung induziert:¹⁸

$$U = -B * l * v$$

U: Induzierte Spannung des Mikrofons, in Volt, V

B: Magnetische Flussdichte im Luftspalt, in Tesla, T

l: Länge des elektrischen Leiters im magnetischen Feld, in Meter, m

v: Schnelle des Leiters im magnetischen Feld, in $\frac{m}{s}$

Da *B* und *l* konstant sind, lässt sich aus der Formel ablesen, dass sich die Ausgangsspannung proportional zur Geschwindigkeit des Leiters im Magnetfeld verhält, womit elektrodynamische Empfänger auf die Schallschnelle reagieren. Damit die lineare Gleichung gültig ist, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:¹⁹

1. Das Magnetfeld im Luftspalt muss homogen sein
2. Der Leiter muss sich senkrecht zum B-Feld und senkrecht zur eigenen Ausrichtung bewegen (Im Falle der Tauchspule in Abbildung 3-3 in Richtung der langen Seite des Papiers und bei dem Bändchenwandler senkrecht zum Papier)

¹⁸ Vgl. (Friesecke, 2014), S.402

¹⁹ Ebd.

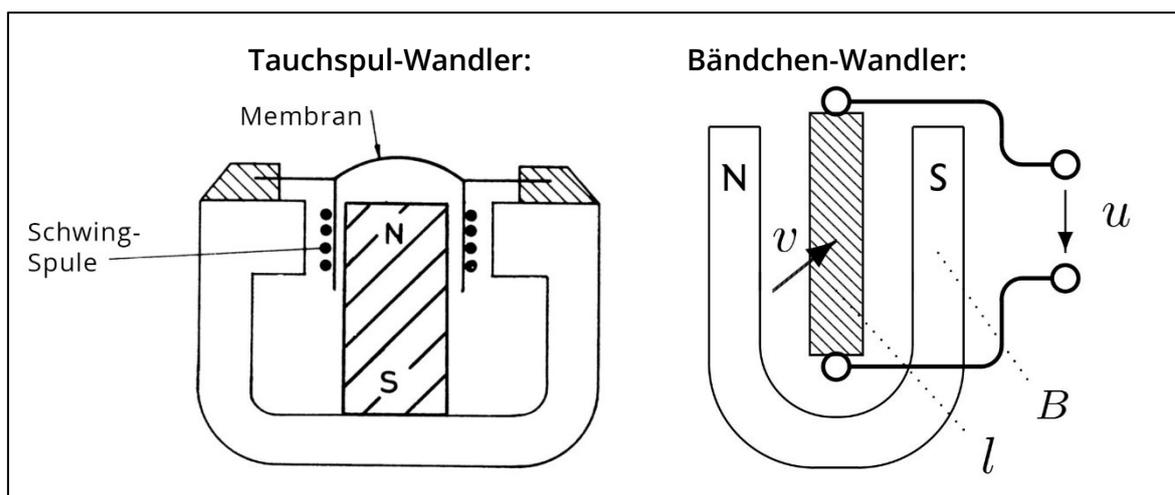


Abbildung 3-3: Elektrodynamischer Wandler in einem Tachspulmikrofon

Die Qualität des Mikrofons wird maßgeblich von der Homogenität des Magnetfeld bestimmt, da ansonsten nichtlineare Verzerrungen des Wandlers auftreten. Dasselbe gilt für die konstant richtige Ausrichtung im Magnetfeld. Weiter kann man am Induktionsgesetz ablesen, dass der Wirkungsgrad des Wandlers bestimmt wird von:²⁰

1. Der Flussdichte im Luftspalt, B
2. Der Länge des Leiters im Magnetfeld
3. Der Größe der Geschwindigkeit des Leiters im Magnetfeld

Die Stärke des B -Feld wird dabei durch Material und Größe des Magneten, so wie der Geometrie des Luftspalts festgelegt. Die Kunst der Hersteller liegt darin, den Luftspalt so schmal wie möglich zu bauen und gleichzeitig ein zuverlässiges, robustes Verhalten zu garantieren. Die Empfindlichkeit gegenüber magnetischen Störfeldern lässt sich mit einer Kompensationsspule, die mit umgekehrtem Vorzeichen dem selben Störfeld ausgesetzt sein muss, in den Griff bekommen.²¹

Die Geschwindigkeit des Leiters hängt von der Massenträgheit der Membran und des Leiters ab, weshalb diese beiden so leicht wie möglich sein sollten. Eine weitere wichtige Eigenschaft eines dynamischen Mikrofons ist das Phänomen der Gegeninduktion. Fließt durch die induzierte Spannung im Mikrofon ein Strom, erzeugt dieser eine Gegenkraft, die genau gegen die Membranauslenkung steuert. Diese Gegenkraft vergrößert sich mit dem Stromfluss, wodurch die Membranbewegung ständig mithilfe der Gegeninduktion gebremst wird. Dies verschlechtert das Impulsverhalten, was zu Amplituden und Phasenfehlern führt und maßgeblich zum charakteristischen Klang eines dynamischen Mikrofons beiträgt.²²

²⁰ Vgl. (Görne, 2015), S.257f

²¹ Ebd.

²² Vgl. (Friesecke, 2014); S.402f

3.1.1.1 Bändchenmikrofone

Der Bändchen-Wandler stellt die einfachste Art des elektrodynamischen Wandlers dar, indem die Membran selbst zum Leiter wird und sich im Luftspalt eines Dauermagneten bewegt. Da das extrem dünne Aluminium-Bändchen nur einige Millimeter breit und einen bis mehrere Zentimeter lang ist, erzeugt es mit seiner kleinen Leiterlänge nur wenig Spannung, was durch einen besonders starken Magneten etwas kompensiert wird.²³ Dieser kann kleine Späne oder ähnliches in das Innere des Mikrofons ziehen und es beschädigen, weshalb ein Bändchen-Mikrofon nicht ohne Schutz auf den Boden gelegt werden sollte.²⁴ In Abbildung 3-4 erkennt man die beschrifteten riesigen Magnete eines RCA 44.



Abbildung 3-4: Bei AEA, die heute das RCA 44 bauen, wird ein Bändchen eingesetzt

Außerdem fällt die starke Riffelung des Bändchens auf, die eine gute Querstabilität sichert und eine schlaffere Aufhängung möglich macht, wodurch die Eigenresonanz tiefer angelegt werden kann.²⁵

Zusätzlich muss über einen Übertrager die Signalspannung um etwa der Größenordnung 30 multipliziert werden, womit gleichzeitig der Widerstand auf ungefähr 200Ω herauftransformiert wird. Dabei bleibt die Empfindlichkeit normalerweise hinter einem Tauchspulmikrofon zurück, weshalb es einen sehr guten Vorverstärker benötigt,

²³ Vgl. (Görne, 2007), S. 43

²⁴ Vgl. (Senior, 2016), S.191f

²⁵ Vgl. (Webers, 2007) S.263

der sehr rauscharm arbeitet.²⁶ Doch auch dieses Problem wurde von Herstellern wie Royer oder zuletzt Rode mit einer aktiven Version des Bändchen-Wandlers gelöst, indem eine Verstärkungselektronik eingebaut wird, die mit den üblichen 48V extern über den Vorverstärker gespeist wird.²⁷



Abbildung 3-5: Aktives Bändchenmikrofon Rode NTR

Dafür erhält man durch die geringe Masse des Bändchens, im Vergleich zu einer Membran mit Drahtspule, eine gute Transientenreaktion. Diese klingen sehr natürlich, während sie in Kondensatormikrofonen oft überbetont erscheinen.²⁸

Gleichzeitig zeichnet Bändchenmikrofone ein leicht stumpfer Klang aus, dessen Höhen auch nach einer Anhebung besonders weich klingen. Da Resonanzen der Membran auf die untere Hörgrenze gelegt werden (schlaffe Aufhängung), entfällt das Zischeln eines Großmembranmikrofons. Steve Albini ist der Meinung, dass kein Instrument mehr von einem Bändchenmikrofon profitiert, als eine übersteuerte Gitarre. Kein Wunder, dass sich das Royer R-121 zum absoluten Klassiker vor dem Gitarren-Amp entwickelt hat.²⁹

Die meisten Bändchen-Wandler besitzen eine Achter-Richtcharakteristik und sind deshalb gegenüber Störgeräuschen besonders empfindlich. Dabei ist das Bändchen nicht nur akustisch auf Plosive empfindlich, sondern kann auch durch einen Windstoß reißen.³⁰ Mittlerweile sind Bändchenmikrofone jedoch auch mit Nierencharakteristik zu erhalten und werden, beispielsweise von Beyerdynamik, für den Bühnenalltag gebaut.³¹

²⁶ Vgl. (<http://www.neumann.com/homestudio/de/was-ist-ein-dynamisches-mikrofon>), Aufgerufen am 16.12.2017

²⁷ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/rode-ntr-test.html>), Aufgerufen am 16.12.2017

²⁸ Vgl. (Senior, 2016), S.191f; S. 239

²⁹ Ebd.

³⁰ Ebd.

³¹ Vgl. (<https://www.beyerdynamic.de/tg-v90w.html>), Aufgerufen am 16.12.2017



Abbildung 3-6: Bei Beyerdynamik wird ein Bändchen in eine Kapsel mit untypischer Nierencharakteristik eingesetzt

Diese modernen Modelle sind von wesentlich pflegeleichter als die klassischen Modelle wie beispielsweise das Coles 4038, das seit über 60 Jahren gebaut wird.³² Desse Bändchen ist nur 0,6 Mikrometer dick und bringt mit dem großen Magneten stolze 1,08 Kilogramm auf die Waage.³³



Abbildung 3-7: Von links nach rechts: Das Coles 4038, das RCA 44 und das Royer R-121(emuliert von den oben abgebildeten Herstellern)

³² Vgl. (<https://www.beyerdynamic.de/tg-v90w.html>), Aufgerufen am 16.12.2017

³³ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/baendchenmikrofone-1.html>), (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/coles-4038-test.html>), Aufgerufen am 16.12.2017

3.1.1.2 Tauchspulmikrofone

Dem Tauchspulwandler liegt die Idee zugrunde, den Leiter durch eine an die Membran angeklebte Spule zu vergrößern und damit den Wirkungsgrad zu erhöhen. Tatsächlich passen in den kreisförmigen Luftspalt einige Meter fein gewickelter Draht, der meist so bemessen ist, dass die Schwingspule im gesamten auf 200Ω Widerstand kommt.³⁴ In Abbildung 3-8 ist hinter der durchsichtigen Membran die angeklebte Spule im Luftspalt zu erkennen.



Abbildung 3-8: Eine Tauchspulkapsel mit durchsichtiger Kunststoffmembran

Tauchspulmikrofone sind robust, günstig in der Herstellung und arbeiten auch bei hohen Schalldrücken verzerrungsarm. Wegen der deutlich größeren bewegten Masse aus Membran und Spule im Vergleich zum Bändchen- oder Kondensatormikrofon, ist das Einschwingverhalten langsamer, das Impulsverhalten also verfälschter.³⁵

Da die Proportionalität zwischen Ausgangsspannung und Leitergeschwindigkeit theoretisch ohne Masse gegeben ist, wird der Tauchspul-Wandler mit steigender Frequenz immer stärker bedämpft.³⁶ Mit der gezielt gesetzten Membranresonanz und weiteren konstruktiven Resonatoren wird diesem Verhalten entgegengewirkt. Dafür wird beispielsweise das Luftvolumen zwischen Korb und Membran oder Membran und Magnet verwendet. Aber auch der Innenraum des Topfmagneten oder des Gehäuses werden einberechnet, durch Kanäle verbunden und bei Bedarf mit Filzscheiben gedämpft. Der mechanische Aufbau der qualitativen Mikrofone wie das in Abbildung 3-9

³⁴ Vgl. (Görne, 2015), S.257f; (Webers, 2007), S.264

³⁵ Ebd.

³⁶ Vgl. (Dickreiter, 2014), S.180

zu sehende md421 ist kompliziert, wurde aber über Jahrzehnte durch Erfahrungswerte perfektioniert.³⁷

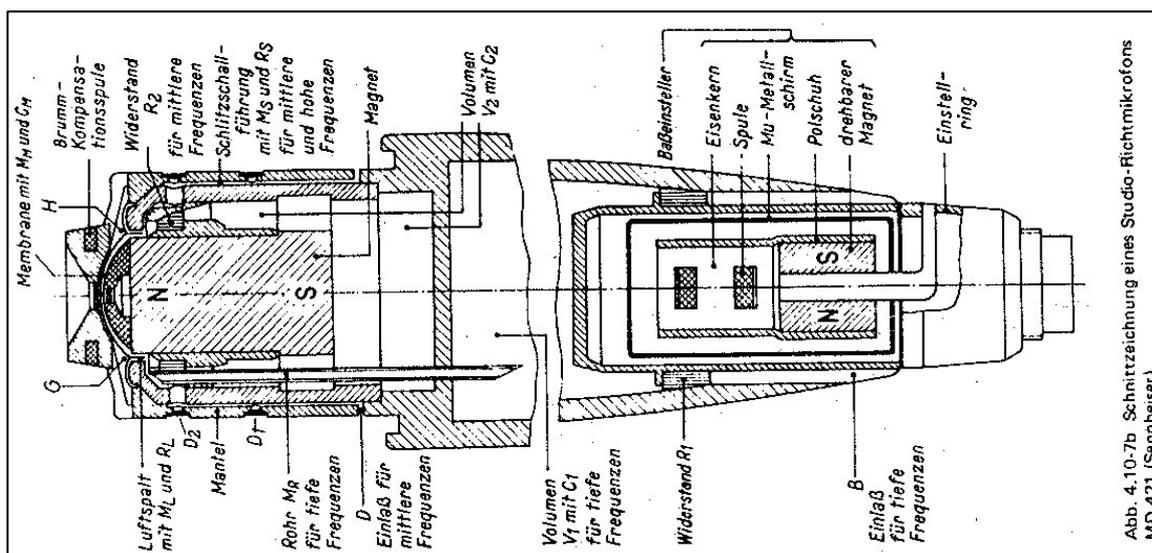


Abbildung 3-9: Schnittzeichnung des Sennheiser MD-421

Die in Abbildung 3-10 dargestellten Mikrofone gehören zu den oft verwendeten Alternativen zu Großmembranmikrofonen. Sie eignen sich sehr gut für laute Stimmen, haben aber auch den Vorteil, dem Sänger das gleiche Gefühl wie auf der Bühne zu vermitteln, wodurch sich wieder die Performance verbessern kann. So kann ein in der Hand gehaltenes dynamisches Mikrofon im richtigen Winkel sehr wirksam einen Monitorlautsprecher ausblenden, wenn der Sänger nicht mit Kopfhörer arbeiten möchte. Doch die Mikrofone sind nicht nur auf Grund ihrer Handhabung nicht tot zu kriegen, die Shure Modelle SM57 und SM58 sind besonders bei männlichen Rocksängern für die kräftigen oberen Mitten beliebt. Das etwas weicher klingende SM7 wird auch viel im Popbereich eingesetzt. Das Beyerdynamic M88 wurde schon für Phil Collins und Celine Dion benutzt und das Electrovoice RE20 ist dafür bekannt, durch die besondere Konstruktion den Nahbesprechungseffekt zu minimieren.³⁸

³⁷ Vgl. (Dickreiter, 2014), S.181f

³⁸ Vgl. (Senior, 2016), S.190f

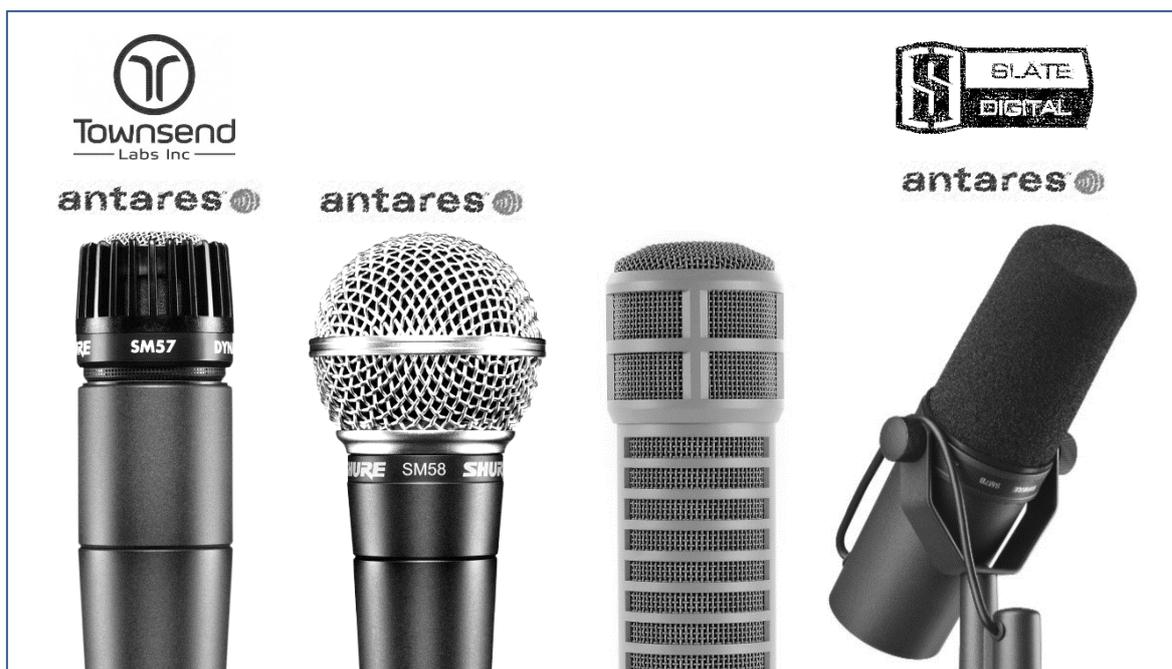


Abbildung 3-10: Dauerhaft beliebte dynamische Mikrofone für Gesangsaufnahmen (von links nach rechts): Shure SM57 und SM58, Electrovoive RE20 und Shure SM7

3.1.2 Kondensatormikrofone

Kondensatormikrofone arbeiten nach dem elektrostatischen Prinzip und benötigen im Gegensatz zu dynamischen Mikrofonen eine externe Spannungszuführung. Die Membran stellt eine bewegte Elektrode eines Plattenkondensators dar. Es gilt:³⁹

$$U = \frac{Q}{C} \quad \text{und} \quad C = \frac{A \cdot \epsilon}{d} \quad \Longrightarrow \quad U = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \epsilon}$$

Durch die konstante Vorspannung besitzt der Kondensator eine konstante Ladung Q .

C : Kapazität in Farad, F

Q : Ladung in Coulomb, C

U : Spannung in Volt, V

A : Fläche der Membran, in m^2

ϵ : Dielektrizitätskonstante, in Luft: $8,86 \cdot 10^{-12} \frac{C}{V \cdot m}$

d : Abstand zwischen Membran und Gegenelektrode in Metern, m

A und ϵ sind ebenfalls konstant, wodurch sich in der Formel ablesen lässt, dass sich

³⁹ Vgl. (Görne, 2015), S.259

die Ausgangsspannung proportional zum Abstand zwischen Membran und Gegenelektrode bzw. dem Kehrwert der Kapazität C verhält. Die Proportionalität ist in der Praxis deshalb gegeben, weil der Membranausschlag im Vergleich zum Elektrodenabstand extrem klein ist. Bei 94dB bewegt sich die Membran ungefähr um die Größenordnung 10nm. Der Wandler gewinnt damit elektrische Schwingungen analog zur Bewegung der Membran und wird als Elongationsemfänger bezeichnet.⁴⁰

Die Kapselimpedanz eines Kondensatormikrofons liegt sehr viel höher als bei einem dynamischen Mikrofon und hat nicht mit dem Problem der Gegeninduktion zu kämpfen.⁴¹

Den Kondensatorwandler gibt es als zwei grundlegend verschiedene Konstruktionsprinzipien. Beide arbeiten als Steuerwandler. In der Niederfrequenzschaltung wird mit der Kapazitätsänderung eine Gleichspannung moduliert, in der Hochfrequenzschaltung eine hochfrequente Wechselspannung.⁴²

3.1.2.1 Die Niederfrequenzschaltung

Die interne Signalverarbeitung findet bei einem Niederfrequenz-Mikrofon im hörbaren Frequenzbereich statt. Die ersten Impedanzwandler von NF-Mikrofonen waren die Röhren, deren Klang heute noch so heiß begehrt ist, dass er nun digital simuliert wird. In den 50er Jahren wurden diese dann durch Transistoren ersetzt.⁴³

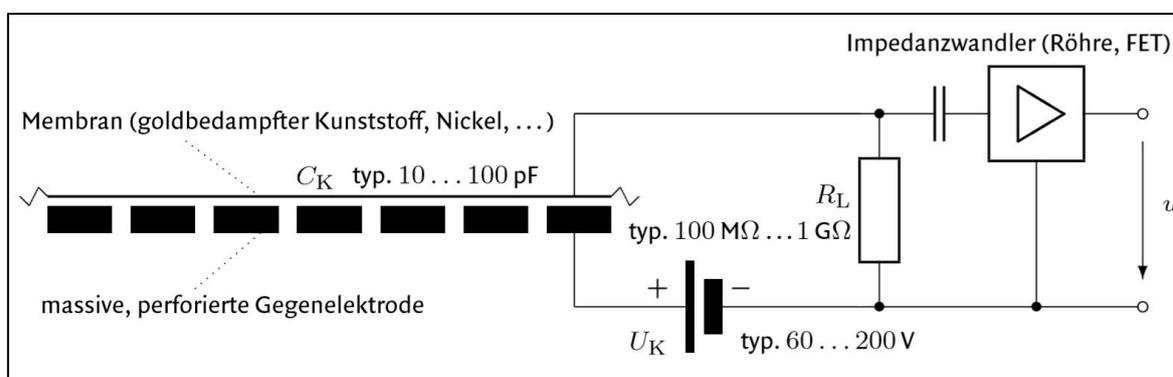


Abbildung 3-11: Schema des elektrostatischen Wandlers in Niederfrequenzschaltung

3.1.2.2 Die Hochfrequenzschaltung

Vor der Zeit von rauscharmen Feldeffekt-Transistoren musste man auf die Hochfrequenzschaltung zurückgreifen, um mit Halbleitertechnik bei Kondensatormikrofonen

⁴⁰ Vgl. (Friesecke, 2014), S.404f (Dickreiter, 2014), S.137, (Görne, 2015), S.46

⁴¹ Vgl. (Friesecke, 2014), S.407

⁴² Vgl. (Görne, 2015), S.259

⁴³ Vgl. (Görne, 2007), S.48f

ein gutes Rauschverhalten zu erreichen.⁴⁴ Außerdem waren die Kapseln in Spannungsteilertechnik sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Nahm die extrem hochohmige Schaltung Feuchtigkeit auf, verringerte sich der Widerstand und die Schaltung arbeitete nicht mehr richtig.⁴⁵

Der elektrische Schwingkreis ist die elektrische Nachbildung eines Pendels. Zwischen Spule und Kondensator, die entweder parallel oder in Reihe geschaltet sind, kann ein Strom pendeln und durch äußere Einflüsse erhalten werden. Die Resonanzfrequenz des Schwingkreises kann durch die Kapazität oder Induktivität verändert werden. Diese Eigenschaft wird genutzt, indem bei einem HF-Mikrofon mit der Kapselkapazität die Resonanzfrequenz des Schwingkreises moduliert wird.⁴⁶

Das Feuchtigkeitsproblem wird bei einem HF-Mikrofon dadurch gelöst, dass der Innenwiderstand der niederohmigen Kapsel im Hochfrequenzbereich klein ist. Als Modulationsverfahren kommen in Frage:⁴⁷

- Frequenzmodulation (FM), Phasenmodulation (PM)
- Amplitudenmodulation (AM)

HF-Mikrofone sind damit keine elektrostatischen Wandler und benötigen keine Kapselvorspannung. Bevor das Signal jedoch das Mikrofon verlässt, wird es wieder zu einem niederfrequenten Signal demoduliert, weshalb man äußerlich ein HF-Mikrofon nicht von einem NF-Mikrofon unterscheiden kann. Während HF-Mikrofone in der Studiotechnik eher eine Seltenheit darstellen, unterscheiden sie sich von NF-Mikrofonen nicht wirklich durch Klang- oder Preis/Leistungs-Aspekte.⁴⁸

3.1.2.3 Das Großmembranmikrofon

Im Studio werden in vielen Fällen Kondensatormikrofone auf Grund ihres attraktiven Frequenzgangs, der Transparenz und der Impulstreue bevorzugt.⁴⁹

Das Großmembran-Kondensatormikrofone eignet sich unter anderem besonders gut für die menschliche Stimme. Durch die größere Membran wird mehr Energie eingefangen und somit ein niedriger Rauschpegel erreicht. Dadurch bietet ein Großmemb-

⁴⁴ Vgl. (Bore, 2002), S.43

⁴⁵ Vgl. (Friesecke, 2014), S.407

⁴⁶ Vgl. (Görne, 2007), S.48

⁴⁷ Ebd.

⁴⁸ Ebd.

⁴⁹ Vgl. (Preissig, 2006), S.13

ranmikrofon sehr viel Dynamik und kann so auch die zartesten Laute sauber transportieren. Durch das Verhältnis von der dünnen Membran zu dem Durchmesser der Kapsel weisen die meisten Großmembrane eine Resonanz zwischen 8 bis 12 kHz auf, wodurch dieses Spektrum besonders betont wird und beispielsweise Gesang oder einer akustischen Gitarre etwas Glanz und Durchsetzungsfähigkeit geben kann. Weiterhin haben größere Membran typischerweise auch ein etwas trägeres Verhalten, weshalb sie auf Transienten und hohe Frequenzen nicht so schnell reagieren und den Klang subjektiv weicher oder runder machen.⁵⁰ Die Transienten werden durch die Trägheit der großen Membran geglättet, dieser Effekt verstärkt sich fern der Achse, also Schussrichtung. Da Kondensatormikrofone nur als Steuerwandler arbeiten, wird ein weiterer Wandler benötigt, der zusätzlich zur besonderen Charakteristik beiträgt. Auch wenn diese Wandlung heute sauberer und technisch besser gelingt, üben die Nebenwirkungen noch heute einen großen Reiz aus.⁵¹

Untersucht man die Vorlieben der angesehenen Tontechniker, so fällt auf, dass die gelobten Gesangsmikrofone alle eine Röhrenstufe und einen Ausgangswandler enthalten.⁵²

Darunter fällt das C12 von AKG, das M49, U47 und U67 von Neumann, sowie das ELA M251 von Telefunken und das C800G von Sony. Die angenehmen Übersteuerungen und Färbungen, die durch diese Komponenten entstehen werden in den meisten Fällen das Eingangssignal auf.⁵³ Außerdem ist es bemerkenswert, dass alle Favoriten für die Gesangsaufnahme mindestens zwei umschaltbare Richtcharakteristiken haben, was den Toningenieuren eine weitere Möglichkeit zur Klanggestaltung bietet.⁵⁴ Hat ein Studio diese Mikrofonklassiker zur Auswahl, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass der Aufnahmeraum so gut klingt, dass sich auch Gesangsaufnahmen in Kugelcharakteristik durchführen lassen.

⁵⁰ Vgl. (Senior, 2016), S.141f

⁵¹ Ebd., S.143

⁵² Ebd.

⁵³ Ebd.

⁵⁴ Ebd., S.186

3.2 Richtcharakteristik

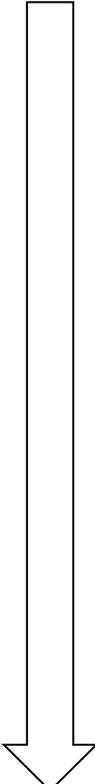
Richtcharakteristik	Anteile bei festem Kapselaufbau	Anteile bei Doppelmembran-kapselaufbau	
 <p>Kugel</p>	Druckempfänger: 100 % Druckgradienten-Empfänger: 0%	Vordere Niere: 100% Hintere Niere: 100%	<ul style="list-style-type: none"> • Kleinster Nahbesprechungs-Effekt • Niedrigste Empfindlichkeit für mechanische Störgeräusche • Geringste Empfindlichkeit für Plosivlaute 
 <p>Breite Niere</p>	Druckempfänger: 67% Druckgradienten-Empfänger: 33%	Vordere Niere: 100% Hintere Niere: 33%	
 <p>Niere</p>	Druckempfänger: 50% Druckgradienten-Empfänger: 50%	Vordere Niere: 100% Hintere Niere: 0%	
 <p>Superniere</p>	Druckempfänger: 37% Druckgradienten-Empfänger: 63%	Vordere Niere: 100% Hintere Niere: -25%	
 <p>Hypernieren</p>	Druckempfänger: 25% Druckgradienten-Empfänger: 75%	Vordere Niere: 100% Hintere Niere: -50%	
 <p>Achter</p>	Druckempfänger: 0% Druckgradienten-Empfänger: 100%	Vordere Niere: 100% Hintere Niere: -100%	

Tabelle 1: Richtcharakteristik bei festem und Doppelmembran-Kapselaufbau

Durch die Eigenschaften von Schnelle- und Elongationswandlern muss die Membranresonanz unterschiedlich angepasst werden. Dynamische Druckgradientenmikrofone würden etwa bei einer mit der Frequenz zunehmenden Dämpfung eine zu geringe Ausgangsspannung erzeugen. Deshalb wird die Membranresonanz an das untere Ende des Übertragungsbereichs gelegt. Das hat jedoch zur Folge, dass Körperschall, Reib- und Windgeräusche das Signal viel mehr stören, vor allem bei Bändchenmikrofonen. Einzig Kondensatormikrofone mit Druckempfänger haben eine hoch abgestimmte Membranresonanz und sind deshalb am unempfindlichsten gegenüber tief-frequenter Störgeräusche.⁵⁵

	Richtcharakteristik	Membranresonanz im Übertragungsbereich
Kondensatormikrofone	Kugel	am oberen Ende
	Niere, Acht	mittig
Dynamische Mikrofone	Kugel	mittig
	Niere, Acht	am unteren Ende

Tabelle 2: Resonanzabstimmung der Membran bei den verschiedenen Wandlern⁵⁶

3.3 Nahbesprechungseffekt

Druckgradientenempfänger reagieren auf Schall im Nahfeld mit einer physikalisch bedingten Bassanhebung. Diese steigt mit der Wellenlänge und abnehmendem Mikrofonabstand an.⁵⁷

Dicht an der Schallquelle gewinnt die Krümmung der Wellenfront an Einfluss, wodurch es zu Phasenverschiebungen und entfernungsabhängigem Schalldruckunterschied kommt. In dieses Nahfeld kommen aber auch bei naher Mikrofonierung nur tiefe Frequenzen, weshalb auch nur diese im Pegel verstärkt werden.⁵⁸

⁵⁵ Vgl. (Dickreiter, 2014), S.180

⁵⁶ Ebd., S.180

⁵⁷ Vgl. (Görne, 2007), S.40

⁵⁸ Ebd.

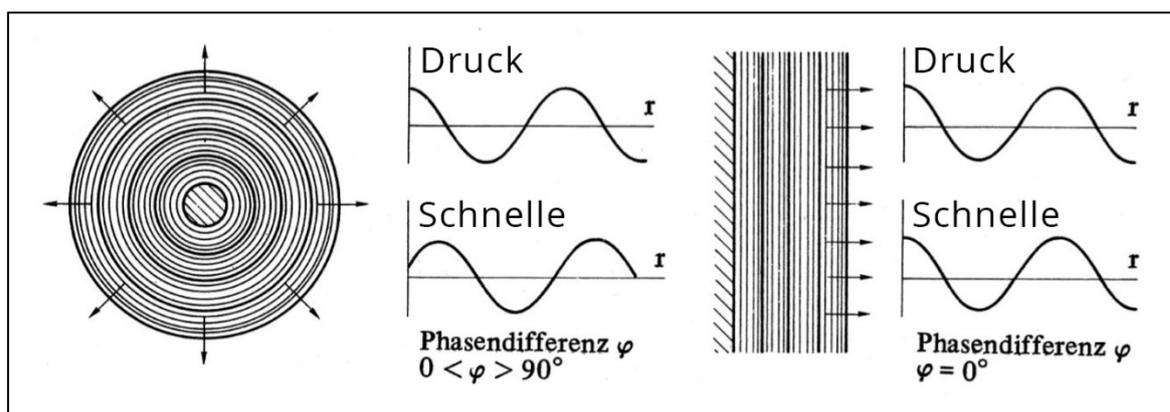


Abbildung 3-12: Kugelwelle und ebene Welle

Wie in Abbildung 3-12 zu erkennen ist, sind Druck und Schnelle im Nahfeld gegeneinander phasenverschoben. Dies liegt daran, dass die Schallschnelle im Nahfeld nicht mehr dem Abstandsgesetz gehorcht, der Schalldruck aber schon.⁵⁹

Das in Kapitel 3.1.1.2 angesprochene RE20 von Electro Voice minimiert den Nahbesprechungseffekt durch eine geschickte, jedoch platzaufwendige Schall-Leitung zur Rückseite der Membran. Durch mehrere Schalleintritte, ergeben sich unterschiedlich lange Umwege und der Druckgradient kann abstandsunabhängiger konstant gehalten werden. Die Konstruktion ähnelt einem Richtrohr auf der Rückseite der Membran.⁶⁰

3.4 Übertrager

Ein Übertrager besteht aus zwei elektrisch getrennten, jedoch magnetisch verbundenen Spulen. Je nach Gewichtung der Wicklung von Primär- und Sekundärspule wird die übertragene Spannung in diesem Verhältnis transformiert. Der Übertrager kann zur Impedanz- und Leistungsanpassung, sowie zur Symmetrierung des Signals verwendet werden.⁶¹ Treffen verhältnismäßig hohe Signalpegel auf bestimmte Übertrager kommt es zur magnetischen Sättigung, die zu einem besonders vollen Klang führen kann und zum Charakter eines Röhrenmikrofons dazu gehört.⁶²

⁵⁹ Vgl. (Görne, 2015), S.38

⁶⁰ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/electro-voice-re20.html>), Aufgerufen am 01.02.2018

⁶¹ Vgl. (Preissig, 2006), S.16

⁶² Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/workshop-musikproduktion-am-rechner-mixen-in-der-daw-4.html>), Aufgerufen am 01.02.2018

3.4.1 Transformatorlose Mikrophone

Dank der raumsparenden Halbleitertechnik konnte der Ausgangsübertrager durch eine Halbleiterschaltung ersetzt werden, die alle Funktionen eines Transformators übernimmt.⁶³

Während sich die nötige Stromaufnahme gesenkt hat, wurde der Dynamikbereich der Mikrofone immer größer. Dafür konnte nicht nur die Aussteuerungsgrenze nach oben verschoben werden, sondern auch das Eigenrauschen weiter minimiert werden.⁶⁴ So kommt das TLM 170 R von Neumann auf einen Maximalpegel von 144dB und das TLM 103 auf 7dB A-bewerteten Eigenstörpegel. Das U47 Röhrenmikrofon aus dem gleichen Haus, verträgt als Vergleich Schalldrücke bis 120dB und besitzt einen A-bewerteten Ersatzpegel von 14dB.⁶⁵ Das sind allerdings extrem gute Werte für ein Röhrenmikrofon, das AKG C12 kommt beispielsweise auf einen Ersatzpegel von 22dB.⁶⁶



Abbildung 3-13: Transformatorlose Kondensatormikrophone in Niederfrequenzschaltung, TLM 170R und TLM 103 von Neumann

⁶³ Vgl. (Bore, 2002), S. 42

⁶⁴ Ebd.

⁶⁵ Vgl. (Dickreiter, 2014), S.147, (<http://microphone-data.com/microphones/tlm170r/>); (<http://echoschall.de/en/microphones/large-diaphragm-condenser-mics/detail/neumann-u47.html>), Aufgerufen am 13.12.2017

⁶⁶ Vgl. (<http://microphone-data.com/microphones/c12vr/>), Aufgerufen am 13.12.2017

3.5 Impedanz

Die Ausgangsimpedanz eines Mikrofons gibt den auf Wechselströme bezogenen Quellwiderstand des Mikrofons an, der sich meist auf 1kHz bezieht. Typischerweise liegt dieser unter 200 Ohm, kann aber bei einem dynamischen Mikrofon auch gerne höher ausfallen. Ein SM57 liegt beispielsweise bei 310 Ohm.⁶⁷

Eine niedrige Ausgangsimpedanz von unter 200 Ohm erlaubt sehr lange Kabelwege ohne Klangbeeinflussung. Ein Gitarrenkabel leidet dagegen bereits ab 6m unter Höhenverlust. Die mit dem Mikrofon angegebene Lastimpedanz ist eine Empfehlung für die minimale Eingangsimpedanz des nächsten Geräts, um ein zerrfreies Signal zu garantieren. Sie beträgt normalerweise mindestens das fünffache der Ausgangsspannung.⁶⁸

3.6 Röhren

Wie in jeder analogen Hardware schmeichelt die Röhre dem Mikrofon ebenfalls mit allmählich ansteigenden nichtlineare Verzerrungen und einer leichten vom Sättigungsverhalten der Schaltung erzeugten Kompression.⁶⁹ In Abbildung 3-14 können die deutlichen Größenunterschiede zwischen den verschiedenen Röhren gesehen werden. Darunter als Zweite von Links die VR-14 des Neumann U47 und rechts daneben die EF-86 des Neumann U67.

⁶⁷ Vgl. (<http://www.neumann.com/homestudio/de/was-ist-impedanz>), Aufgerufen am 28.01.2018

⁶⁸ Ebd.

⁶⁹ (Görne, 2007), S.71ff



Abbildung 3-14: Links die RE086 für das CMV 3, dann die VF14 des U47 und die EF-86 und AC701, ganz rechts der Nuvistor

3.7 Frequenzgang

Der Frequenzgang beschreibt das frequenzabhängige Übertragungsmaß von senkrecht auf die Membran auftreffendem Schall im freien Schallfeld.⁷⁰

Kommt die Schallwellenlänge in Größenordnung von Mikrofönkörper und Membrandurchmesser, wird die Funktionsweise sehr viel komplizierter.⁷¹

Ein großes Mikrofon wird beispielsweise schon bei 10kHz, also 3,4cm, zum Hindernis für den Schall. Dieser wird am Mikrofönkörper sowie an der Membran reflektiert, wodurch sich durch Überlagerungen von direktem und indirekten Schall ein Druckstau bei hohen Frequenzen bildet. Bei Druckempfängern führt das zu einem Pegelanstieg, der üblicherweise bei 3,5 bis 5,7kHz beginnt. Dieser Effekt macht sich vor allem im direkten Schallfeld bemerkbar und kann für eine Präsenz des Klangs durchaus erwünscht sein.⁷² In Abbildung 3-15 lässt sich gut die 10kHz Betonung in der Kugelcharakteristik erkennen.

⁷⁰ Vgl. (Dickreiter, 2014), S.141

⁷¹ Ebd.

⁷² Ebd.

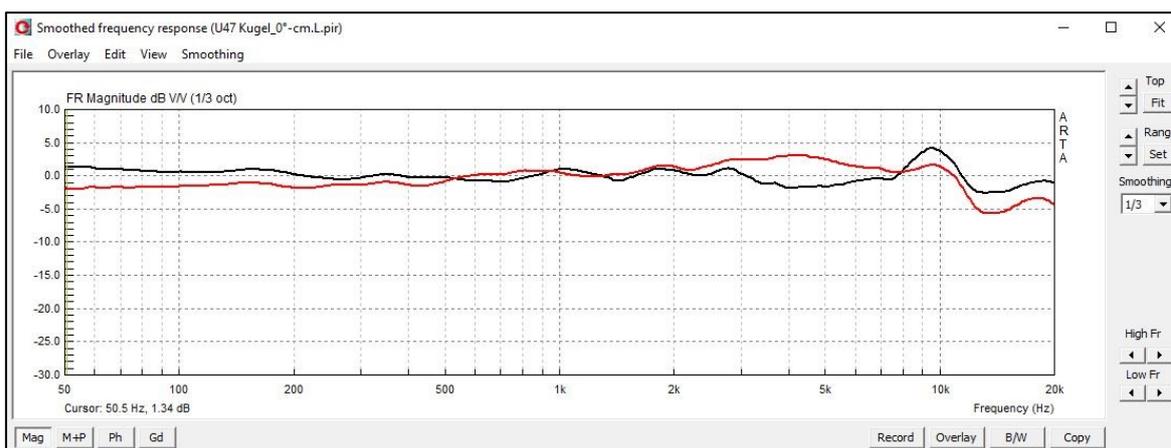


Abbildung 3-15: Der Frequenzgang des Neumann U47 als Kugel (Schwarz) und als Niere (Rot)

Bei *freifeldentzerrten* Mikrofonen wird dieser Effekt mechanisch oder elektrisch kompensiert. Diese Mikrofone sind für eine nahe Mikrofonierung gebaut, da das Direktfeld ähnliche Verhältnisse wie das Freifeld hat.⁷³

Bei *diffusfeldentzerrten* Mikrofonen wurde der Frequenzgang folglich nicht kompensiert, was sie dafür prädestiniert optimiert einen Raum neutral einzufangen.⁷⁴

Mikrofone in Modulbauweise (bspw. Schoeps) kommen häufig mit wahlweise freifeld- und diffusfeldentzerrten Kapseln, aber auch umschaltbare Mikrofone, die mit elektrischer Korrektur arbeiten, werden gebaut (bspw. Sennheiser). Die gegebenenfalls vorhandene Höhenanhebung oder Absenkung lässt sich oft aber auch nachträglich mit einem Equalizer manipulieren, wodurch man sich nicht zu sehr einschränken lassen sollte.⁷⁵

3.8 Impulsverhalten

Um Näheres über das Impulsverhalten der verschiedenen Mikrofone herauszufinden, wurden platzende Luftballons aufgenommen, da die Hoffnung bestand, der Knall würde einem Dirac-Impuls ähneln. Leider läuft der Ballonimpuls jedoch in einer ganz anderen zeitlichen Größenordnung ab und wird sehr detailgetreu aufgezeichnet.

In Abbildung 3-16 sind die mit einem Funkenüberschlag bei Neumann erzeugten Ausgangsspannung zweier Mikrofone zu sehen.

⁷³ Vgl. (Görne, 2007), S.38f, (Görne, 2015), S.142

⁷⁴ Ebd.

⁷⁵ Vgl. (<http://www.sengpielaudio.com/DruckstauBeiMikrofonenMitKugelcharakteristik.pdf>), Aufgerufen am 08.02.2018

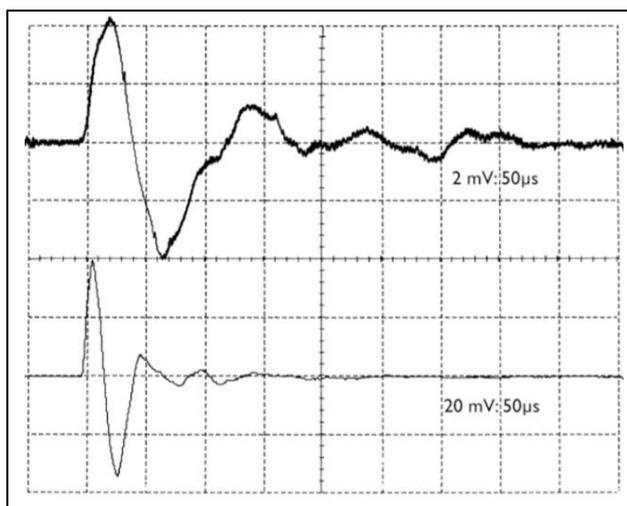


Abbildung 3-16: Ausgangsspannung von Tauchspul (oben) und Kondensatormikrofon (unten) bei Anregung durch einen Funkenüberschlag

Wie zu erwarten reagiert das unten dargestellte Kondensatormikrofon um einiges impulstreuer als das Tauchspulmikrofon und kommt deutlich schneller wieder zum Stillstand. Die Einschwingphase spielt sich allerdings innerhalb von $50\mu\text{s}$ ab. Die Samplelänge bei 96kHz beträgt bereits ungefähr $10\mu\text{s}$. Die mit den Mikrofonen aufgenommene Ballon-Messungen bewegen sich mit ihrer Einschwingphase jedoch im Millisekundenbereich und werden von allen Mikrofonen gut abgebildet.

Zwei verschiedene Luftballon-Impulse, die mit dem selben Mikrofon aufgenommen wurden, bestätigen die Annahme, dass hier nur der Impuls des Luftballons gemessen wird und nicht anders herum. Das Raster zeigt ms -Schritte.

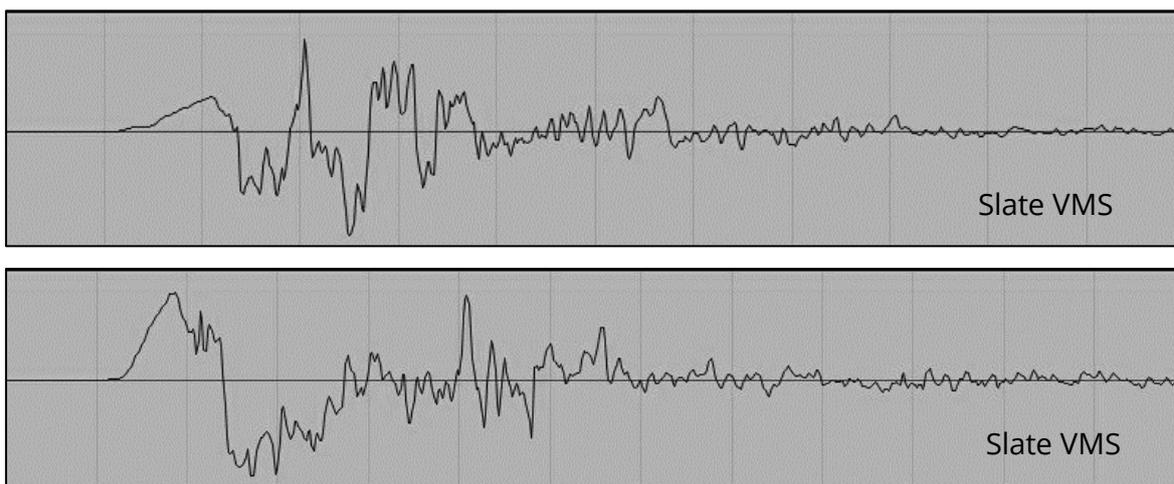


Abbildung 3-17: Vergleich von zwei Luftballon-Impulsen mit dem gleichen Mikrofon (Slate VMS)

4 Aktuelle Systeme zur Mikrofonsimulation

Simulation von analogem Equipment wurde im Bereich der Amp-Simulation bereits in der Bachelorarbeit von Dominik Schempp aufgegriffen. Diese Technik hat mittlerweile, vor allem dank des Kemper Profilers in einer Vielzahl von professionellen Musikproduktion Anwendung gefunden. Auch wenn die Amp-Simulationen mit ihrem komplexen nichtlinearen Verhalten zu kämpfen haben, gibt es einen Vorteil:⁷⁶

Das durch eine DI-Box mit der richtigen Impedanz gewandelte Gitarrensinal ist sehr neutral und bietet sich deshalb wunderbar zur Nachbearbeitung an.

Um dieses neutrale Ausgangsmaterial entsprechend für eine Mikrofonsimulation zu bekommen, bieten die aktuellen Anbieter unterschiedliche Ansätze.

4.1 Antares MIC MOD EFX mit sm58 (ca. 200€)



Abbildung 4-1. Das anpassungsfähige Antares MIC MOD EFX Plugin

Lange vor Slate digital brachte der für Autotune bekannte Hersteller Antares im Jahr 2000 die Erstauflage des MIC MOD Plugins heraus.⁷⁷

4.1.1 Konzept

Die Neuauflage kam 2010 auf den Markt und folgt immer noch dem gleichen Prinzip.

⁷⁶ Vgl. (<https://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Schempp.pdf>); (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/kemper-profiling-amplifier-1.html>), Aufgerufen am 29.12.2017

⁷⁷ Vgl. (<http://www.sonic8.com/dach/index.php/antares/mic-mod-efx.html>), Aufgerufen am 29.12.2017

Verwandle das Mikrofon deiner Wahl in das Mikrofon deiner Träume.

Zur Auswahl stehen mittlerweile über 100 Mikrofonmodelle, von denen sich in der Theorie jedes mit jedem simulieren lässt.⁷⁸

4.1.2 Das Mikrofon

In diesem Fall wird das MIC MOD Plugin mit dem Bühnenstandard Shure sm58 eingesetzt, da dieses Mikrofon in fast jedem Haushalt zu finden ist und außerdem eine günstige Alternative zu den restlichen Mikrofonen darstellt. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, mit dieser Kombination schnell an die Grenzen der Mikrofonsimulation zu stoßen und damit die Limitierungen des Vorgangs besser kennenzulernen.



Abbildung 4-2: Der Tauchspul-Klassiker Shure sm58

4.1.3 Das Plugin

Wichtig ist bei dem Plugin, den Abstand zum Mikrofon und damit den Nahbesprechungseffekt am Proximity-Regler richtig einzustellen. Dies gilt für das Quell- sowie das Zielmikrofon, wodurch sich der Klang oft deutlich verbessern lässt. Bei Mikrofonen mit mehreren Richtcharakteristiken gibt es immer die Möglichkeit zwischen Niere und Kugel umzuschalten. Zusätzlich lässt sich eine Röhrensimulation hinzugeben, um beispielsweise die Durchsetzungskraft der Stimme weiter zu erhöhen.⁷⁹

⁷⁸ Vgl. (<http://www.antarestech.com/product/mic-mod-efx/>), Aufgerufen am 28.12.2017

⁷⁹ Ebd.

4.2 Slate Digital VMS (ca. 1200€)



Abbildung 4-3: Das Slate Virtual Microphone System mit Spinne, Vorverstärker und Netzteil

Aus dem Unternehmen *stevenslatedrums* hervorgegangen, ist Slate digital mittlerweile für eine Vielzahl an hochqualitativen analogen Equipment-Simulationen bekannt.⁸⁰

4.2.1 Konzept

Das Slate VMS war das erste Mikrofonsimulation-System am Markt, das behauptete mit auf Hardware angepasster Software die Legenden treu nachzubilden und dabei auch noch nach der Aufnahme die Wahl zwischen den Mikrofonen zu haben.⁸¹

Dazu wird neben einem möglichst neutralen Mikrofon ein ebenfalls extrem linearer Preamp geliefert. Die Eigenschaften der Geräte sind genau bekannt und können durch die Software weiter neutralisiert werden, um dann andere Geräte zu simulieren.⁸²

4.2.2 Optik

Das Äußere des Slate Mikrofons ist irgendwo zwischen Neumann U47 und Sony C800G angesiedelt. Es sieht nicht gerade edel aus, aber auch nicht billig. Das große

⁸⁰ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/kemper-profiling-amplifier-1.html>), Aufgerufen am 28.12.2017

⁸¹ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=tiprqGn65nI>), Aufgerufen am 29.12.2017

⁸² Vgl. (<http://slatedigital.com/virtual-microphone-system/>), Aufgerufen am 29.12.2017

Logo wirkt etwas überdimensioniert und macht das sonst schlichte Design etwas zu Nichte. Das große in Billigplastik gekleidete Netzteil scheint nicht so recht in ein gepflegtes Studio zu passen und wirkt unstimmig.

Der Koffer für Mikrofon und Spinne ist hingegen eine schöne Sache, nur leider passt der Preamp und das Netzteil nicht mit hinein.

4.2.3 Das Mikrofon

Das Mikrofon besitzt nur eine Kapsel mit einer 1" großen goldbedampften Mylar-Membran, die randkontaktiert befestigt ist. Gefertigt wird in China. Der Ersatzgeräuschpegel beträgt 17dBA und der Maximale Pegel beträgt bei eingeschaltetem Pad 125dB. Alle Bedienelemente wurden in den Preamp ausgelagert.⁸³

4.2.4 Das Mikrofon-Plugin



Abbildung 4-4: Das Slate Virtual Mix Rack mit den Classic Tube Modellen

Die Mikrofonsimulationen lassen sich per Drag and Drop in das hauseigene Mix-Rack laden, besitzen nur einen Schalter mit dem die Mikrofone ausgewählt werden können und einen Regler namens Intensity. Damit werden die charakteristischen Obertöne des Mikrofonmodells weiter angehoben, die Bassanteile nehmen zu und das Signal wirkt noch dichter. Unter die am meisten gesuchten Vintage-Modelle hat sich auch

⁸³ Vgl. (<https://www.soundonsound.com/reviews/slate-digital-virtual-microphone-system>), ([download.slatedigital.com/vmr/Virtual Microphone System - User_Guide.pdf](https://download.slatedigital.com/vmr/Virtual%20Microphone%20System%20-%20User_Guide.pdf)) Aufgerufen am 10.01.2018

eine Nachbildung des Shure sm7 geschlichen, das allerdings durch die Röhrenschaltung eines u47 geschickt wird und damit eine Neukreation darstellt.⁸⁴

Die Nierencharakteristik des Mikrofons ist relativ breit aufgestellt, was mit einem konstanteren Quellmaterial für die Simulation einen Vorteil schafft.

4.2.5 Der Preamp

Der Preamp selbst macht einen guten Eindruck, ist erstaunlich schwer und besitzt einen massiven Gain-Regler. Es sind Pad-, Phasen, 48V- und On/Off-Schalter vorhanden.

Das Plugin ist auf einen Peak-Bereich des Signals zwischen -12dBFS und -10dBFS ausgelegt, weshalb hier bestenfalls schon am Preamp richtig gepegelt wird, um dann mit unverstärktem Line-Pegel in das Interface zu gehen.⁸⁵ Es ist jedoch meist auch ohne Probleme möglich in der DAW vor dem Plugin noch nachzupegeln.

4.2.6 Das Preamp-Plugin

Die digitale Ergänzung zum Hardware-Preamp besteht aus der Simulation eines Neve 1073 und eines Telefunken V76. Zum Neve Preamp ist im Slate Mix Rack bereits der passende Equalizer enthalten, womit man zusätzlich die mit begehrteste Preamp- / EQ-Schaltung aller Zeitungen bekommt. Der Klasse-A Verstärker auf Transistorbasis ist bekannte für seinen Biss, den Glanz und die Klarheit. Der Telefunken Preamp stellt die Röhrenalternative dar und bietet eine einzigartige Sättigung in den tiefen Frequenzen. Die Plugins sind mit im Preis enthalten.⁸⁶

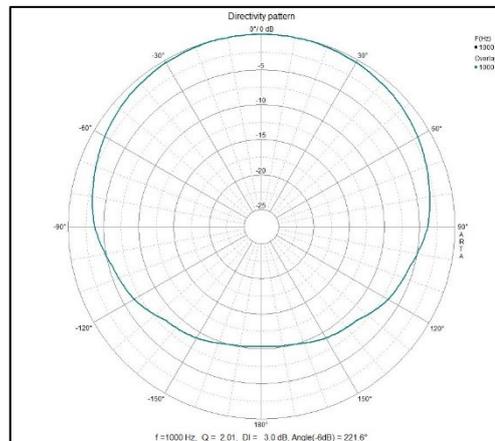


Abbildung 4-5: Richtcharakteristik des Slate VMS bei 1 kHz



Abbildung 4-6: Die mit dem VMS gelieferten Preamp-Simulationen

⁸⁴ Vgl. (<http://slatedigital.com/virtual-microphone-system/>), Aufgerufen am 29.12.2017

⁸⁵ Ebd.

⁸⁶ Vgl. (<https://www.uaudio.de/uad-plugins/equalizers/neve-1073-collection.html>); (download.slatedigital.com/vmr/Virtual Microphone System - User_Guide.pdf) Aufgerufen am 18.02.2018

4.2.7 Die Latenz

Das Plugin selbst erzeugt keine nennenswerte Latenz, jedoch sollte ein extrem Latenzfreies Audio-Interface benutzt werden, wenn das Modelling live für das Monitoring zum Einsatz kommen soll. Als Versuchskandidat wurde hier das RME Babyface benutzt, das mit extrem niedrigen USB-Latenzwerten punktet. Bei 96kHz Samplerate kommt es auf ca. 4,6ms Audio-Umlaufzeit, womit sich arbeiten lässt. Für eine Gitarrenaufnahme kurz genug, nimmt man beim Gesang durch Interferenzen mit dem Direktschall über die Knochen einen Verlust in den tieferen Frequenzen wahr, wenn man das Monitoring über die DAW mit einem Direct-Monitoring vergleicht. Hier wäre eine noch bessere Latenzzeit wünschenswert. Eine mögliche Lösung bietet Slate digital selbst mit dem 2017 vorgestellten achtkanal-Audio-Interface mit Thunderbolt und PCIe Schnittstelle.⁸⁷

4.3 Townsend Labs Sphere L22 (ca. 1600€)



Abbildung 4-7: Das Townsend Labs Sphere L22 mit Spinne und Dual-Breakout-Kabel

Erfinder und Namensgeber Chris Townsend arbeitete zuvor für Avid und war Hauptentwickler von Simulationen wie dem Eleven Amp oder dem ReVibe Raum Plugin.⁸⁸

⁸⁷ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=lcCjfEjNZdY>), Aufgerufen am 18.02.2018

⁸⁸ Vgl. (<https://townsendlabs.com/about/our-story/>), Aufgerufen am 18.02.2018

4.3.1 Konzept

Als das Sphere L22 von Townsend Labs 2017 auf den Markt kam, war das Slate VMS bereits zum Verkaufsschlager geworden. Wo das letztere mit einer simplen Bedienoberfläche und begrenzten Möglichkeiten punktet, reizt das Townsend Labs Mikrofon die Möglichkeiten einer Mikrofonsimulation voll aus. Hier können nahezu alle Eigenschaften eines Mikrofons noch im Nachhinein manipuliert werden. Das Mikrofon kommt mit einem Breakoutkabel, an dem jede Membran einzeln auf einen gewöhnlichen XLR-Anschluss ausgegeben wird. Da das Mikrofon ohne speziellen Preamp geliefert wird, empfiehlt es sich einen möglichst neutralen Preamp zu nutzen. Das Plugin ist für die UAD Plattform mit DSP-basierter Verarbeitung erhältlich, aber auch mit allen anderen gängigen Schnittstellen kompatibel. Digital steuerbare Vorverstärker wie sie das Apollo Twin aber auch das RME Babyface oder das Studer Pult der HdM besitzen, haben den Vorteil, dass die Gain-Regelung der beiden Kanäle gekoppelt werden kann. Für rein analoge Vorverstärker bietet das Plugin aber auch einen Kalibrierungsmodus an.⁸⁹

4.3.2 Optik

Das Mikrofongehäuse hat die gleichen Maße wie das Original-U47 und macht einen schweren aber guten ersten Eindruck. Der Grill könnte von der Lackierung etwas hochwertiger ausfallen und wertet das sonst matte Design etwas ab. Auffällig ist, dass bei ankommender Phantomspannung die Kapsel von Innen mit LEDs beleuchtet wird. Rein ästhetisch kann dies als etwas kitschig abgetan werden, praktisch hat es jedoch einen kleinen Nutzen. Einerseits gibt es Rückmeldung, ob die Phantomspeisung ankommt und andererseits kann das Licht bei der Positionierung des Mikrofons behilflich sein, da man besser erkennen kann, wo genau sich die Kapsel im Korb befindet. Nicht so recht dazu passen wollte das Breakout-Kabel, dessen Stecker einen dürftigen Eindruck machten. Ein Markenprodukt wie Neutrik wäre im Hinblick auf den Mikrofonpreis angemessener.

4.3.3 Das Mikrofon

Das Doppelmembranmikrofon wird ebenfalls in China gefertigt und ist mit SMD Bausteinen aufgebaut. Die Gain-Toleranz innerhalb der Mikrofonenschaltung ist auf nur

⁸⁹ Vgl. (<https://townsendlabs.com/products/sphere-l22/>), Aufgerufen am 13.02.2018

0,05dB reduziert.⁹⁰ Der Ersatzgeräuschpegel beträgt 7dB-A und es verträgt mit eingeschalteter -20dB Dämpfung Schalldrücke bis 140dB. (0,5% THD)⁹¹



Abbildung 4-8: Das Townsend Labs Sphere Plugin im DUAL Modus

4.3.4 Das Mikrofon-Plugin

Die Möglichkeiten des Plugins scheinen wirklich endlos. Grundsätzlich lassen sich für jedes Mikrofonmodell alle Richtcharakteristiken und Hochpassfilter mitsamt Nahbesprechungseffekt regeln. Die dabei angezeigten Richtungsdiagramme haben sich in den Messungen mit erstaunlicher Genauigkeit bestätigt. So ist in Abbildung 4-9 eine Superniere des Townsend Labs

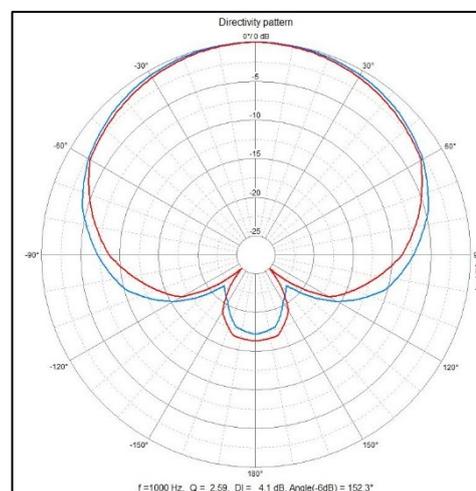


Abbildung 4-9: Die Townsend Labs U47 (Rot) und Original U47 (Blau) bei 1kHz

⁹⁰ Vgl. (<https://townsendlabs.com/sphere-whitepaper/>) Aufgerufen am 20.02.2018

⁹¹ Vgl. ([https://s3.amazonaws.com/townsend-labs/Documentation/Townsend Labs Sphere L22 Microphone System User Guide.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAISKFUSFCNMS5B2LA%2F20180305%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20180305T184206Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=900&X-Amz-Signature=0c21aba922b1b8deadafc3cd3a0119f87fe9404be2d6ef888730c38dbc686ecf](https://s3.amazonaws.com/townsend-labs/Documentation/Townsend%20Labs%20Sphere%20L22%20Microphone%20System%20User%20Guide.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAISKFUSFCNMS5B2LA%2F20180305%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20180305T184206Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=900&X-Amz-Signature=0c21aba922b1b8deadafc3cd3a0119f87fe9404be2d6ef888730c38dbc686ecf)), Aufgerufen am 19.01.2018

Mikrofon (Rot) zu sehen, was jedoch der tatsächlichen Nierenstellung des U47-Originals (Blau) entspricht. Mithilfe des Axis-Reglers ist es außerdem möglich nachträglich den Winkel zum Mikrofon zu verändern, um beispielsweise den besonderen Klang einer M7-Kapsel mit leicht seitlicher Ansprache auszunutzen.⁹²

In Abbildung 4-8 ist das Sphere Plugin im Erweiterten DUAL Modus zusehen, welcher einige weitere Möglichkeiten bietet. Hier kann beispielsweise der Richtcharakteristik-abhängige Frequenzgang unabhängig von der wirklichen Richtcharakteristik manipuliert werden. Oder ein zweites Mikrofon der Wahl hinzugemischt werden, dass sich wiederum im Abstand zur Quelle verändern lässt, um flexible Kammfiltereffekte zu erzeugen.⁹³

Zu guter Letzt lässt sich das Mikrofon mit der Stereovariante des Plugins mit dem Zusatz „180“ auch als Stereomikrofon benutzen, wozu das Mikrofon jedoch vorab schon 90° Achsengedreht montiert werden muss.⁹⁴

4.3.5 Das Preamp-Plugin

Im Gegensatz zum Slate System wird bei Townsend Labs nicht direkt von einem hochwertigen färbenden Preamp abgeraten, es könne sogar zu attraktiven Ergebnissen führen. Im Zusammenhang mit der Apollo Plattform ist jedoch ein ähnlicher Workflow wie mit dem Slate Mikrofon angedacht. Von UAD stehen dafür ebenfalls ein Neve 1073 Preamp und Equalizer zur Verfügung und als Röhrenvariante ist ein Universal Audio 610 Tube Preamp erhältlich. Diese Plugins sind jedoch nicht im Preis enthalten.⁹⁵

4.3.6 Die Latenz

Das Plugin selbst wird in der DAW mit 0,5ms Latenz angezeigt und ist letztendlich wieder vom System abhängig. Für die sorgenlose Live-Anwendung kann das Plugin mit

⁹² Vgl. (https://s3.amazonaws.com/townsend-labs/Documentation/Townsend_Labs_Sphere_L22_Microphone_System_User_Guide.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAISKFUSFCNMS5B2LA%2F20180305%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20180305T184206Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=900&X-Amz-Signature=0c21aba922b1b8deadafc3cd3a0119f87fe9404be2d6ef888730c38dbc686ecf), Aufgerufen am 19.01.2018

⁹³ Ebd.

⁹⁴ Vgl. (<https://townsendlabs.com/products/sphere-l22/>), Aufgerufen am 19.01.2018

⁹⁵ Vgl. (<https://www.uaudio.de/uad-plugins/special-processing/townsend-labs-sphere.html>), Aufgerufen am 20.01.2018

der unisono-Technik von UAD verwendet werden und wahlweise direkt mitaufgezeichnet werden.⁹⁶

Eine weitere Möglichkeit wäre, nur das vordere Membran-Signal direkt abzuhören, wodurch man direkt ein brauchbares nierencharakteristisches Signal auf dem Kopfhörer hat.⁹⁷

4.4 Weissklang/Sonimus (ca. 500€)



Abbildung 4-10: Das WeissKlang V13 mit Spinne

Die Firma WeissKlang existiert erst seit 2013 und hat bis jetzt zwei Mikrofonmodelle im Angebot. Die Manufaktur sitzt in Murr bei Stuttgart und legt Wert auf handgefertigte Qualität.⁹⁸

⁹⁶ Vgl. (https://s3.amazonaws.com/townsend-labs/Documentation/Townsend_Labs_Sphere_L22_Microphone_System_User_Guide.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAISKFUSFCNMS5B2LA%2F20180225%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20180225T111420Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=900&X-Amz-Signature=9fe702ed93ed54475d5b920707da5d5f06f6f28a4ed8993250d2358a1ea50602), Aufgerufen am 19.01.2018

⁹⁷ Ebd.

⁹⁸ Vgl. (<https://www.de.weissklang.com/ueberuns>), Aufgerufen am 05.01.2018

4.4.1 Konzept

Im Gegensatz zu den anderen Simulationsmikrofonen wird hier das Plugin eher als optionaler Zusatz angeboten, da sich das Mikrofon mit seiner Linearität besonders gut für eine Bearbeitung eignet. Des Weiteren werden hier keine genauen Mikrofonmodelle für die Simulationen angegeben. Es tritt dadurch etwas außerhalb des Wettbewerbs an, folgt aber dennoch einem ähnlichen Workflow wie die anderen Produkte.⁹⁹

4.4.2 Optik

Das Mikrofon sieht nach einer Mischung von Rode und Neumann aus und ist recht leicht. Mit dem sehr einfach gehaltenen Design wirkt es unauffällig, aber recht wertig. Vergoldete Stecker und eine Arretierung an der Buchse hätte man in der Preisklasse jedoch erwarten können.

4.4.3 Das Mikrofon

Das Mikrofon ist bis auf das Gehäuse in Deutschland gefertigt und besitzt eine ca. 1,3" große goldbeschichtete Kapsel. Der Ersatzgeräuschpegel liegt zwischen 10 und 18 dB-A und es verträgt Schalldrücke bis 130dB (0,5% THD).¹⁰⁰ Die vom Hersteller angegebene Nierenform sieht eher nach einer Superniere aus und toleriert dadurch nur wenig Bewegung des Sängers.¹⁰¹

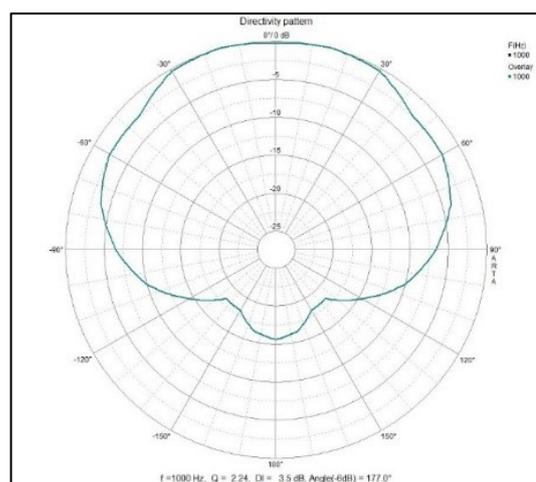


Abbildung 4-11: Das Weissklang V13 bei 1kHz

⁹⁹ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/weissklang-v13-und-sonimus-klangformer-test.html>), Aufgerufen am 05.01.2018

¹⁰⁰ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/weissklang-v13-und-sonimus-klangformer-test.html>), (<https://www.de.weissklang.com/v13>), Aufgerufen am 05.01.2018

¹⁰¹ Ebd.



Abbildung 4-12: Das Sonimus KlangFormer Plugin zum WeissKlang V13 Mikrofon

Das Plugin zum Mikrofon wurde von der ebenfalls deutschen Firma Sonimus hergestellt, die sich bereits durch andere Nachahmungen von analoger Hardware einen Namen gemacht haben. Fünf verschiedene Klangfarben können durch die Regelung von Input und Output in unterschiedlicher Intensität eingesetzt werden.¹⁰² Eine Link-Taste zwischen In- und Output, wie man es von anderen Plugins kennt, hätte dem Plugin ebenfalls gut gestanden. Die durch den Input gesteuerten Intensitätsstufen sind nur sehr schwer bis gar nicht wahrnehmbar.

4.4.4 Latenz

Das Plugin selbst erzeugt keine nennenswerte Latenz und verhält sich dadurch gleich wie das Slate Plugin.

¹⁰² Vgl. (<https://www.de.weissklang.com/v13klangformer>), Aufgerufen am 05.01.2018

4.5 Antelope Edge (ca. 1300€)



Abbildung 4-13: Der Antelope Edge Mikrofon inklusive Mikrofonverstärker

Die Firma Antelope ist bekannt für hochwertige Audio-Interfaces und verfolgt dabei einen ähnlichen Ansatz wie UAD mit den Apollo-Interfaces. Auf eigenen Prozessorkernen im Interface werden eigens gemodelte Plugins in beinahe Echtzeit verarbeitet.¹⁰³

4.5.1 Der Ansatz

Die Echtzeitverarbeitung nutzt Antelope auch für ihr neues Mikrofon simulations-System aus, hat allerdings auf der NAMM 2018 einen extra Vorverstärker vorgestellt, mit dem das Plugin auch in anderer Umgebung, also nativ, benutzt werden kann. Dieser Edge Strip ist in Abbildung 4-13 zu sehen. Die Kanäle sind digital kontrollierbar und über USB fernsteuerbar.¹⁰⁴

Die Mikrofon simulation von Antelope stand zum Test leider nicht rechtzeitig zur Verfügung. Die Systeme werden aber bald lieferbar sein und bilden eine Art Mischung aus dem Slate VMS und dem Townsend Labs Sphere L22.

¹⁰³ Vgl. (<https://de.antelopeaudio.com/>), Aufgerufen am 06.01.2018

¹⁰⁴ Vgl. (<https://en.antelopeaudio.com/products/discrete-8/>), Aufgerufen am 06.01.2018



Abbildung 4-14: Das Antelope Edge Plugin

4.5.2 Das Mikrofon-Plugin

Das zum Mikrofon gehörende Plugin liegt vom Umfang her genau zwischen der Konkurrenz. Es besitzt zwar keinen Intensitätsregler, dafür kann die Richtcharakteristik stufenlos zwischen Niere und Kugel eingestellt werden, sofern sie vom Modell angeboten wird. Da leider kein Proximity-Regler für den Nahbesprechungseffekt zu sehen ist, bleibt es spannend, ob dieser bei Antelope überhaupt authentisch nachgebildet wird. Die Kapselsignale können zwar auch separat auf zwei verschiedenen Spuren verarbeitet werden, ein Stereomodus ist jedoch noch nicht angekündigt.¹⁰⁵

¹⁰⁵ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=ZE-aiemDI58>), Aufgerufen am 06.01.2018

5 Die Neumann-Legenden

5.1 Neumann U47 (1949-1965)

Enthalten bei folgenden Anbietern:

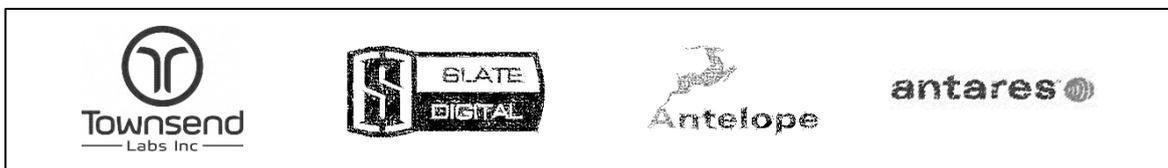


Abbildung 5-1: Das Neumann U47

Das U47 war das erste Großmembranmikrofon mit umschaltbarer Richtcharakteristik (Kugel und Niere) und schaffte es durch den Telefunken-Vertrieb schnell auch in Amerika zum Studiostandard zu werden, womit es das RCA-Bändchenmikrofon verdrängte. Verantwortlich für den niedrigen Rauschpegel von ca. 15dB-A ist neben der Schaltungstechnik die VF-14 Röhre, die aus alten Militärbeständen stammte. Die M7-Kapsel war schon beim Vorgänger im Einsatz und wurde bis Anfang der 50er Jahre noch mit PVC als Membran-Träger verbaut. Jedoch dampfte mit der Zeit der Weichmacher aus und machte es höhenlastig.¹⁰⁶

Deshalb wurde die Kapsel später durch die K47/49 ausgetauscht, was den Klang leicht verändert hat. 1969 waren dann längst keine VF-14 Röhren mehr erhältlich und die

¹⁰⁶ Vgl. (Roessler, 2003), S.72ff

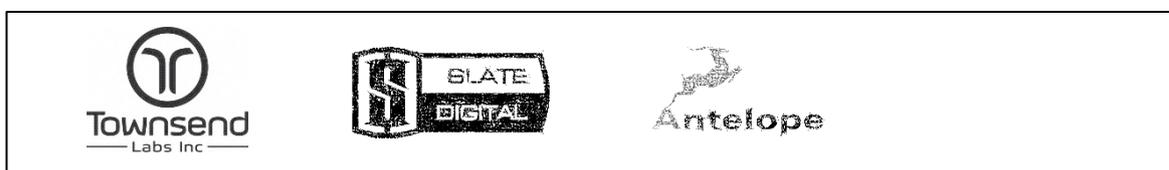
Röhre wurde durch Transistortechnik ersetzt. Wodurch das Mikrofon so anders klang, dass es nicht an den Erfolg des Originals anknüpfen konnte.¹⁰⁷

Das in dem Test von Echoschall geliehene U47 besitzt wie die Townsend Labs Simulation eine K47-Kapsel, die VF-14 Röhre und einen BV-08 Ausgangsübertrager. Das Slate Modell war laut Hersteller eine Version mit ursprünglicher M7-Kapsel, bei der Antares-Simulation liegen keine genauen Informationen vor.¹⁰⁸

Der Klang wird als „mix-fertig“ durch eine dezente Präsenzhebung und mit sanften Höhen aufgrund von Reflexionen im Korb beschrieben¹⁰⁹

5.2 Neumann U67 (1960-1971, 1992, 2018-)

Enthalten bei folgenden Anbietern:



Ende der 50er Jahre teilt Lieferant Telefunken mit, dass nur noch 10000 von den begehrten VF-14 Röhren hergestellt werden sollen. Um den Service des U47 sicherzustellen und genug Röhren in den Ersatzteillager zu haben, musste also eine Alternative für die weitere Produktion her. Für die VF-14 Röhre wurde kein Ersatz gefunden, also wurde ein gänzlich neues Mikrofon entwickelt. Bei der Gelegenheit wurden gleich einige Verbesserungen eingebaut, die es unter anderem für die aufkommende Nahmikrofonierung der 60er Jahre optimiert hat:¹¹⁰

1. Neuer aus zwei Halbkapseln bestehende K67-Kapsel mit Polyester-Folie und Goldbeschichtung
2. Als Richtcharakteristik stand nun zusätzlich die Acht zur Auswahl
3. Erstmals mit optionaler Tiefenabsenkung



Abbildung 5-2:
Neumann U67

¹⁰⁷ Vgl. (Roessler, 2003), S.72ff

¹⁰⁸ Vgl. (<https://www.gearsutz.com/board/product-alerts-older-than-2-months/1041981-slate-digital-launches-virtual-microphone-system-124.html#post12211650>), Aufgerufen am 09.01.2018; (<https://www.echoschall.de/mikrofone/grossmembran-kondensatormikrofone/detail/neumann-u47.html>), Aufgerufen am 10.01.2018

¹⁰⁹ Ebd.

¹¹⁰ Vgl. (Roessler, 2003), S79f

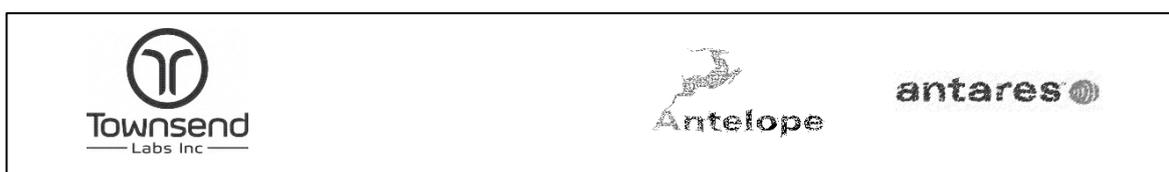
4. Zuschaltbare Vordämpfung und leichte Höhenanhebung

Als Röhre wird die modernere Telefunken-EF86 eingesetzt, die sehr gute Daten aufweist und ebenfalls gut klingt. Erst vor kurzem hat Neumann die erneute Serienproduktion des U67 mit der gleichen Röhre und Originalteilen angekündigt.¹¹¹

Der Klang wird als durchsetzungsfähig, eher dunkel und mittenbetont mit weichen Höhen beschrieben¹¹²

5.3 Neumann U87 (1967-)

Enthalten bei folgenden Anbietern:



Mitte der 60er näherte sich die Röhrenzeit dem Ende und wird letztendlich durch die Feldeffekt-Transistoren ersetzt. Zum damaligen Zeitpunkt, sah man vor allem Vorteile durch das fehlende Netzteil:¹¹³

1. Brummen oder prasseln entfällt
2. Dickes Spezialkabel entfällt
3. Sperriges Netzteil selbst entfällt
4. Transistoren-Technik ist sehr robust

Das U67 wurde deshalb mit identischer Ausstattung in zwei Transistormikrofone umgebaut. Bei der Version mit Phantomspannung und Batteriefach, dem U87, musste die Kapsel leicht angepasst werden, um ohne Gleichspannungswandler eine Achter Richtcharakteristik erzeugen zu können und es entstand die K87-Kapsel. Als später das Batteriefach überfällig wurde, baute man stattdessen einen Gleichspannungswandler ein, der den Geräuschspannungsabstand um 3dB verbessern konnte. Als Nebeneffekt konnte wieder die K67-Kapsel eingesetzt werden.¹¹⁴



Abbildung 5-3:
Neumann U87Ai

¹¹¹ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=7STSSRWHDCs>)

¹¹² Vgl. Höhen (<https://www.echoschall.de/mikrofone/grossmembran-kondensatormikrofone/detail/neumann-u67.html>), Aufgerufen am 10.01.2018

¹¹³ Vgl. (Roessler, 2003), S79f

¹¹⁴ Ebd.

Das Neumann U87 ist wohl das einzige Mikrofon ohne Röhre, welches einen Platz unter den absoluten Klassikern, die am meisten bei professionellen Aufnahmen verwendet werden, eingenommen hat.¹¹⁵ Gleichzeitig ist es aber auch eines der wenigen aktuell erhältlichen Neumann-Mikrofone, das einen Ausgangsübertrager enthält.¹¹⁶

Der Klang wird als etwas heller als das U67 und mit herausragenden Übertragungseigenschaften beschrieben¹¹⁷

6 Die Simulation

6.1 Plugin Modelling

Für einen Plug-in Designer gibt es grundsätzlich zwei unterschiedliche Herangehensweisen, um die akustischen Eigenschaften eines analogen Gerätes in DSP (Digital Signal Processor) Code zu imitieren:¹¹⁸

1. Man schickt eine Vielfalt an Testsignalen durch das gesamte Gerät und misst das Verhältnis von Ein- und Ausgang für sämtliche Einstellmöglichkeiten der Hardware. Dabei können statische so wie sich beliebig ändernde Signale eingesetzt werden. (Siehe Kapitel 6.1.1)
2. Man studiert genau den Schaltplan des Geräts und baut ein „digitales Modell“ der Hardware, indem einzelne Bauteile programmiert werden und möglichst realistisch miteinander interagieren. So häuft sich mit der Zeit ein wachsender Wissensschatz an, der immer weiter ausgebaut und optimiert werden kann. (Siehe Kapitel 6.1.2)

¹¹⁵ Vgl. (Senior, 2016), S.186

¹¹⁶ Vgl. (<https://www.echoschall.de/mikrofone/grossmembran-kondensatormikrofone/detail/neumann-u87.html>), Aufgerufen am 10.01.2018

¹¹⁷ Ebd.

¹¹⁸ Vgl. (Lambert, 2010), S.1ff

6.1.1 Black Box Ansatz



Abbildung 6-1: Fabrice Gabriel - Übereinstimmung der Obertöne zwei verschiedener Konsolen

Fabrice Gabriel von Slate Digital vergleicht zwei Modelle ihrer virtuellen Mixkonsolen und deren unterschiedliche Obertonansprache im Verlauf der Zeit. Die speziell designte Software zeigt den zeitlichen Verlauf der wichtigsten Obertöne als verschiedenfarbige Spuren, während ein Sinuston durch das Spektrum läuft.¹¹⁹

Ein Black Box Model beruht nur auf Messtechnischen Daten, die Struktur und Parameter werden durch experimentelle Forschung festgelegt.¹²⁰ Die Entwickler der McDSP Plug-ins verfolgen konsequent die erste Möglichkeit, nämlich die „Black Box“-Strategie. Verschiedenste Signale werden durch ein Gerät geschickt und jedes davon ist dazu da, eine bestimmte Charakteristik zu enthüllen. Darunter befinden sich gleichermaßen simple wie komplizierte Signale. Universal Audio's David Berners bestätigt, dass durch einen 1176 und einen LA2A, obwohl beides Kompressoren sind, jeweils unterschiedliche Signale geschickt werden, um sie besser charakterisieren zu können. Colin McDowell betont dabei, dass die Standard-Signale wie ein Sinus-Sweep oder ein Dirac-Impuls digital erzeugte Signal sind und nicht viel mit dem gemeinsam haben, was das Gerät eigentlich bearbeiten soll. Deshalb sei es wichtig sich „einzuhören“ und mit der Hardware vertraut zu machen, um auch andere Signale beurteilen zu können. Sinngemäß sagt er:¹²¹

¹¹⁹ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=v763nGfpqgl>), Aufgerufen am 05.01.2018

¹²⁰ Vgl. (Nelles, 2001), S. 15

¹²¹ Vgl. (Lambert, 2010), S.32

Entscheidend ist zu wissen, welcher Teil der Messung wirklich von der Hardware kommt und was Artefakte des Testsignals sind. Die Kunst ist, die richtigen Signale zu generieren, mit denen das Gerät umgehen kann und gut klingt.

Weiter bezeichnet er die Circuit-by-circuit-Technik als relativ un kreativ, da man ja nur die Schaltpläne des Originalherstellers klauen würde. Dagegen wären seine Plug-ins ein neu entwickeltes Design.¹²²

6.1.2 White/Gray Box Ansatz

Zumindest bei den eigenen Geräten hat Universal Audio dieses Problem nicht, da sie selbst das geistige Eigentum besitzen und somit die eigene Hardware in die digitale Ebene transportieren können.

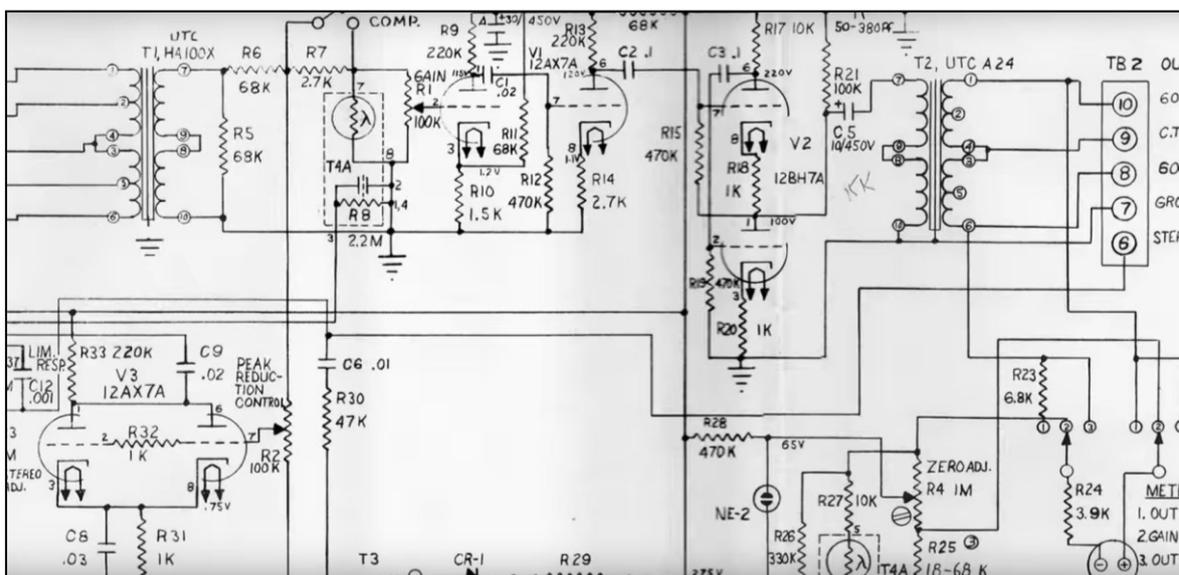


Abbildung 6-2: Ausschnitt des Schaltplans eines LA-2A Kompressors

Das nutzen sie auch voll aus, indem sie, bevor überhaupt eine reale Messung gemacht wird, die Original Schaltpläne studieren und auf mögliche Quellen für Nichtli-

¹²² Vgl. (Lambert, 2010), S.32

nearitäten untersuchen. Je nach Anforderung werden dann in der Hardware bestimmte Teile wie der Side-Chain eines Kompressors oder sättigende Spulen herausgelötet, um alle Toleranzen und Wechselwirkungen beurteilen zu können.¹²³

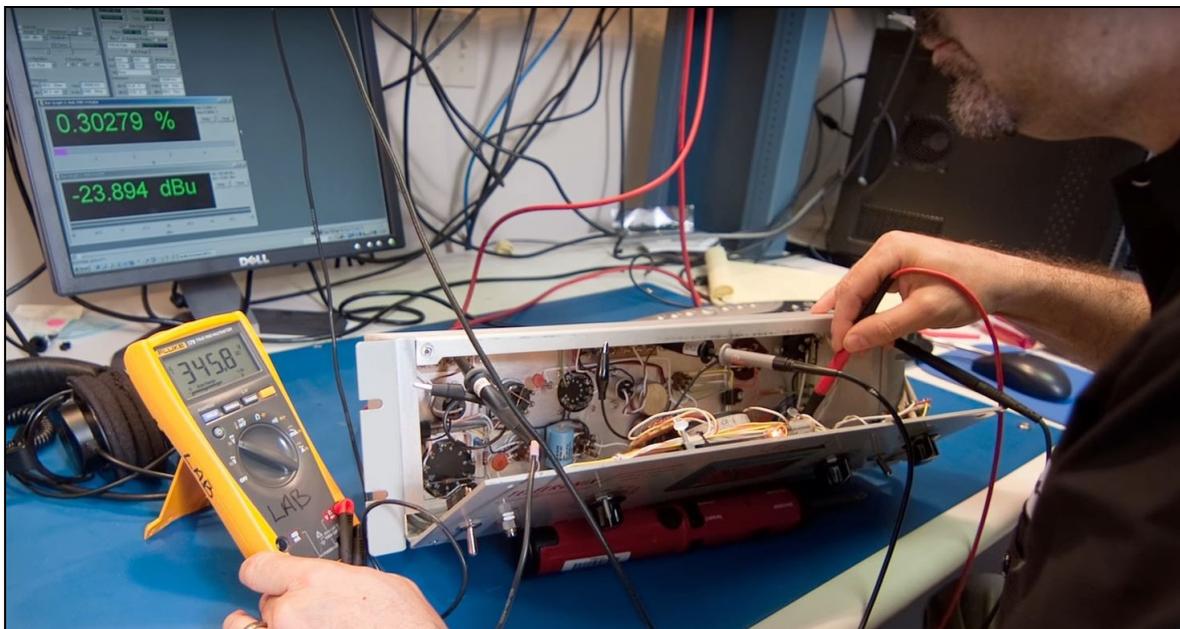


Abbildung 6-3: Bei UAD werden einzelne Komponenten eines LA-2A Kompressors gemessen

White Box Models werden prinzipiell komplett von physikalischen, chemischen, biologischen, usw. Gesetzen abgeleitet, wobei möglicherweise einige Parameter von experimentellen Daten festgelegt werden. Das Modell ist deshalb weniger bis gar nicht abhängig von gesammelten Daten.¹²⁴ Auch bei Waves wird oft das besondere Modell erst im späteren Stadium des Prozesses hinzugezogen, bis dahin gibt es möglicherweise ein Alternativ-Modell oder bereits Aufnahmen und Erstmessungen als Referenz. Nichtlineare Komponenten wie Dioden, Transistoren oder Röhren werden an der Werkbank gemessen und lineare passive Komponenten wie Kondensatoren, Spulen und Widerstände haben bekanntes mathematisches Verhalten, solange sie keine magnetischen Effekte ausüben.¹²⁵ Edmund Pirali von Intelligent Device bestätigt das Vorgehen in Untergruppen bei ihrem Modell des Marshall Time Modulator. Da die meisten Komponenten eigentlich ein definiertes Verhalten haben, gelte es vor allem das eher Unvorhersehbare einzufangen. Dazu verbringe man die meiste Zeit gute Modelle für die einzelnen Teilbereiche der Hardware zu entwickeln und daraus einen

¹²³ Vgl. (Nelles, 2001), S.15

¹²⁴ Ebd.

¹²⁵ Vgl. (Lambert, 2010), S.34

effizienten Algorithmus zu entwickeln, der die gesamten komplexen Nichtlinearitäten beinhaltet.¹²⁶

Problematisch wird der Gray Box-Ansatz, wenn bestimmte elektrische Eigenschaften davon abhängen, ob die Komponenten an den Schaltkreis angeschlossen sind.¹²⁷

Eine Messung bzw. Hörtest des Gesamtgeräts ist deshalb immer notwendig, um die Sub-Gruppen richtig beurteilen zu können.¹²⁸



Abbildung 6-4: Das UAD Distressor Plugin wird in der Endphase gegen mehrere Hardwareeinheiten getestet

6.1.3 Hörtests

Erst werde gehört, danach gemessen, sagt Sound Toys' Ken Bogdanowicz. Es werden Töne, Schlagzeug, Gesang, Gitarre und gesamte Mixe gehört auf unterschiedlichsten Lautstärken und Settings des Geräts. Wenn es dann nicht richtig klingt, wird zu den Messinstrumenten gegriffen.¹²⁹ David Berner von Universal Audio betont den Vorteil des Circuit-by-Circuit-Ansatzes in der Hörsituation, da Ingenieure intuitiv das Plug-in bedienen können und Probleme schnell identifiziert werden können. Alex Westner von Cakewalk erklärt, dass man für Positives wie Negatives ein gutes Gehör entwickeln muss. Subjektiv wird auf die gewollten analogen Charakteristiken wie Wärme, Sättigung und angenehme Verzerrung geachtet, aber auch auf Verschmutzungen wie

¹²⁶ Vgl. (Lambert, 2010), S.2

¹²⁷ Ebd.

¹²⁸ Ebd.

¹²⁹ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=7fZHI2apH6M>) Aufgerufen am 07.01.2018

Aliasing und Quantisierungsrauschen. Am Ende gilt es den Anwender zufriedenzustellen, da lohnt es sich auch vom ursprünglichen Modell etwas abzuweichen, falls es dann besser klingt.¹³⁰



Abbildung 6-5: Ken Bogdanowicz arbeitet in seinem Labor an einer Emulation des Lexicon Prime Time Delays

6.1.4 Limitierungen

Softube's Nicholas Odelholm sagt, solange ein Effektgerät Teil der allgemeingültigen Physik sei, könne man es auch in Formeln nachbauen. Die Limitierungen sieht er in der Arbeitszeit und der Rechenleistung.¹³¹ Die CPU Leistung würde aber steigen und bald werde es möglich sein, durch eine Echtzeitberechnung des gesamten Schaltplans jegliches Gerät zu simulieren, meint Waves Präsident Bill Gardner.¹³² Colin McDowell, CEO von McDSP, erkennt Limitierungen, wenn überhaupt, nur in der Vorstellungskraft, der Erfahrung und der Kreativität des Ingenieurs. Ken Bogdanowicz von Sound Toys betont neben der CPU Leistung das Verständnis von dem vorliegenden Gerät. Sobald ein Gerät zeit-variant oder nicht linear ist, müsse man verstehen wie es funktioniert. Eine weitere Limitierung können nicht vorhandene Informationen über das Gerät sein, wie ein unbekannter digitaler Algorithmus oder unbekannte Ein- und Ausgangsimpedanzen. Zum aktuellen Stand der Technik wissen die meisten Plugins nicht woher das Signal kommt und arbeiten deshalb, als hätten sie alle perfekte

¹³⁰ Vgl. (Lambert, 2010), S.36f

¹³¹ Ebd., S.31

¹³² Ebd., S.34

Buffer dazwischen.¹³³ Inwiefern die Interaktion zwischen Plug-ins wirklich erwünscht ist, sei einmal dahingestellt.

Chris Townsend sagte, als er noch für Avid das Gitarren-Effektgerät Eleven Rack entwickelte, sie hätten die Interaktion zwischen der Gitarre und dem Amp simulieren können, aber man hätte die Impedanz von jeder Gitarre in jeder Frequenz wissen müssen, was in der Praxis einfach nicht umsetzbar ist. Als Alternative entwickelten sie die „True-Z“ Impedanz Anpassung im Eleven Rack, wodurch die Interaktion praktisch neutralisiert wird. David Tremplay, ein Avid Kollege fügt hinzu, dass die Wirtschaftlichkeit natürlich eine große Rolle spiele, da man theoretisch jede kleinste Eigenart eines Gerätes abdecken könnte und Jahre in Details stecken kann.¹³⁴ Wann eine Simulation gut genug ist, wird deshalb von vielen Faktoren beeinflusst. Steven Slate von Slate Digital wirbt für seine Geräte mit einer klaren Auflage, nämlich das Original im Blindtest nicht mehr von dem Plug-in unterscheiden zu sei.¹³⁵



Abbildung 6-6: Chris Townsend testet einen Gitarren Amp für das Eleven Rack von Avid

6.1.5 Schwierigkeiten

Das richtige Hardware-Modell zu finden und zu prüfen, ob es sich im gewünschten Zustand befindet, sei kritisch, sagt Udi Hennis von Waves. Experten, die das Gerät schon im jahrelangen Gebrauch hatten, seien dabei unverzichtbar. Oft müssten große Distanzen zurückgelegt werden, bis das richtige Modell gefunden würde.¹³⁶

Auch Edmund Pirali von Intelligent Devices spricht die Problematik alternder Bauteile, wie zum Beispiel Kondensatoren, an, welche sich zu einem unvorhersagbaren Verhalten aufaddieren. Hier könne man sich weniger auf bekannte Formeln verlassen und es wird mehr Kreativität des Designers verlangt.¹³⁷

¹³³ Vgl. (Lambert, 2010), S.34

¹³⁴ Ebd., S.31f

¹³⁵ Vgl. (<https://www.youtube.com/watch?v=iGNkRmrwn3M>), Aufgerufen 05.01.2018

¹³⁶ Vgl. (Lambert, 2010), S.34

¹³⁷ Ebd., S.30

Weiter sei es schwierig nichtlineare Komponenten in eine kontrollierbare Anzahl an Möglichkeiten einzugrenzen. So werden beispielsweise die Zustände eines Transformators mittels statistischer Methoden auf einige Tausend eingegrenzt. Am Ende müssen die ursprünglichen Differenzialgleichungen in das diskrete Universum gebracht werden, wobei David Benders das Problem sinngemäß folgendermaßen beschreibt:¹³⁸

Um eine theoretisch unendlich hoch aufgelöste Schaltung in ein zeitdiskretes System zu bringen, kann man entweder eine exakte Gleichung annähernd lösen oder eine angenäherte Gleichung exakt lösen.

Je nichtlinearer das System ist und dazu mit hoher Bandbreite und Feedback arbeitet, desto schwieriger wird es, die richtigen Annäherungen zu finden.¹³⁹ Diese Unbestimmtheit ist eng verwandt mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Quantenmechanik, welche besagt, dass Ort und Richtung (Impuls) eines Teilchens nicht gleichzeitig beliebig genau gemessen werden können.¹⁴⁰

¹³⁸ Vgl. (<https://www.uaudio.de/blog/ask-doctors-ua-modeling-plug-ins/>), aufgerufen am 06.01.2018

¹³⁹ Ebd.

¹⁴⁰ Vgl. (<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-elektron/unschaerferelation>), Aufgerufen am 08.01.2018

6.2 Mikrofonsimulation

Während es sich beim Slate VMS um ein einkanaliges Hard-/Softwaresystem handelt, kann das Townsend Labs Mikrofon mit der Doppelmembran durch Berechnung von Verzögerungen der einzelnen Frequenzen zwischen den Kapseln mehrere Dimensionen abbilden.¹⁴¹

6.2.1 Slate VMS

Fabrice Gabriel von Slate digital betont in der Bedienungsanleitung des Mikrofons, dass der pure wissenschaftliche Ansatz in diesem Fall nicht so weit führte wie bei anderen analogen Hardware-Geräten. Ein großer Teil der Parameter musste dieses Mal nach Gehör eingestellt werden.¹⁴²

Laut Steven Slate werden für eines ihrer Mikrofon-Modelle etwa 40-50 verschiedenste Quellsignale benutzt, die von verschiedenen Stimmen bis zu Sinus und Rechteckspannungen reichen. Die Messungen werden in verschiedenen Abständen, Räumen und Winkeln durchgeführt. Dann wird mit den schon für frühere Plugins eigens entwickelten Geräten das nichtlineare Verhalten des Röhrenschaltkreises ermittelt. Die Software analysiert ein musikalisches Signal und bietet eine Simulation an, die danach weiter von Hand optimiert werden muss. Es lassen sich dabei Details wie beispielsweise Obertöne, die Transienten Ansprache oder tieffrequente Resonanzen verändern.¹⁴³ Trotzdem kann das Einkanalssystem nicht erkennen, aus welcher Richtung der Schall eintrifft und muss notgedrungen die gemessenen Werte mitteln.¹⁴⁴ Dies bestätigt sich in den ermittelten Polardiagrammen in Abbildung 6-7, wo links das rohe Slate Mikrofon und rechts die Slate U47 Simulation zu sehen ist. Chris Townsend betont, dass mit dieser einfachen Technik auch die Simulation auf der Achse aufgrund des Nahbesprechungseffekts immer nur bei einem Abstand funktioniert.¹⁴⁵

¹⁴¹ Vgl. (<https://townsendlabs.com/sphere-whitepaper/>), Aufgerufen am 15.02.2018

¹⁴² Vgl. (http://download.slatedigital.com/vmr/Virtual%20Microphone%20System%20-%20User_Guide.pdf), S.43, Aufgerufen am 15.02.2018

¹⁴³ Vgl. (<https://www.soundonsound.com/reviews/slate-digital-virtual-microphone-system>), Aufgerufen am 15.02.2018

¹⁴⁴ Vgl. (<https://www.bonedo.de/artikel/einzelansicht/townsend-labs-sphere-l22-test.html>), Aufgerufen am 15.02.2018

¹⁴⁵ Vgl. (<https://townsendlabs.com/sphere-whitepaper/>), Aufgerufen am 15.02.2018

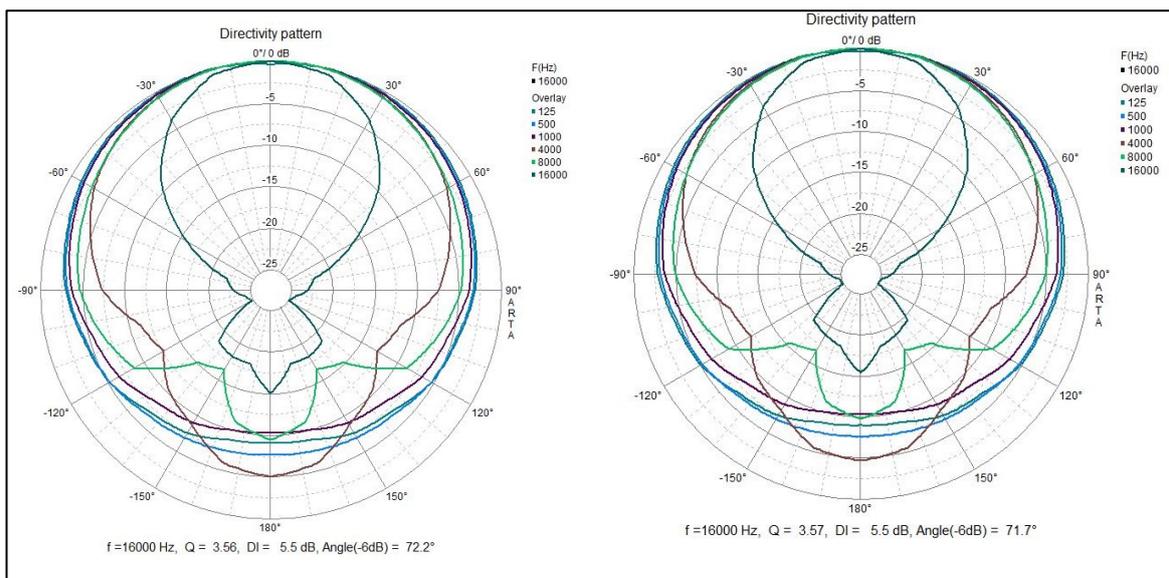


Abbildung 6-7: Polardiagramme des rohen Slate Mikrofons (links) und der U47-Simulation (Rechts)

Die Sphere™ Technologie schafft es laut Chris Townsend dagegen, durch das unabhängige Sampling von Druck und Geschwindigkeit des Schallfelds an einem Punkt im Raum die volle dreidimensionale Ansprache eines Mikrofons abzubilden. Streng genommen macht es dies aber nur im zweidimensionalen Raum, da es mit den zwei Kapseln nur zwei Achsen eines Ambisonics-Mikrofons, welches vier Kapseln besitzt, abbilden kann.¹⁴⁶ Diese zwei Dimensionen konnten jedoch in den Messungen bestätigt werden (Kapitel 8.2).



Abbildung 6-8: Chris Townsend misst Abstandsinformationen, die er mit der Hardware einfangen möchte

¹⁴⁶ Vgl. (<https://townsendlabs.com/sphere-whitepaper/>), Aufgerufen am 15.02.2018

6.3 Obertonverhalten im Vergleich

Um zu überprüfen, welche Obertöne von welchem Plugin hinzugefügt werden, wurde jeweils bei -3dB ein 400Hz Sinus durch das reine Plugin geschickt.

Die Antares Simulationen erzeugt, sofern sie sehr hoch ausgesteuert werden, alle ein ausgeprägtes Obertonmuster. Je nach Mikrofonsimulation ändert sich der Pegel, bei dem die Obertöne aufgebaut werden, etwas. Immer gleich bleibt hingegen der sehr abrupte Übergang, ab dem plötzlich Obertöne zu sehen sind. Eine Übersteuerung innerhalb des Plugins ist nicht zu erkennen, auch die leicht unterschiedlichen Muster, wie sie in Abbildung 6-10 und 6-11 zu sehen sind, sprechen dagegen. Dass hier ein neutrales U87 scheinbar sehr ähnliche Obertöne wie das U47 Röhrenmikrofon erzeugt verwundert dann jedoch.



Abbildung 6-9: 400Hz Sinus durch das antares Plugin mit U87 Simulation

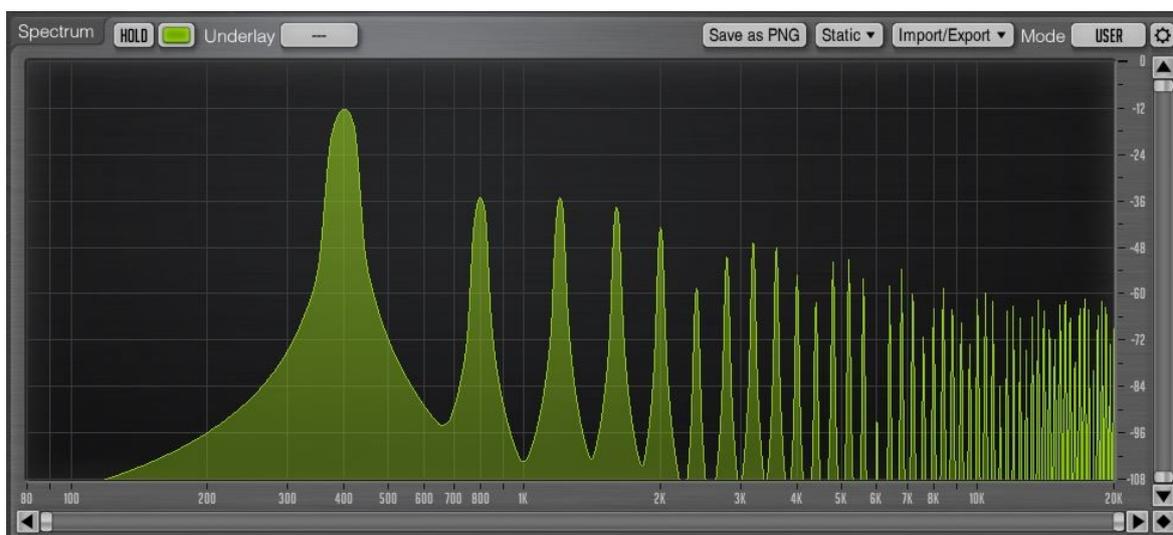


Abbildung 6-10: 400Hz Sinus durch das antares Plugin mit U47 Simulation

Das Slate Plugin erzeugt ebenfalls bei allen Simulationen Obertöne, die jedoch langsam mit dem Pegel ansteigen. Da bei jedem Modell Röhren nachgebildet werden, sind die ausgeprägten Obertonmuster nachvollziehbar.

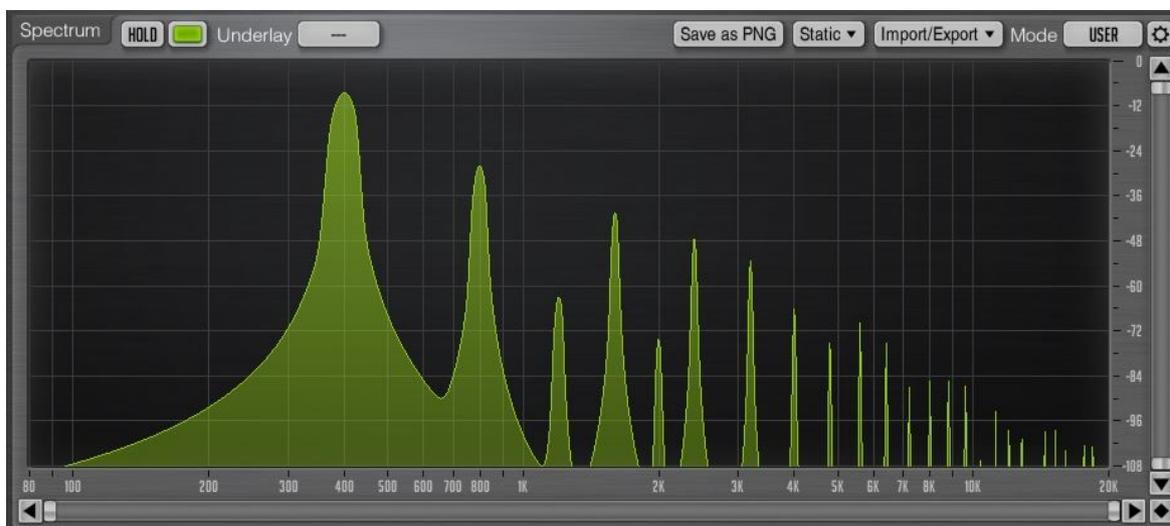


Abbildung 6-11: 400 Hz Sinus durch das Slate Plugin mit U47 Simulation

Weil das Townsend Plugin nur als Stereo-Plugin funktioniert und sich weigert zwei genau gleiche Pegel zu verarbeiten, wurde auf den rechten Kanal etwas weniger Pegel von dem gleichen Sinuston gegeben. Durch die mehrdimensionale Verarbeitung der Signale sind die Spektren zwar nicht wirklich repräsentativ, trotzdem ist klar erkennbar, dass bei Röhrenmikrofonen wie in Abbildung 6-13 mehr Obertöne erzeugt werden wie bei dem sm57-Modell in Abbildung 6-14.

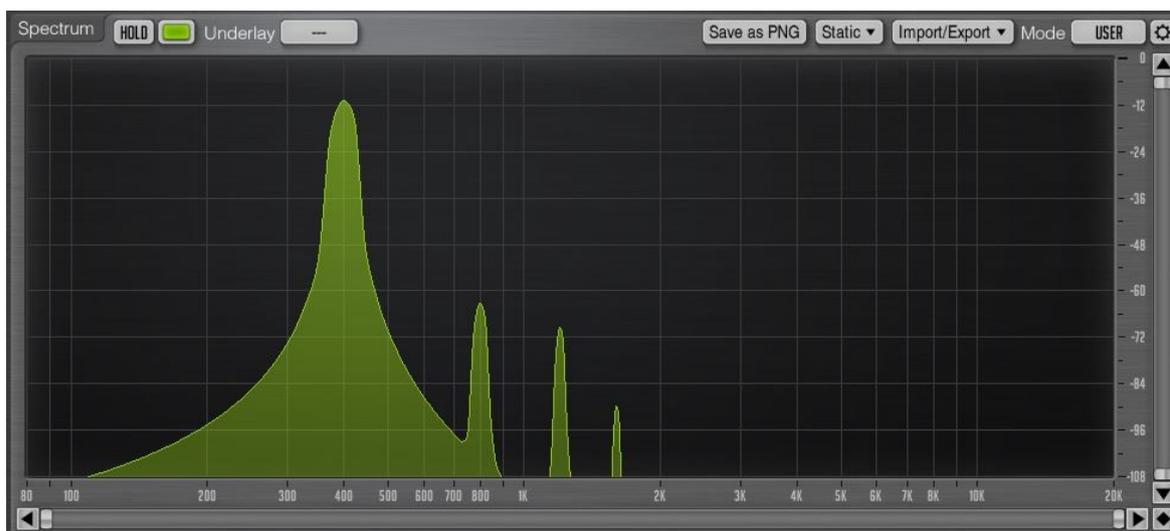


Abbildung 6-12: 400 Hz Sinus auf beiden Kanälen mit unterschiedlichem Pegel durch das Townsend Plugin mit U47 Simulation



Abbildung 6-13: 400 Hz Sinus auf beiden Kanälen mit unterschiedlichem Pegel durch das Townsend Plugin mit sm57 Simulation

Das Sonimus Plugin erzeugt in der „Vintage“ sowie in der „Modern“-Variante gar keine Obertöne, während im „Classic“, „Tube“ und „Ribbon“-Modus verschiedene Obertonspektren erkennbar sind. Diese zeigen sich auch schon bei niedrigeren Pegeln und steigen recht gleichmäßig an.

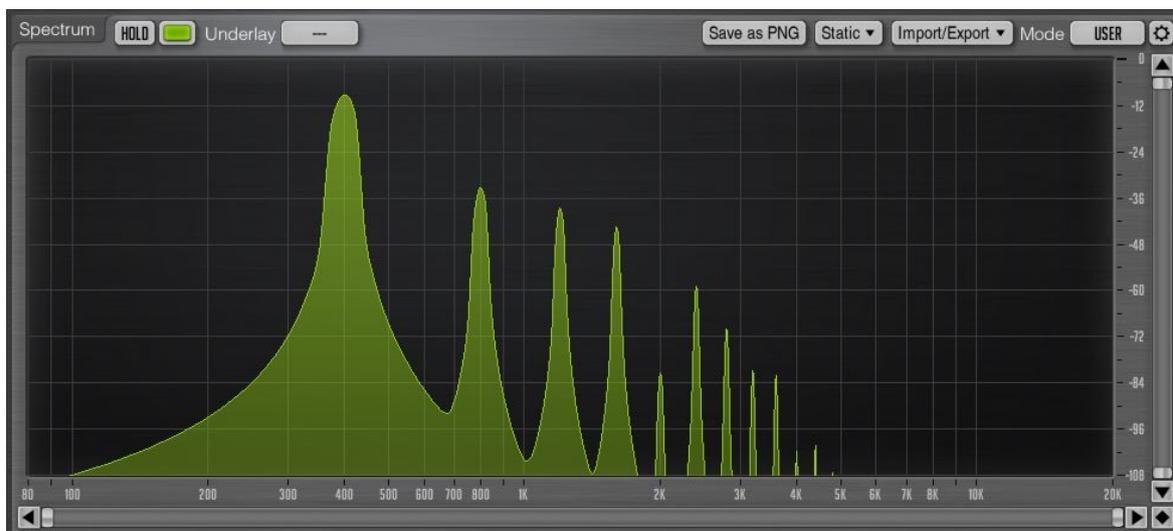


Abbildung 6-14: 400Hz Sinus durch das Sonimus Plugin im Tube Modus

7 Messverfahren

Die Standard-Messbedingungen für Mikrofone sind 1 m Abstand zum Messlautsprecher und 1 Pa Schalldruck (94 dB). Impedanz, Übertragungsfaktor und Grenzschalldruckpegel werden bei einer Frequenz von 1 kHz bestimmt.¹⁴⁷

7.1.1 Messraum

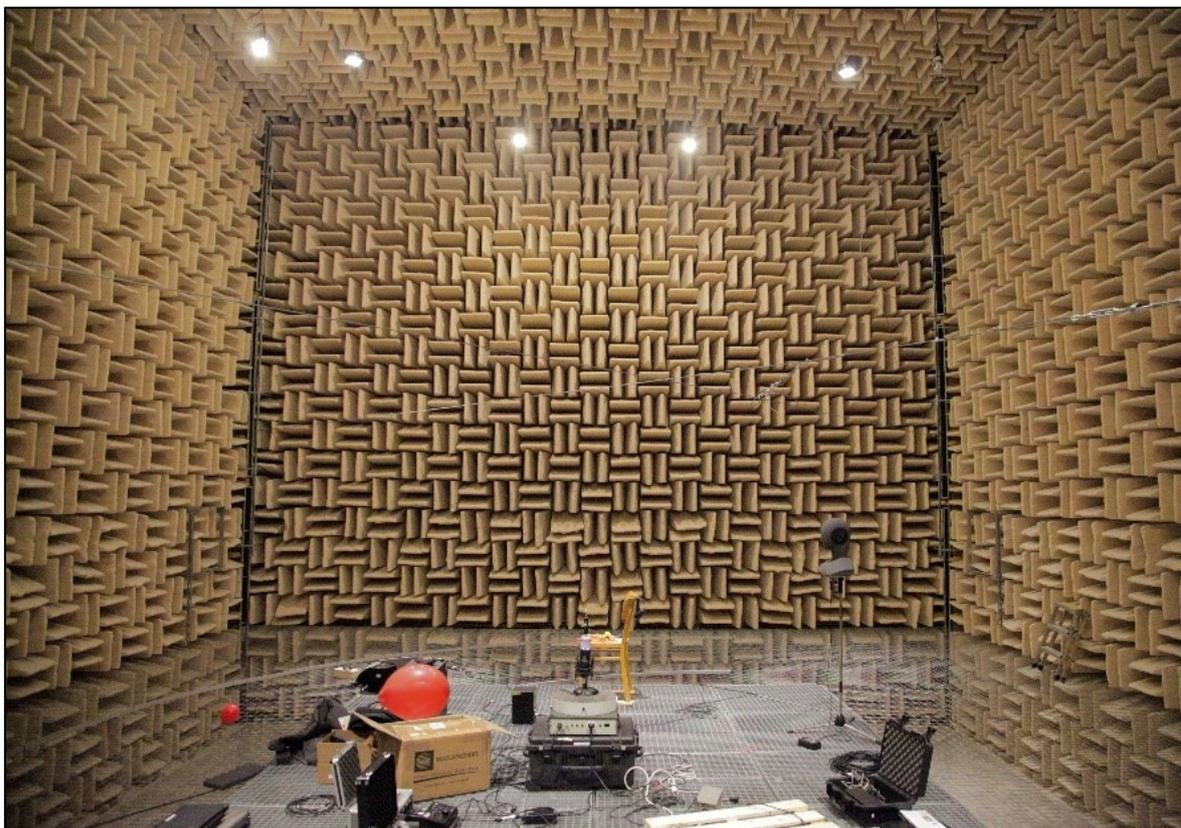


Abbildung 7-1: Der Freifeldraum im Fraunhofer-Institut Stuttgart

Glücklicherweise durften die Messungen unter freundlicher Betreuung eines Masterstudenten im Freifeldraum des Fraunhofer-Instituts durchgeführt werden. Als Vollraum ist auch der Boden mit absorbierenden Keilen versehen, weshalb auf einem Gitter, bzw. auf Drahtseilen gearbeitet wird. Die mittig platzierten Gitter können für empfindliche hochfrequente Messungen aus dem Raum entfernt werden, was jedoch andere versuchsaufbautechnischen Schwierigkeiten mit sich bringt. In diesem Fall wurde darauf verzichtet und eine eventuelle Resonanz des Gitters in Kauf genommen.

Durch die Raum in Raum-Konstruktion kann der Luft- und Körperschall minimiert und ein sehr niedriger Geräuschpegel erreicht werden. Mit einem Volumen von 1090 m^3

¹⁴⁷ (Görne, 2015), S.280

kommt der Raum auf eine herausragende untere Grenzfrequenz von 80Hz. Über dieser Frequenz gelten Freifeldbedingungen.¹⁴⁸

7.1.2 Signalgenerator



Abbildung 7-2: Die Testsignale wurden zunächst in Pro Tools aufgezeichnet

Die Testsignale für die Frequenzgang-Messungen wurden mit dem Pro Tools internen Signal-Generator erzeugt, da der Rauschgenerator in den ersten Tests genauere Ergebnisse lieferte als der Generator aus dem Messprogramm ARTA. Für jeden Winkel der Mikrofone wurde außerdem ein Sinus-Sweep aufgezeichnet, bei dem sich in Zusammenspiel mit dem Lautsprecher jedoch unnatürlich viele tiefe Frequenzen „aufschaukelten“ und den Frequenzgang stark verfälschten. Die Testsignale wurden vor den Messungen in Pro Tools aufgenommen, womit jedes Mikrofon das Bit-genau gleiche Rauschen empfing, darunter auch ein Messmikrofon, mit dem der Frequenzgang des Lautsprechers herausgerechnet wurde.

Für eine fehlerfreie Messung sollte die Signalquelle möglichst folgende Anforderungen erfüllen:¹⁴⁹

1. Linearität im Messbereich (80Hz - 20kHz)
2. Phasenstabilität
3. Ausreichend Pegel
4. Niedriges Grundrauschen
5. Geringer Klirrfaktor

Je nach Einsatzgebiet sind verschiedene Qualitäten besonders wichtig. Im Falle der Frequenzgangmessung sind Klirrfaktor und Grundrauschen eher nebensächlich,

¹⁴⁸ Vgl. (<https://www.pruefstellen.ibp.fraunhofer.de/de/akustik/schallleistung-freifeld-raum.html>), Aufgerufen am 12.02.2018

¹⁴⁹ Vgl. (Friesecke, 2014), S.822f

misst man dagegen das Klirrvverhalten der Mikrofone im direkten Verhältnis ist der Frequenzgang nicht mehr von so hoher Bedeutung.¹⁵⁰

Die Messungen der Mikrofone wurden mit einem RME Babyface Audio-Interface durchgeführt. Um die Qualität der Wandlung sicher zu stellen, wurden Ein- und Ausgang verbunden und mittels eines 1 kHz Sinustons bei -3,1 dBFS Eingangspegel der Klirrfaktor und das Grundrauschen gemessen.

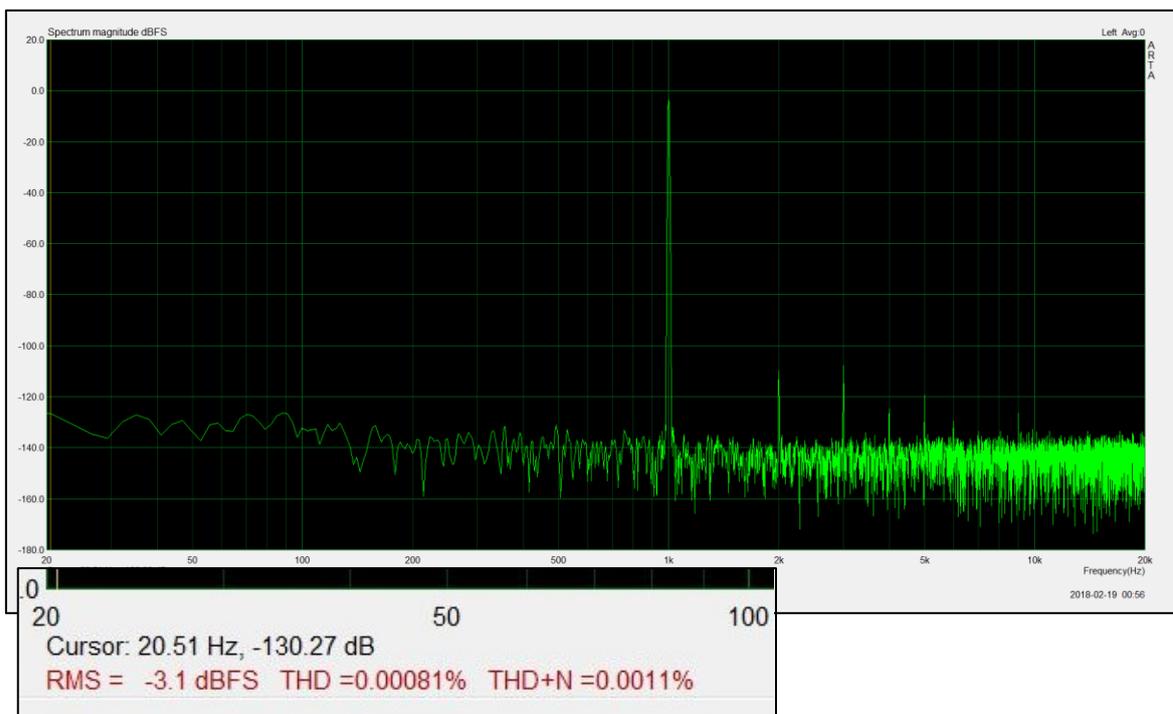


Abbildung 7-3: RME Babyface Klirrfaktor und Grundrauschen

THD steht für Total Harmonic Distortion, also den Klirrfaktor, und +N steht für Noise, das Grundrauschen. Mit dem Wert von $\text{THD+N}=0,0011\%$ bewegt sich das Interface in einem sehr guten Bereich. Laut dem ARTA-Handbuch sind bereits Werte kleiner als $0,1\%$ brauchbar.¹⁵¹

¹⁵⁰ Vgl. (Friesecke, 2014), S.822f

¹⁵¹ (Weber, 2013)

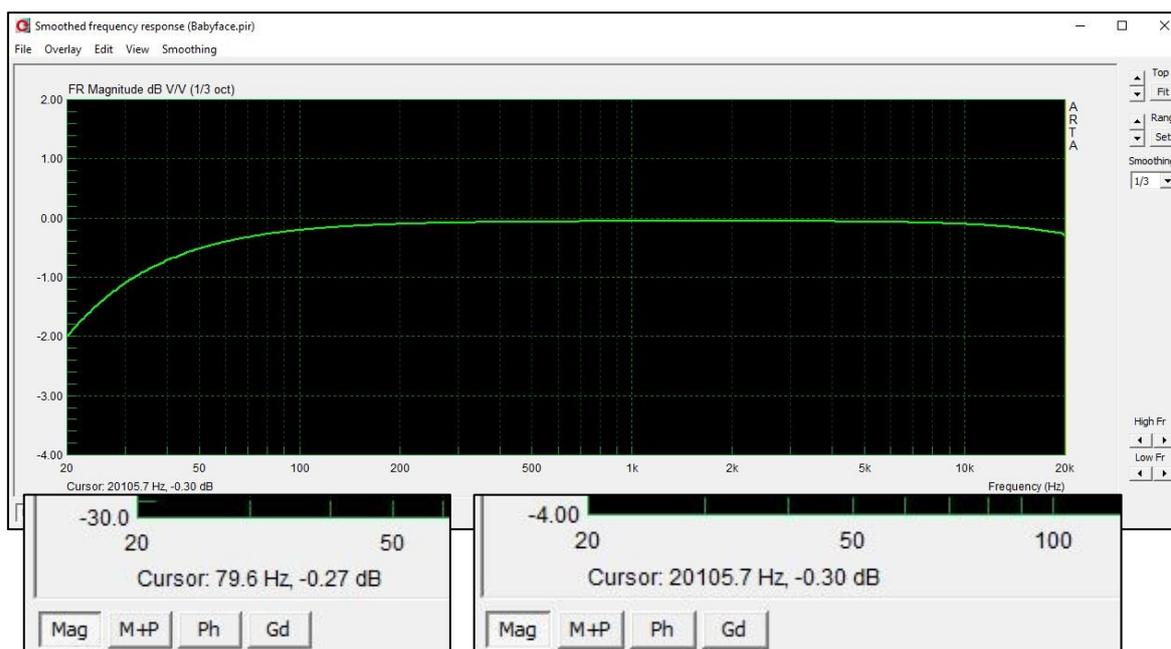


Abbildung 7-4: RME Babyface Frequenzgang

Der mit einem Sinus-Sweep ermittelte Frequenzgang zeigt einen verhältnismäßig großen Abfall in den tiefen Frequenzen von 2dB bei 20Hz. Dies ist laut RME der Bauweise des Eingangs verschuldet, während der Ausgang perfekt linear sei.¹⁵² Da Frequenzen unter 80Hz aufgrund der Bedingungen des Raumes und des relativ kleinen Monitorlautsprechers sowieso vernachlässigt werden müssen, sollte dieser Abfall nicht weiter stören. Der Cursor steht in Abbildung 7-4 zuerst knapp unter 80Hz und dann am rechten Rand der Anzeige, bei knapp über 20kHz. Er lässt uns jeweils einen Verlust von ungefähr 0,3dB ablesen.

7.1.3 Messlautsprecher

Als Messlautsprecher kam ein am Fraunhofer-Institut vorhandener Yamaha MSP 3 Monitor zum Einsatz. Mit seinem 4 Zoll Tieftonlautsprecher wird vom Hersteller eine untere Grenzfrequenz von 65 Hz angegeben, die sich in den Messungen bestätigte und für die Messzwecke ausreichend war. Der Frequenzgang des Lautsprechers hat seine Schwachstellen, die jedoch durch ein Kompensations-File, dass auf alle Mikrofonmessungen gerechnet wurde, nicht weiter ins Gewicht fallen sollten. In Abbildung 7-5 ist der mit Rosa Rauschen angeregte Frequenzgang des Lautsprechers zu sehen, der mit einem Messmikrofon aufgenommen wurde. Aufgrund der Kompensation ist die genaue Art des Anregungssignals in diesem Fall zweitrangig, sofern alle für die Auswertung benötigten Frequenzen darin vorkommen.¹⁵³

¹⁵² (<https://www.forum.rme-audio.de/viewtopic.php?id=12612>), Aufgerufen am 10.02.2018

¹⁵³ Vgl. (Friesecke, 2014), S.822f

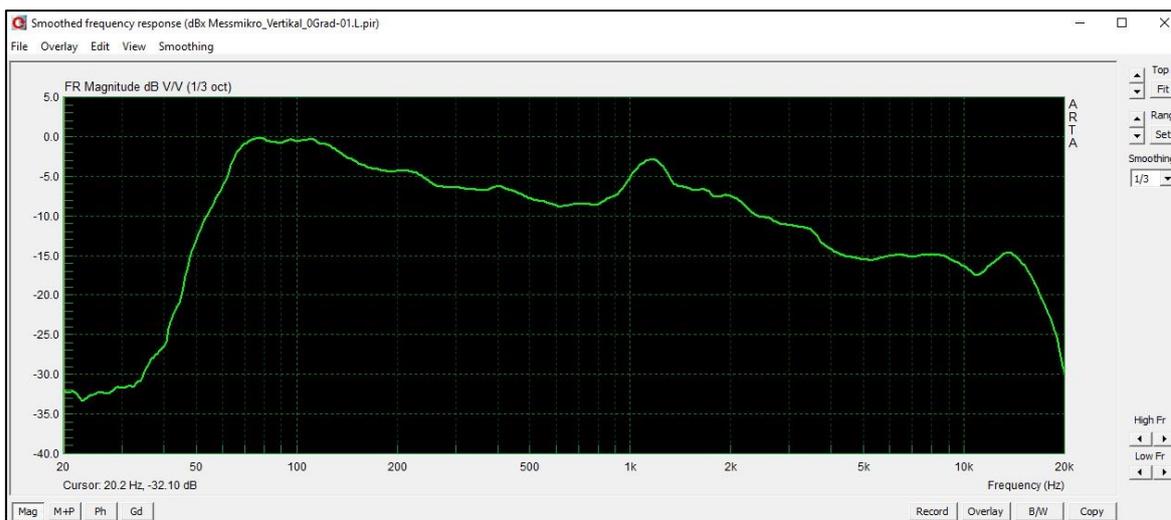


Abbildung 7-5: Yamaha MSP 3 mit Rosa Rauschen angeregt

7.1.4 Messmikrofon

Messmikrofone bestehen meist aus Kugelmikrofonene mit sehr kleinem Membrandurchmesser von beispielsweise 5mm. Wichtige Eigenschaften, die damit erreicht werden, sind:¹⁵⁴

1. linearer Frequenzgang im hörbaren Bereich (20Hz bis 20kHz)
2. Konstante Kugel-Charakteristik

Kleine, günstigere Messmikrofon haben aufgrund der kleinen Mikrofonkapsel und der Elektretkondensator-Technik dafür ein hohes Eigenrauschen, dem teure Messmikrofone mit einer höheren Kapselvorspannung entgegenwirken.¹⁵⁵ Das verwendete DBX RTA-M gehört zur ersteren Gruppe, was sich direkt am Rauschverhalten des gelben Frequenzgangs in Abbildung 7-6 erkennen lässt. Im direkten Vergleich ist das, in Orange dargestellte, Townsend Labs Mikrofon ohne Simulation zu sehen, das besonders rauscharm arbeitet. Durch beide wurde mit gleichem Pegel ein 400Hz Sinus geschickt.

¹⁵⁴ Ebd.

¹⁵⁵ Ebd.

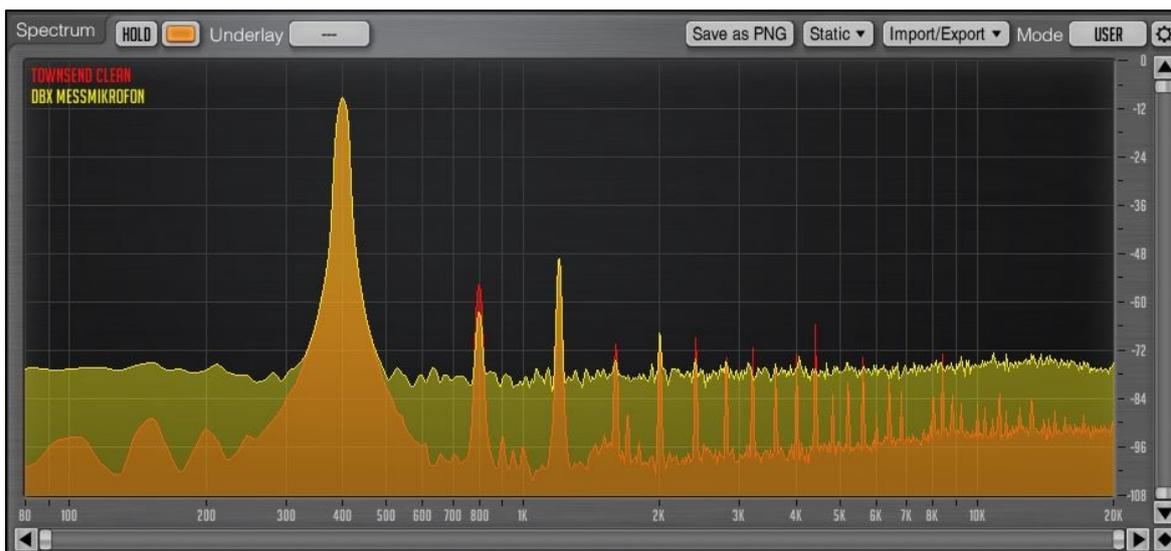


Abbildung 7-6: 400Hz Sinus durch das DBX RTA-M und das Townsend Labs Mikrofon

Der Frequenzgang des Messmikrofons ist auf etwa 1,5dB genau, wozu online ein Kompensations-Datei erhältlich ist, die allerdings nicht speziell auf die Seriennummer kalibriert ist, wie es bei anderen Herstellern angeboten wird. Bei der Kompensations-Kurve in Abbildung 7-7 ist zu beachten, dass der Cursor bereits bei knapp über 20kHz steht, der Roll-Off beginnt also erst außerhalb des Messbereichs.

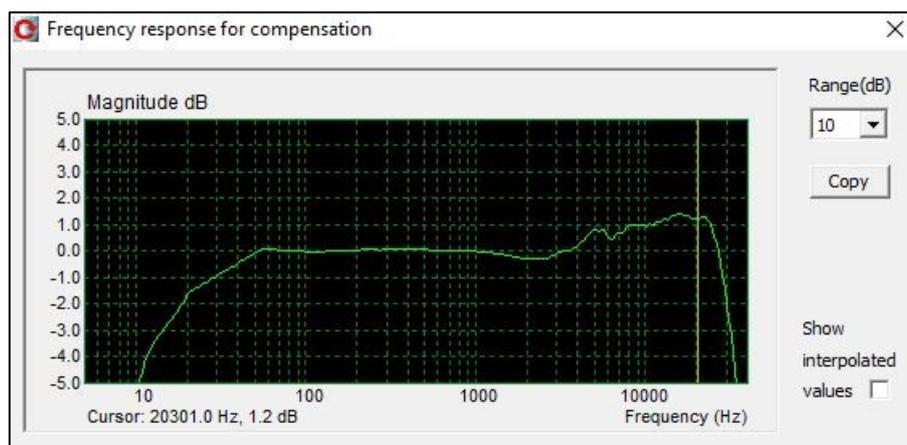


Abbildung 7-7: Die Kompensations-Kurve für das DBX RTA-M2 Messmikrofon

Zuletzt bleibt noch die Kugel-Charakteristik zu überprüfen. Dabei wurde das DBX RTA-M um die lange Achse des Mikrofons gedreht. Vor allem in den hohen Frequenzen macht sich das Gehäuse bemerkbar, jedoch ist auch schon bei 1kHz (Pink) die Kugel nicht mehr perfekt. Für diesen Einsatz wurde allerdings nur die 0°-Achse benutzt, um den Frequenzgang des Lautsprechers zu bewerten. Durch den Freifeldraum werden die Einflüsse abseits der Achse zusätzlich minimiert.

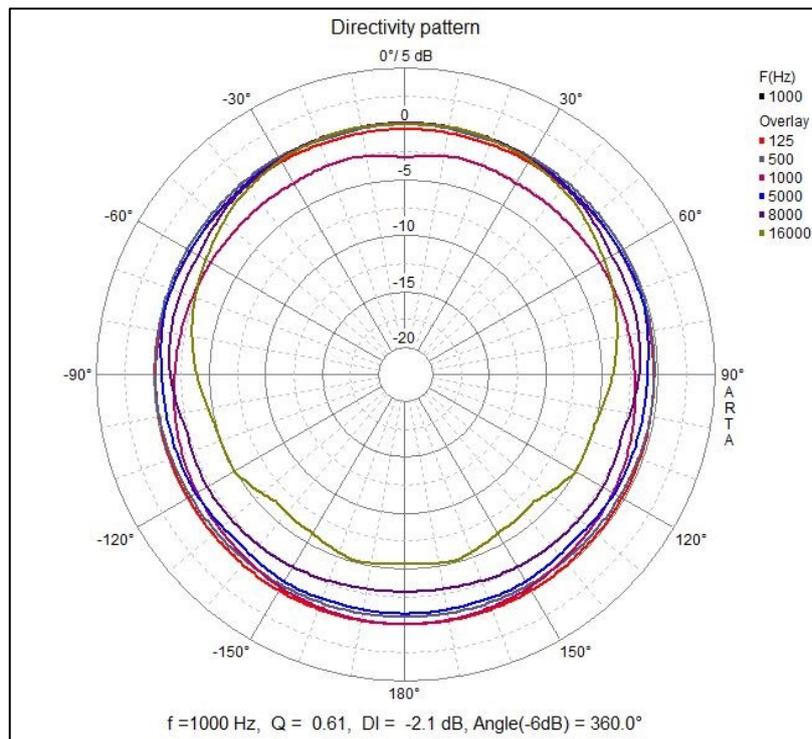


Abbildung 7-8 Polardiagramm des DBX RTA-M

7.1.5 Drehteller

Für die Anfertigung der Polardiagramme stand am Fraunhofer-Institut glücklicherweise ein Drehteller zur Verfügung, der sich auf Knopfdruck in 15° Schritten drehen ließ. Dadurch konnten recht zügig die genau reproduzierbaren Winkel der Mikrofone gemessen werden.



Abbildung 7-9: Der Drehteller mit dem U47 in der 0° Stellung

7.1.6 ARTA

Das Messpaket ARTA umfasst strenggenommen drei Programme namens ARTA, LIMP und STEPS und steht für „Audio Realtime Analysis“. Es eignet sich für akustische Messungen sowie „Punkt zu Punkt“ Messungen in Kommunikations-Systemen.¹⁵⁶ Das deutsche ARTA-Handbuch sowie die Bachelor-Arbeit von Roman Pertschi zeigen die Möglichkeiten des Programms mit Schwerpunkt von Lautsprechermessungen.¹⁵⁷ Für die Anfertigung der Polardiagramme von Mikrofonen werden dementsprechend die Wandler getauscht und anstatt des Lautsprechers das Mikrofon um die Achse gedreht. In Abbildung 7-10 ist das Importfenster für Polardiagramme zu sehen. Wie bei den Frequenzkurven wurde ein Smoothing-Faktor von 1/3 Oktave verwendet. Da das Programm bei jeder Frequenz die Differenz vergleicht und bei 0° normalisiert, ist eine Kompensationsdatei hier nicht nötig.

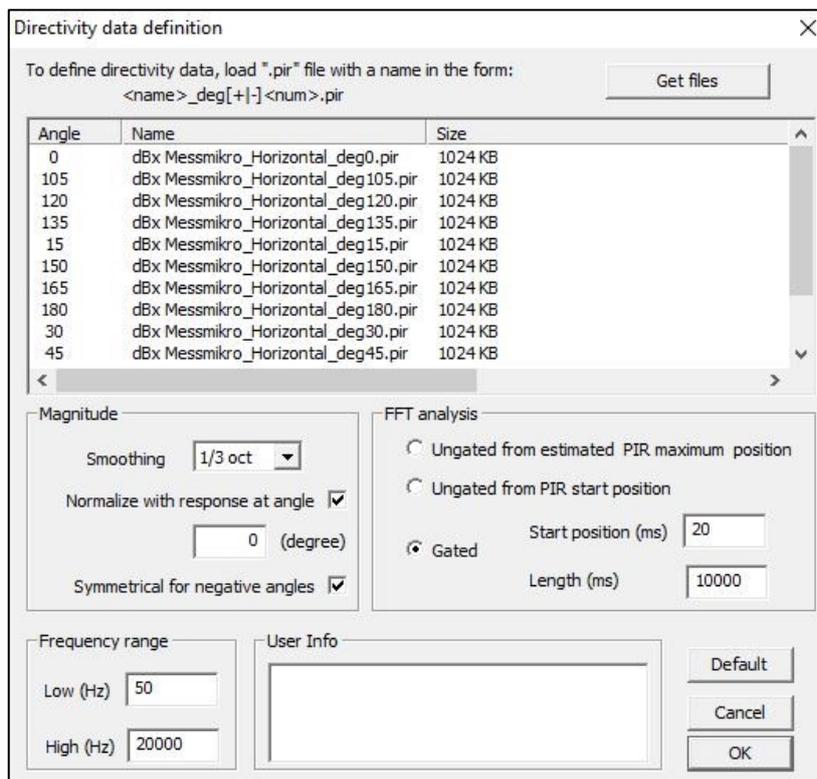


Abbildung 7-10: ARTA Polardiagramm Importfenster

Gemessen wurde aus Zeitgründen immer nur ein 180° Raum, der dann symmetrisch gespiegelt wurde. Die Gate-Einstellungen wurden so gewählt, dass möglichst viel des Rauschsignals mit in die Analyse einfließt, wodurch sauberere Ergebnisse erzielt werden konnten.

¹⁵⁶ Vgl. (<http://www.artalabs.hr/download/arta-user-manual.pdf>), S.5, Aufgerufen am 15.01.2018

¹⁵⁷ Vgl. (<https://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Pertschi.pdf>), Aufgerufen am 15.01.2018

8 Praxisvergleiche

Ein Praxisvergleich von Mikrofonen bietet grundsätzlich zwei verschiedene Ansätze:¹⁵⁸

1. Eine Performance wird mehrfach mikrofoniert
2. Die Performance wird für jedes Mikrofon möglichst konstant wiederholt

Beide Möglichkeiten sind immer ein Kompromiss, was bei den Hörbeispielen nie in Vergessenheit geraten darf. Bei einer Mehrfachmikrofonierung kann schon die leichte Abweichung der Position einen großen Unterschied machen. Dieser Effekt verstärkt sich, je näher man der Klangquelle kommt, weshalb eine extreme Nahmikrofonierung oft gar nicht möglich ist. Zusätzlich nimmt man Reflexionen von den anderen Mikrofongehäusen in Kauf, deren Kapseln dicht aneinander aufgestellt werden müssen.¹⁵⁹

Wird dagegen einzeln mikrofoniert und die Performance wiederholt, kommt man schnell in die Versuchung, den besseren Take und nicht den besseren Klang zu bevorzugen. Ein direktes Hin- und Herschalten zwischen den Spuren gestaltet sich dadurch schwerer.¹⁶⁰

In dieser Arbeit wurde deshalb ausschließlich die erste Variante angewandt.

Des Weiteren war es oft eine Herausforderung die Pegel der unterschiedlichen Mikrofone aneinander anzupassen, da sie durch ihre spezifischen Eigenschaften unterschiedlich auf bestimmte Teile der Performance ansprachen. Da der Pegel jedoch eine sehr große Rolle spielt, lohnt es sich bei Vergleichen von kurzen Passagen, eine weitere Pegelanpassung vorzunehmen.

¹⁵⁸ Vgl. (<https://www.delamar.de/mikrofon/mikrofonvergleich-klangunterschiede-erkennen-8280/>), Aufgerufen am 06.01.2018

¹⁵⁹ Ebd.

¹⁶⁰ Ebd.

8.1 U47 Simulationen Gesang (Klangbeispiele 1)



Abbildung 8-1: Von oben links im Kreis: Neumann U47, Slate VMS, Neumann U87, Townsend Labs Sphere L22, Shure sm58 und WeissKlang V13

Im ersten und am größten angelegten Test durften sich alle Kandidaten mit der Legende U47 messen. Für einen Gesangstest wurden die Mikrofone ringförmig positioniert, um einen gleichmäßigen Abstand der verschiedenen Kapseln zum Mund des Sängers zu erreichen. Der Popfilter wurde etwa 30cm von den Mikrofonen entfernt positioniert, somit relativieren sich die verschiedenen Winkel, mit denen die Mikrofone zum Sänger stehen. Dafür muss jedoch auf einen ausgeprägten Nahbesprechungseffekt verzichtet werden, der bei einer Vielzahl an Gesangsaufnahmen eigentlich maßgeblich beteiligt ist. Fairerweise werden zunächst alle Mikrofone in der Nierencharakteristik verwendet.

Bei dem Vergleich sollte im Hinterkopf behalten werden, dass jedes U47 aufgrund alternder Bauteile und unterschiedlichen Betriebszeiten bzw. Pflegezustände etwas anders klingt.¹⁶¹ Das U47 vom Verleih war in gepflegtem Zustand und es gab keinerlei Störgeräusche vom Netzteil oder Ähnliches.

Das Vorbild glänzt mit cremigen Mitten, runden Höhen und einer herausragenden Präsenz. (Klangbeispiel 1.1.1) Auch mit etwas Kompression und Hall kann es seine Stärken ausspielen und es kommen keine störenden Eigenschaften an die Oberfläche. Fairerweise muss erwähnt werden, dass die Bearbeitung des Original-U47 ohne

¹⁶¹ (Frey, 2014)

Veränderungen auf die Simulationen übertragen wurde und nicht immer ganz optimal angesprochen wird.

Wie die Großzahl der Slate VMS-Simulationen klingt auch das U47 etwas höhenlastig und dünn. (1.1.3) Generell fehlt hier etwas Wärme und s-Laute werden deutlich mehr betont als im Original. Mit Bearbeitung fallen vor allem die harten Höhen negativ auf. (1.2.3) Auch wenn es sich um einen anderen Kapseltyp handelt, kann es die ersehnten Attribute des Originals nicht zufriedenstellend liefern. Dies liegt vermutlich auch Großteils daran, dass die Simulation für eine Nahmikrofonierung optimiert wurde.

Der Frequenzgang ist etwas unruhiger als das Vorbild, sieht aber auf den ersten Blick ähnlicher aus, als es klingt:

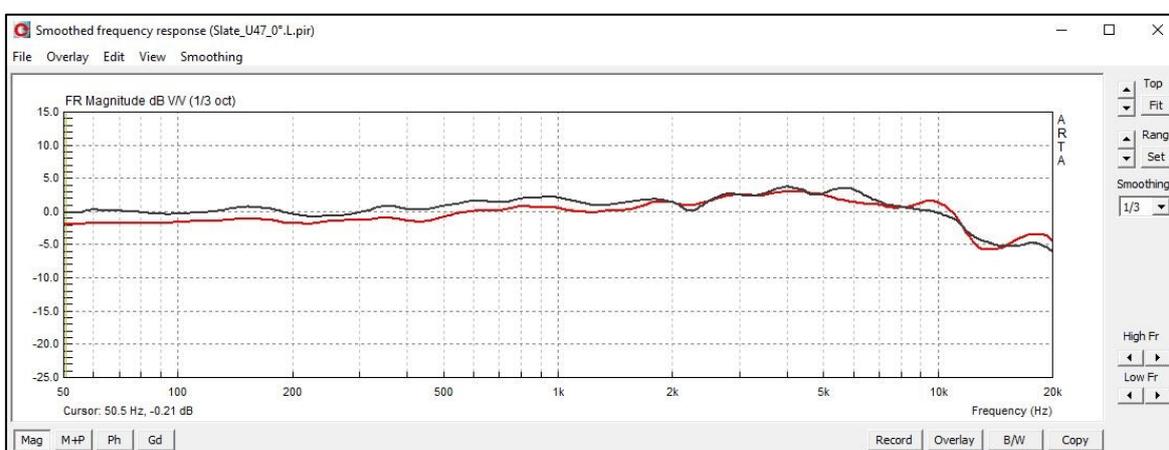


Abbildung 8-2: Die Slate-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot)

Die Frequenzkurve der Townsend Labs Simulation sieht dem Original noch ähnlicher, klingt allerdings ebenfalls nicht ganz so rund. (1.1.4)

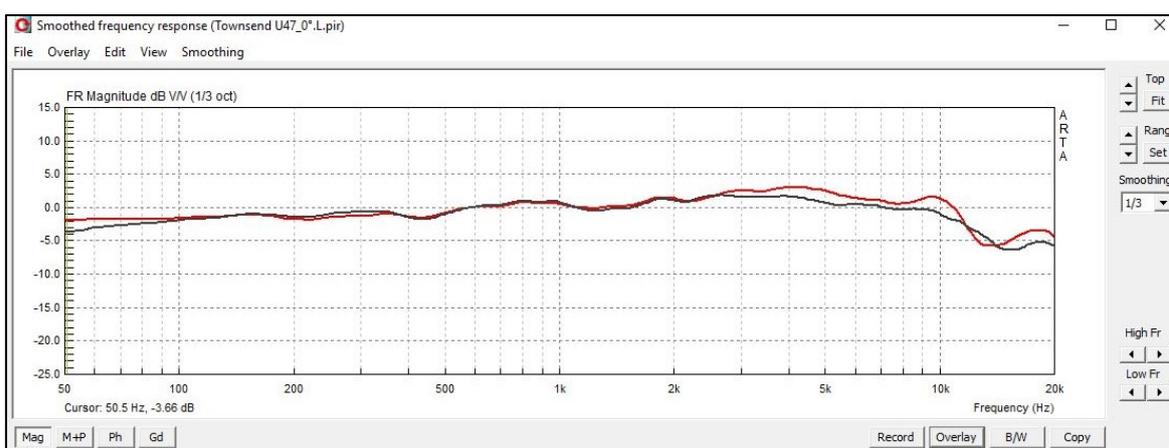


Abbildung 8-3: Die Townsend Labs-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot)

Wieder fehlt etwas Nähe und Dichte im Signal, die Höhen wirken ebenfalls hart. Es kommt zwar mehr in Richtung Vorbild, kann aber nicht ganz so überzeugen.

Der nächste Kandidat klingt, als ob jemand seine Hand vor das U47 halten würde.

(1.1.2) Die Aufgabe war jedoch auch sehr ambitioniert und es war zu erwarten, dass das Antares-Plugin das sm58 nicht verstecken kann. Der Frequenzgang kann es mit der typischen 10kHz-Betonung ebenfalls nicht verbergen.

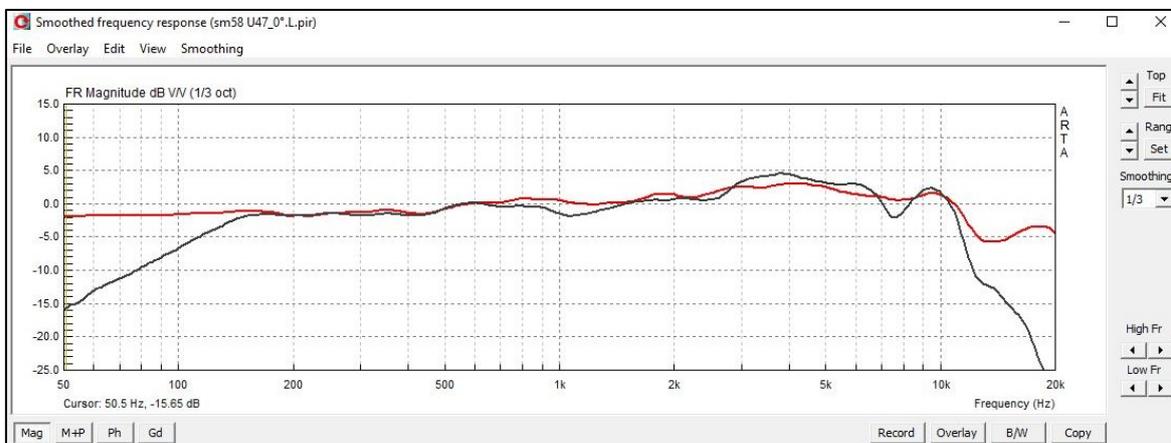


Abbildung 8-4: Die sm58-Antares-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot)

Das Plugin erledigt die Aufgabe nicht schlechter aber auch nicht besser als erwartet. Mit der Bearbeitung verspielen sich die Schwächen etwas, jedoch bleibt deutlich, dass das Mikrofon nicht für solch große Abstände zum Sänger gedacht ist. (1.2.4) Mit den Proximity-Reglern des Plugins konnte die Balance trotzdem deutlich verbessert werden.

Das WeissKlang-Mikrofon kam mit der Einstellung „Modern“ am Sonimus-Plugin am weitesten in Richtung U47, was auch der Frequenzgang bestätigte. (1.1.5) Dabei soll laut Hersteller ein Mikrofon mit Transformer simuliert werden.

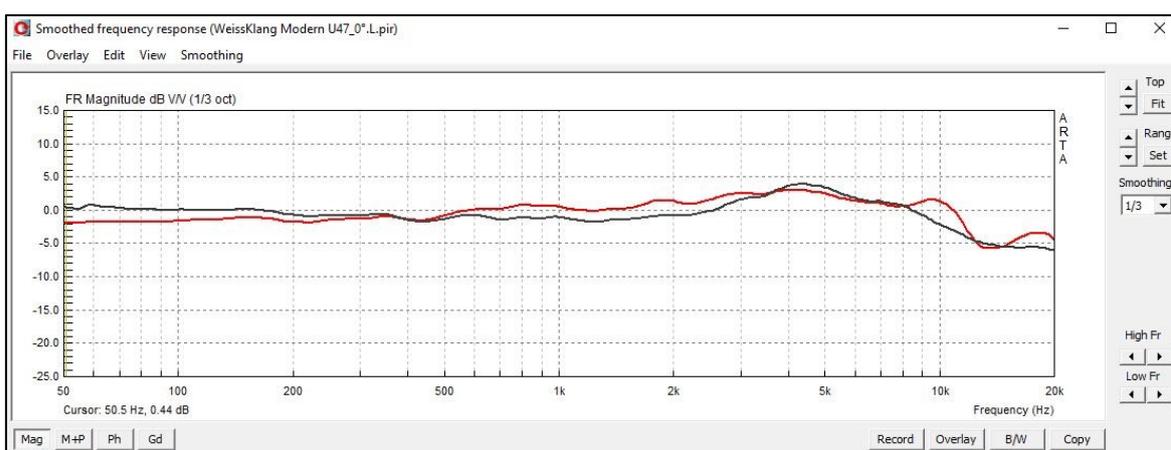


Abbildung 8-5: Die Slate-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot)

Neben einer leichten Überbetonung der tiefen Frequenzen haben mich die weichen Höhen überrascht. Das Signal funktioniert mit am besten in der Bearbeitungskette. (1.2.5)

Um der Frage nachzugehen, wie viel Detailtreue man für eine Simulation braucht, wird das transparente U87 mit der Match-Funktion eines Filters, in diesem Fall der Pro Q2 von Fabfilter, an den Frequenzgang des U47 angepasst. Dazu wird das Original Gesangssignal per Sidechain in den Equalizer geleitet und parallel zum Signal auf dem U87 analysiert.



Abbildung 8-6: Ein automatisch generierter Filter um das U87 an den Frequenzgang des U47 anzupassen

Auffällig ist die Kompensation des früheren Höhenabfalls des U87, welche zu etwas überbetonten s-Lauten führt und mit der erwarteten Härte auffällt. Trotzdem klingt es verblüffend ausgewogen und bekommt mit der Bearbeitung eine eigene Qualität. Allerdings ist hier aber das Quellmikrofon schon erstklassig und schafft es die geschätzten Eigenschaften trotz abenteuerlichem Equalizer zu übertragen.

8.2 Richtcharakteristik Niere und Kugel Gesang (Klangbeispiele 2)

Während in der Regel ein Nierenmikrofon für den Gesang eingesetzt wird, gibt es in einem guten Aufnahmerraum auch einige Gründe, um eine andere Richtcharakteristik, wie vor allem die Kugel, zu wählen. So nimmt Al Schmitt für Gesangsaufnahmen immer Kugelmikrofone, da er den Klang als angenehmer und reichhaltiger empfindet. Durch den fehlenden Nahbesprechungseffekt und die Unempfindlichkeit gegenüber Explosivlaute, kann sich der Sänger freier bewegen und möglicherweise eine natürlichere Performance abliefern. Auch Störgeräusche vom Ständer oder Kabel werden erfolgreich unterdrückt, wodurch der Künstler das Mikrofon sogar ohne weitere Probleme in der Hand halten kann. Alex Clarke probiert gerne Nieren- und Kugelcharakteristik aus, um verschiedene Färbungen im unteren Frequenzbereich auszunutzen. Weitere Richtcharakteristiken wie etwa die Acht können in einer Aufnahmesituation

mit mehreren Musikern in einem Raum genauso gut klingen, jedoch wird hier die Bewegungsfreiheit des Sängers weiter eingeschränkt, da der Pegel an den Seiten stärker abfällt.¹⁶²

In diesem Sinne sollen die Nieren und Kugel-Charakteristik des Original U47 mit der Townsend Labs Simulation verglichen werden. Um auch den Nahbesprechungseffekt und die Empfindlichkeit gegenüber Störgeräuschen zu testen wurde in diesem Fall kein Pop-Schutz verwendet.

Dass sich der Frequenzgang auf der 0°-Achse zwischen den Charakteristiken deutlich unterscheidet wurde bereits in Kapitel 3.7 gezeigt. Laut Carsten Lohmann vom Echo-schall-Verleih wird die Kugel des U47 nicht oft benutzt, da sie nicht so ansprechend klingt. Schaut man sich den Vergleich der Nieren-Polardiagramme in Abbildung 8-7 an, erkennt man sofort, dass es sich um das gleiche Mikrofonmodell handeln muss. Die Detailtreue der Townsend Labs Modelle hat sich in den Messungen bestätigt.

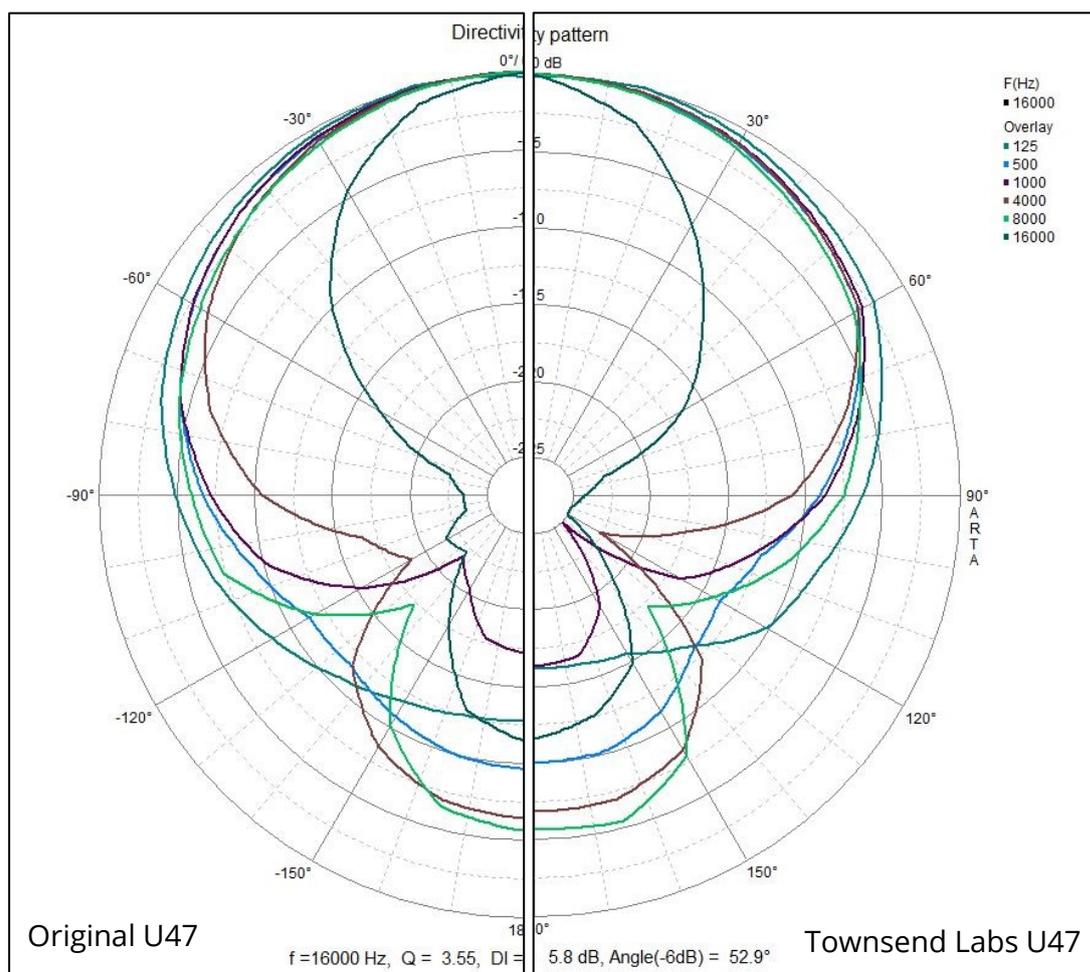


Abbildung 8-7: Polardiagramm Vergleich zwischen Original und Townsend Labs U47 als Niere

¹⁶² Vgl. (Senior, 2016), S.185

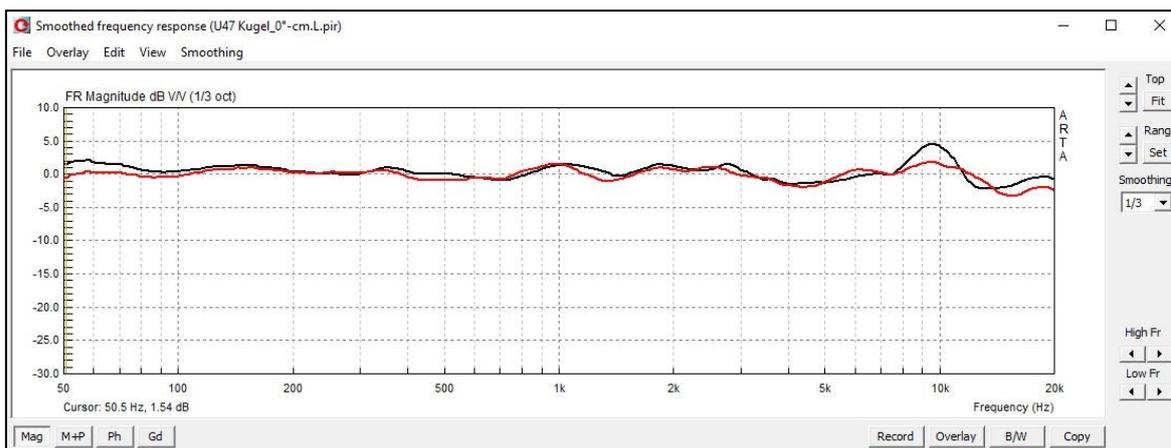
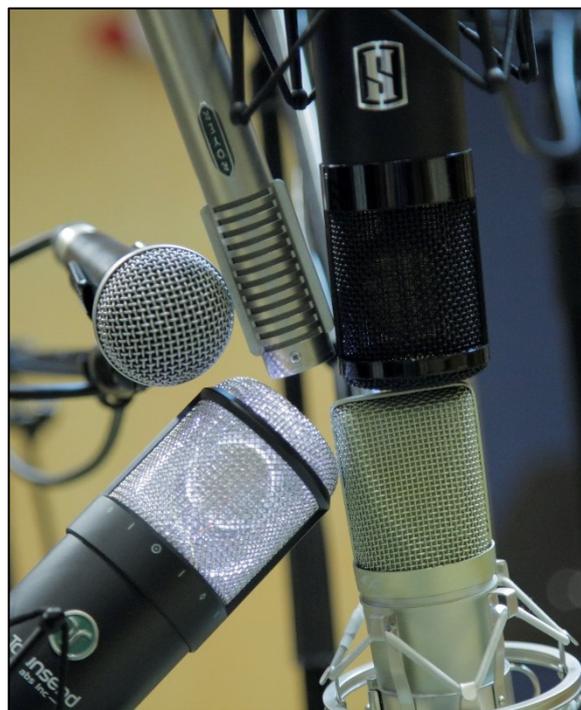


Abbildung 8-9: Frequenzansprache von Original 47 (Schwarz) und Townsend Labs Simulation (Rot) als Kugel auf der 0° Achse

8.3 Bändchen Simulation Akustik Gitarre (Klangbeispiele 3)

Als nächstes soll ein Bändchen-Mikrofon simuliert werden. Das zum Vergleich zur Verfügung stehende Royer R-121 gibt es leider nur bei Antares im virtuellen Mikrofonschrank, weshalb bei Townsend Labs ein Coles 4038 zum Einsatz kommt. Die Slate RCA 44 Simulation muss momentan in einem extra Bundle dazugekauft werden und kann deshalb nicht teilnehmen.

Zusätzlich ist es bei der Abnahme der Akustik Gitarre besonders schwer die Mikrofone gleichwertig zu verteilen. Alle Mikrofone zielten bei der Aufnahme un-



gefähr auf den zwölften Bund der Gitarre. Das Referenzmikrofon R-121 klingt auf beiden Seiten etwas unterschiedlich, in diesem Fall wurde die klassische vordere Seite gewählt, welcher ein besonders voller und warmer Klang nachgesagt wird. (3.1.1)

Diese besonders weichen Höhen kann in diesem Test nur das Townsend Labs Simulation des Coles 4038 nachbilden. (3.1.3) Authentischer Weise auf die Acht gestellt, passte sich der Nahbesprechungseffekt von alleine an. Mit etwas mehr glitzernden Höhen klingt die Coled-Simulation sogar etwas aufregender und sehr gut zum Gitarrenklang passend.

Die Ribbon-Simulation für das WeissKlang-Mikrofon kann leider nicht überzeugen, denn das Signal bleibt zu unausgewogen und scharf. (3.1.4)

Dagegen trifft die Antares-Simulation das Original von der Klangfarbe her recht gut, was wohl auch an der geringeren Bandbreite des Quellmaterials liegt. (3.1.2) Allerdings bleiben die zarten Details erwartungsgemäß auch weiterhin verborgen.

8.4 U87 Simulation Raumklang Mono Schlagzeug (Klangbeispiele 4)



Abbildung 8-10: Die Mikrofonaufstellung für den Mono-Raum

Da für den Test jeweils nur ein Exemplar jedes Mikrofons zur Verfügung stand, muss sich dieser Vergleich mit einem Mono-Raum begnügen. Der verhältnismäßig große Abstand zur Schallquelle macht den Test für den direkten Vergleich deutlich aussagekräftiger als beispielsweise die Akustik Gitarren-Mikrofonierung. Gleichzeitig lässt sich die Richtcharakteristik und die dreidimensionale Frequenzansprache nochmals besser hören. Bei den Mikrofonsimulationen kamen alle Modelle mit der Nierencharakteristik zum Einsatz und das U87 galt als Referenz.

Das U87 bildet das Schlagzeug extrem transparent und ausgewogen ab und verleiht der Snare mit der dezenten Höhenbetonung etwas Glanz. (4.1.1) Die Tiefe des Mono-Klangs beeindruckt vor allem im direkten Vergleich mit den Mitstreitern. Mithalten kann da nur das Townsend Labs. (4.1.4) Im blinden A/B-Test mit der Townsend Simulation wird es hier schwer das Original zu identifizieren, obwohl das Townsend laut Beschreibung ein älteres Modell nachbildet. Auch mit einem Kompressor bearbeitet

verhalten sich die Signale noch so ähnlich, dass Verwechslungsgefahr besteht. (4.2.1 und 4.2.4) In Abbildung 8-11 erkennt man den auch bei 90° von der Achse sehr attraktiven Frequenzgang mit der leichten Präsenzhebung, den die Simulation nachbildet. Das Spektrum auf der Rückseite sieht zwar nicht besonders linear aus, zeigt dafür aber besonders in den Mitten eine echte Nierencharakteristik.

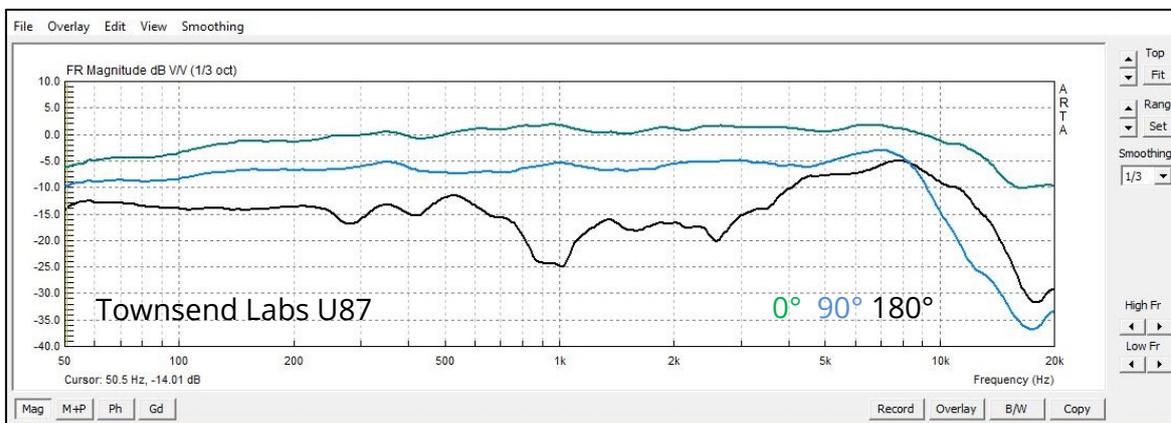


Abbildung 8-11: Frequenzgang der Townsend Labs U87-Simulation bei 0° , 90° und 180°

Das Slate Plugin bietet zwar kein U87-Modell, jedoch klingen hier generell alle Simulationen recht hell, weshalb das U67-Modell genug Höhen mitbringt, um ebenfalls an dieser Runde teilzunehmen. Damit klingt das U67-Modell von Slate zwar ganz anders als das erwartungsgemäß mittenbetonte U67-Modell von Townsend Labs, bietet aber ein solides Signal, das sich ebenfalls vorbildlich zur Nachbearbeitung anbietet. (4.2.3)

Die sehr linearen Frequenzgänge bestätigen durch die geringen Pegelunterschiede, dass es sich um eine recht breite Nierenform handelt. Mit dem sehr ausgewogenen Frequenzspektrum können vermutlich die Schwächen der eindimensionalen Simulation etwas gemindert werden.

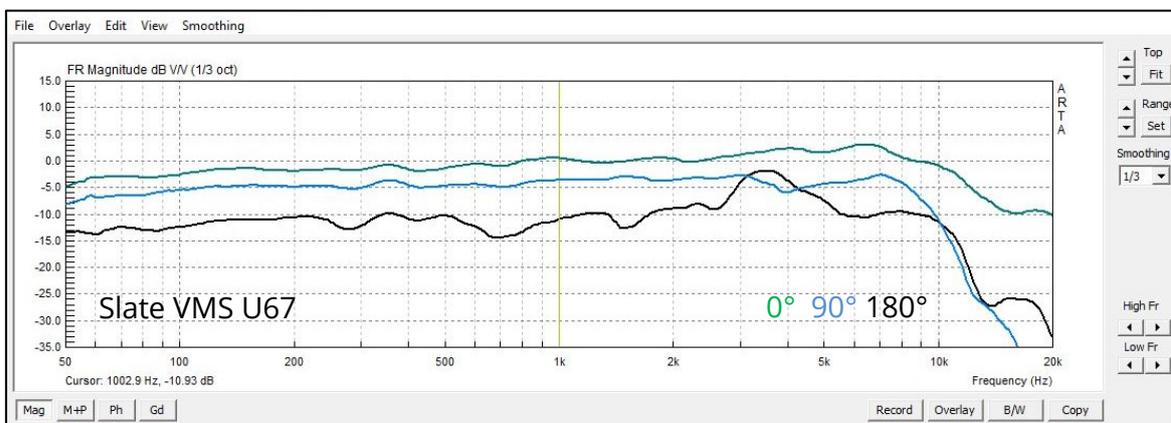


Abbildung 8-12: Frequenzgang der Slate VMS U67-Simulation bei 0° , 90° und 180°

Bei der Antares-Simulation ist bei 0° immer noch deutlich der typische Frequenzgang des sm58 zu sehen. Auch die hocheffektive Nierencharakteristik bleibt natürlich bestehen, weshalb die Kombination als Raummikrofon wenig Sinn macht. (4.1.2)

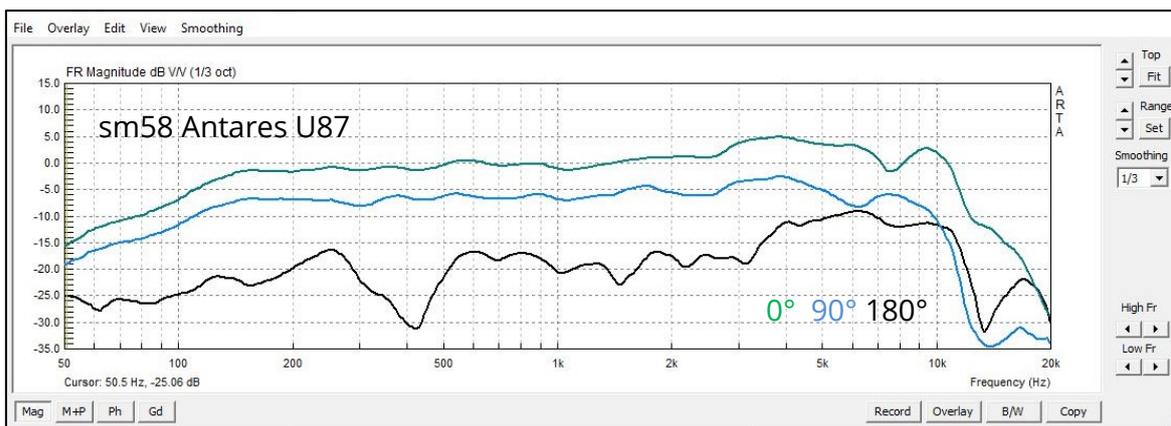


Abbildung 8-13: Frequenzgang der Antares U87-Simulation mit dem sm58 bei 0°, 90° und 180°

Ähnlich geht es dem WeissKlang-Mikrofon dessen Nierencharakteristik sich erneut als Super-Niere entpuppt. Der große Höhenanteil von der Rückseite könnte im Tonstudio von der Glasscheibe unschöne Reflexionen aufgenommen haben, wenn man sich die recht präsente Hi-Hat im Klangbeispiel anhört. Die enge Richtcharakteristik macht sich durch wenig Raumklang und einen gefühlt schon komprimierten Klang bemerkbar.

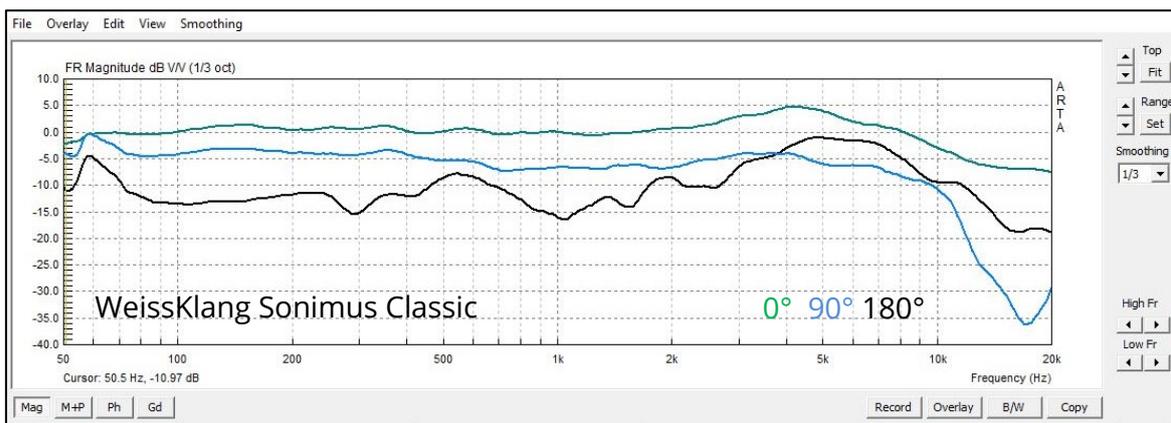


Abbildung 8-14: Frequenzgang der WeissKlang Classic-Simulation bei 0°, 90° und 180°

8.5 Sm7 Slate VMS Simulation für Gesang (Klangbeispiele 5)

Mit einem Großmembranmikrofon ein Tauchspulmikrofon nachzuahmen könnte generell funktionieren. Da das Kondensatormikrofon von der Detailtreue überlegen sein müsste, kann es in der Theorie genügen Daten sammeln, um zumindest auf der 0° Achse das trägere dynamische Mikrofon realistisch zu simulieren.

Um einen fairen Vergleich zu garantieren, wurde auf den eigenen Popschutz des Shure sm7 verzichtet und die Kapsel auf gleicher Höhe ausgerichtet. Bei diesem Vergleich darf nicht vergessen werden, dass in der Slate Simulation zusätzlich der Klang der VF-14 Röhre miteinfließt.



Abbildung 8-15: Der Shure sm7-Vergleich mit der Simulation

Im Klang des Original-sm7 fällt zuallererst das hohe Rauschen auf, das durch heißeres Pegeln noch einige dB reduziert hätte werden können. (5.1.1) Jedoch ist das Mikrofon auch bekannt für die niedrige Ausgangsleistung und wird für Gesangsaufnahmen gerne im Verbund mit einem sogenannten Cloudfilter benutzt, der das Signal vorab um 25dB anhebt.

Die Slate Simulation kann die Eigenschaften des Originals recht erfolgreich übertragen. (5.1.2) Vergleicht man die Simulation mit dem cleanen Signal des Slate Mikrofons, verändern sich vor allem die Explosiv- und s-Laute. (5.1.3) Sie betten sich plötzlich viel besser ins Signal ein und wirken bereits ein wenig komprimiert. Weiß man von der Röhrensimulation, dann kann man sie auch hören, anderenfalls hätte man die höhere Präsenz vermutlich dem Grundcharakter des Slate Mikrofons zugeschrieben. Wo genau die Eigenschaften herkommen, wird aber auch zweitrangig, wenn das Mikrofon damit einen sehr attraktiven Mix aus beiden Welten bietet, der so möglicherweise noch nicht existiert. Die sm7-Simulation hat beim Slate System damit am meisten überzeugen können.

Um den Effekt des Plugins besser sichtbar zu machen, wurde der im Freifeldraum aufgenommene Ballonimpuls durch jeweils drei in Reihe geschalteter Instanzen verschiedener Mikrofonsimulationen geschickt. Bei den gelben Wellenformen in Abbildung 8-16 handelt es sich jeweils um das mit dem Slate Mikrofon clean aufgenommene Ausgangsmaterial. Das Raster im Hintergrund stellt hier je eine Millisekunde dar.

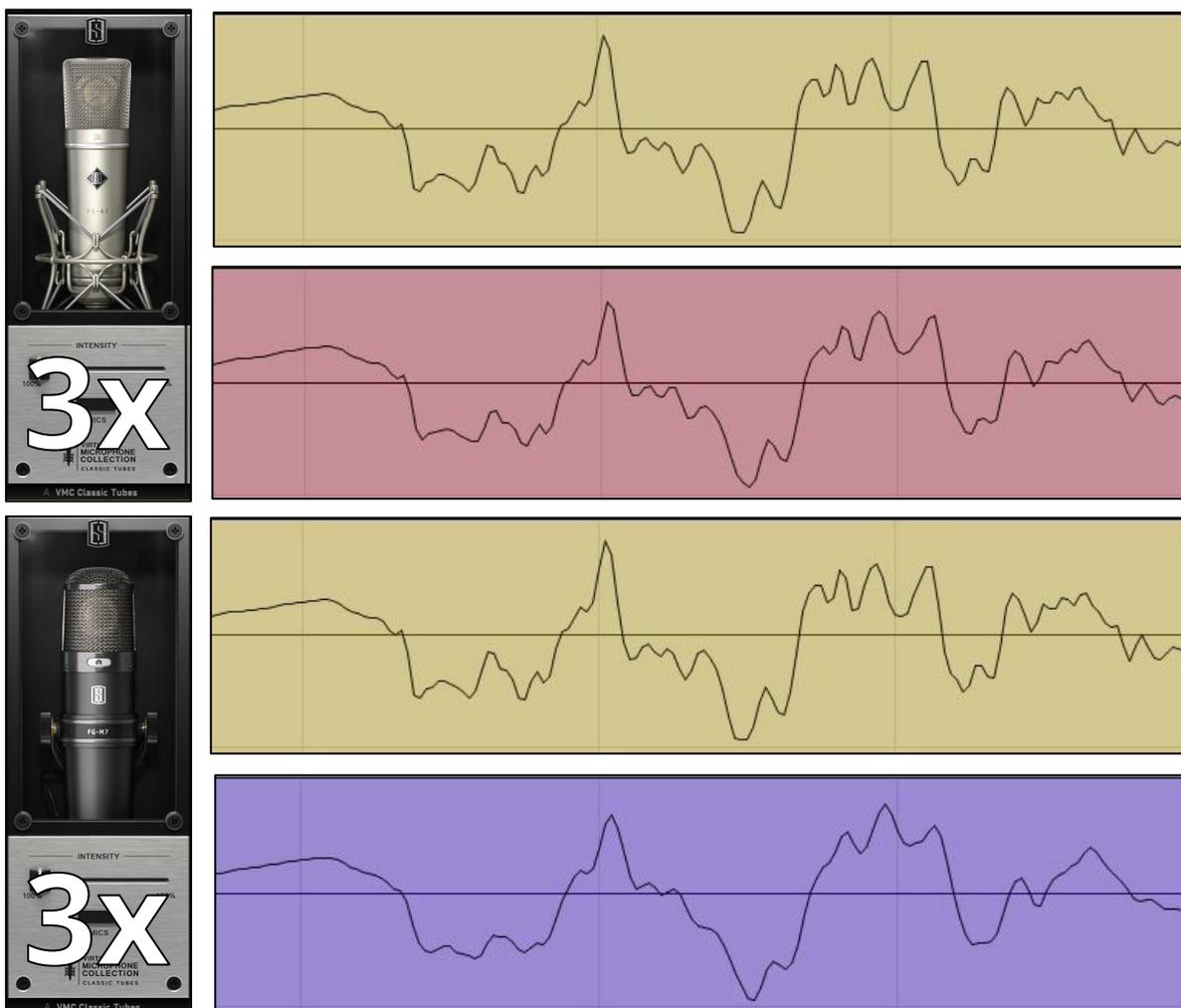


Abbildung 8-16: Impulsverhalten der Slate sm7 Simulation

Nachdem das Signal durch drei Simulationen des Neumann U67 geschickt wurde, sieht das Ergebnis wie die darunter in Rot dargestellte Wellenform aus. Mit einer hohen Impulstreue und Bandbreite, wird das Signal nur leicht verfälscht. Die meisten Details der Form sind noch erhalten und haben sich nur leicht verschliffen oder in der Dynamik geändert.

Schaut man dagegen das zweite Ergebnis in Lila an, das drei Instanzen der Shure sm7 Simulation durchlaufen hat, ist schon eine deutliche Vereinfachung der Wellenform zu erkennen. Alle Kanten werden mehr oder weniger verschliffen und erste Details fallen komplett weg. Dies alleine lässt sich jedoch auch auf den Höhenverlust des Signals zurückführen, weshalb in Abbildung 8-17 versucht wurde, den Effekt mit einem Lowpass-Filter nachzubauen. Die besten Ergebnisse konnte mit einem Filter bei einer Frequenz von ca. 10kHz mit 18dB/oct erzielt werden.

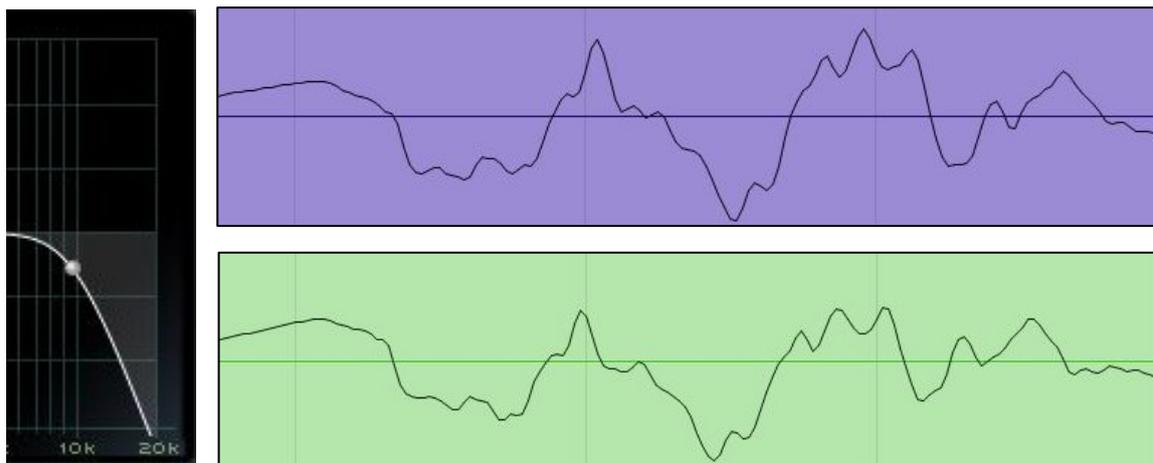


Abbildung 8-17: Das cleane Slate Signal durch einen Lowpass-Filter (grün) im Vergleich

Auch wenn die Wellenform in Grün der Simulation schon recht nah kommt, scheint das Slate Mikrofon die Form gleichmäßiger abzurunden, ohne den Grundcharakter zu verlieren. Der Höhenverlust scheint zwar ein großer Teil zu sein, für eine authentische Simulation stecken jedoch noch eine Vielzahl an dynamischen Prozessn dahinter.

8.6 Stereo Townsend Labs als Overheads (Klangbeispiele 6)

Zuletzt soll die Stereofunktion des Townsend-Mikrofons als Overheads über dem Schlagzeug getestet werden. Das rohe File ohne Plugin lädt hier dazu ein, auf einer Stereospur mit dem Sphere 180 Plugin selbst das Mikrofon zu manipulieren. (7.1.5)

Zwei Schoeps-Nieren bilden zum Vergleich ein XY-Stereobild und sind mittig zwischen Snare und Kick positioniert. (6.1.1) Die Alternative dazu bilden zwei AKG c414 in einer sehr großen AB-Stereomikrofonierung, die in diesem Fall ebenfalls auf Nierenstellung stehen, um die Ansprache der Toms etwas direkter und mit mehr Attack aufzunehmen. (6.1.2) Rein physikalisch sollte es für das Townsend Labs wenn überhaupt nur möglich sein, die XY-Aufstellung zu imitieren. Allerdings geht es hier nicht wirklich um eine exakte Nachbildung, sondern eher die Frage, ob man generell mit dem Material weiterarbeiten könnte.

8.6.1 Schmales Stereo

Um trotzdem bestmöglich in die Richtung des Schoeps XY-Paar zu kommen, wurden ebenfalls zwei Kleinmembrane ausgewählt. Die AKG 451 bringen den Klang beim ersten Höreindruck zumindest etwas in Richtung des Ziels. Die Stereoweite wurde etwas verkleinert, wodurch das Stereobild etwas fokussierter wirkt. (6.1.3)



Abbildung 8-18: Das Townsend Plugin mit der schmalen Stereo-Einstellung

Der gewollte Punch der Snare, den die Schoeps-Mikrofone einfangen, kommt jedoch mit keinen weiteren Anpassungen näher. Durch die seitliche Ansprache der Membran wird deutlich mehr Raum mitaufgenommen und die Stereospur erinnert mehr an Raummikrofone als an Overheads. Auch der Axis Regler konnte hier nicht helfen, da er das Signal vor allem dumpfer, aber nicht wirklich direkter gemacht hat.

8.6.2 Breites Stereo

Als nächstes soll ein übertrieben großes Schlagzeug vergleichbar mit der AB-Stereofonie erreicht werden. Im direkten Vergleich wurde die Simulation des AKG C12 ausgewählt, das mit den scheinenden Höhen den Attack der Toms unterstützt und das Set etwas direkter wirken lässt. Es fällt erneut positiv auf, wie sehr die unterschiedlichen Mikrofone klingen und nicht nur die Farbe des Schlagzeugs, sondern den gesamten Raumeindruck verändern. Dabei hat man nie den Eindruck, dass ein Mikrofonpaar wirklich schlecht klingt. Die Stereobreite wurde nur so weit erhöht, dass die Signale nicht völlig in sich zusammenfallen. (6.1.4)



Abbildung 8-19: Das Townsend Plugin mit der breiten Stereo-Einstellung

Die extreme Breite des AB-Sets kann damit nicht erreicht werden, ohne ein völlig verwaschenes Stereobild zu liefern. Mit etwas weniger Stereobreite ist es gut vorstellbar, dass das Signal in einem lebendigen Mix den Schlagzeugraum schön auffüllt. Hat man also keine Stereomikrofone zur Hand und braucht kein also direktes Signal, lässt sich damit arbeiten.

9 Workflow

Bei diesen scheinbar endlosen Möglichkeiten schwingt von Beginn an immer die Frage mit, ob diese vielen Entscheidungsmöglichkeiten überhaupt förderlich sind. Sei es beim Prozess der Aufnahme als Inspirationsquelle oder später im Mixing-Stadium mit der erneuten vollen Kontrolle. Der Fluch und Segen der digitalen Aufnahme, der Total-Recall, wird hier sozusagen auf die Spitze getrieben. In der Theorie könnte man natürlich wie gewohnt den Mikrofontyp direkt mit aufnehmen, doch ob man das wirklich tut, wenn man sich alle Möglichkeiten offenhalten kann, ist fraglich.

Auf der anderen Seite ist die Vorstellung, in der Nachbearbeitung weniger Equalizer einsetzen zu müssen, da bereits das optimale Mikrofon ausgesucht wurde, sehr verführerisch. Zieht man erneut die Gitarrenaufnahme als Vergleich heran, kann man damit argumentieren, dass sich dort schon vor der Zeit der Simulationen das Reamping etabliert hat, mit dem gleichen Drang nach mehr Kontrolle über das Quellsignal.

Geht man einmal davon aus, dass einem eine große Mikrofonsammlung zur Verfügung steht, dann hat man im Aufnahmeprozess trotzdem nicht immer die Zeit sämtliche Mikrofon-Variationen auszuprobieren.

So warnt Stephen Lipson zum Beispiel, dass der erste Gesangstake oft der beste Take sein kann, weshalb die Gesangkette auf jeden Fall funktionieren muss. Man muss deshalb sehr schnell handeln können, sobald der Sänger ans Mikrofon tritt. Gleichzeitig ist es für den Wohlfühlfaktor des Sängers in der Performance ebenso essentiell, dass das Mikrofon gut mit seiner Stimme harmoniert.¹⁶³

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Faktor ist die Aufwärmphase einer Röhre, die bei der Simulation entfällt. Hier wird empfohlen mindestens 20 Minuten zu warten bis das Mikrofon, bzw. jegliches Röhrengerät, einen konstanten Klang erzeugt. Sonst können unter anderem in einem Comping-Prozess Anschlussprobleme entstehen.¹⁶⁴

10 Psychischer Faktor

Als das Originale U47 ausgepackt wurde war klar, dass alle anderen Mikrofone ab diesem Zeitpunkt irgendwie langweilig aussehen. Der Ruf und das Alter, aber auch der Wert und besonders das Vintage-Aussehen strahlen eine nicht zu vernachlässigende Aura aus. Wenn diese Aura im Sänger etwas Positives auslöst, wird das Esoterische wieder hörbar.

Stephen Lipson erinnert sich daran, dass Ringo Starr ein nicht gerade optimal klingendes Mikrofon vorgelegt bekam, weil es einen besonderen Retro-Look hatte und man gehofft habe es würde ihn zum besseren Gesang inspirieren.¹⁶⁵ Christian Preissig spricht in seinem Buch von dem vertrauenswürdigen Eindruck, den ein Mikrofon auf den Künstler machen kann. Ein seit Jahren bekanntes Neumann kann diesem unterbewusst Sicherheit geben, die man am Ende wieder hören kann.¹⁶⁶

Genau an diesem Punkt liegt vermutlich die größte Schwachstelle aller vorgestellten Systeme, denn bei der Optik und der Wertigkeit ist bei allen Herstellern noch Luft nach oben.

¹⁶³ Vgl. (Senior, 2016), S.144

¹⁶⁴ Ebd., S.145

¹⁶⁵ Ebd., S.191

¹⁶⁶ Vgl. (Preissig, 2006), S.23

11 Aussichten

Noch mit Lieferschwierigkeiten habe die Firmen Slate digital und Antelope mittlerweile auch jeweils ein Kleinmembran-Mikrofon mit Nierencharakteristik im Programm, das über die eigenen Preamps im eigenen Interface und der eigenen Software von Tauchspul- bis Großmembrankondensatormikrofone simulieren soll. Attraktiv sind jeweils die Preise der Kleinmembranmikrofone, die etwa 150€ kosten. Das Gesamtpaket mit einem Interface der Oberklasse und fünf bzw. sechs Mikrofonen liegt je nach Hersteller bei um die 3000€. Ob sich diese geschlossenen Systeme ebenso gut verkaufen, wird sich noch zeigen. Die Zielgruppe scheint jedoch auf den ersten Blick ein gutes Stück kleiner zu sein, als für die mit jedem Audio-Interface kompatiblen Systeme.¹⁶⁷

12 Fazit

Zugegebenermaßen hatte es das Antares-Plugin in dieser Testreihe nicht ganz leicht. Mit Absicht an die Grenzen des Machbaren getrieben, war es von Beginn an zum Scheitern verurteilt. Dabei könnte das Plugin durchaus nützlich sein, wenn man die Ziel-Mikrofone etwas abstrakter als Klangfarben betrachtet, die man mit den assoziierten Mikrofonen schnell zuordnen kann. Die 100 Mikrofonmodelle können hier allerdings schnell überfordernd wirken und diese intuitive Bedienung wieder zu Nichte machen, weshalb das Konzept nicht ganz schlüssig erscheint.

Das mit dem Sonimus-Plugin gekoppelte WeissKlang Mikrofon konnte beim Gesang mit einem vollen Klang punkten, hatte allerdings mit seiner engen Charakteristik Schwierigkeiten den Raum schön abzubilden. Das Plugin hat leider etwas enttäuscht, da in der Regel immer die Modern-Stellung bevorzugt wurde. Wenn die anderen Stilrichtungen beim dritten Versuch wieder nicht besser oder zumindest anders gut klingen, verliert man schnell die Lust an den Variationen.

Das Slate VMS schien während der Recherche ein guter Mittelweg zu sein. Ohne Überforderung durch die Mikrofone klicken, sich entscheiden, inspirieren lassen und kreativ sein. Nimmt man im Home-Studio vor allem nahen Gesang auf, geht das Konzept vermutlich genau auf, da die Modelle auch für diesen Abstand simuliert wurden. Arbeitet man hingegen in einem gut klingenden Raum wie im Tonstudio der HdM,

¹⁶⁷ Vgl. (https://www.thomann.de/de/antelope_discrete_8_edge_verge_bundle.htm?ref=search_prv_4); (https://www.thomann.de/de/slate_digital_vrs8_ml_1_ml_2_5_pack_set.htm?ref=search_rslt_slate+vrs_423510_22), Aufgerufen am 15.02.2018

dann wirken die Unterschiede zwischen den Simulationen im Raum etwas zu klein und nicht immer vorteilhaft. Es bleibt der Eindruck zurück, immer auch das Slate-Mikrofon zu hören.

Das Slate VMS steht aber alleine schon deshalb schlechter da, weil das Townsend Labs mit seiner Raumabbildung nachhaltig Eindruck hinterlassen hat. Auch die zuerst innerlich als Spielereien abgetanen Funktionen wie der Proximity-Regler, bieten eine gezielte Kontrolle, von der man noch gar nicht wusste, dass man sie vermisst hat. Einmal ausprobiert besteht hier Suchtgefahr.

Handelt es sich dabei also um das eine Mikrofon, das alle anderen ersetzen kann?

Nicht ganz, aber es ist fast schon beängstigend nah dran. Allein schon die enorme Größe schließt es jedoch für einige Einsätze bereits aus. Bleibt abzuwarten, ob Antelope mit ihrem Doppelmembran-System eine ähnlich gute räumliche Darstellung gelingt. Der Wettbewerb scheint gerade erst richtig anzulaufen und es bleibt in jedem Fall spannend. Die Simulation der dritten Dimension steht ebenfalls noch zur Verfügung und könnte die Authentizität der Modelle noch weiter erhöhen.

13 Literaturverzeichnis

Adamy, Jürgen. 2014. *Nichtlineare Systeme und Regelungen.* s.l. : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

Bore, Gerhart/Peus, Stephan. 2002. *Mikrophone - Arbeitsweise und Ausführungsbeispiele.* s.l. : Georg Neumann GmbH, Berlin, 2002.

Dickreiter, Michael. 2014. *Handbuch der Tonstudioteknik, 8., überarbeitete und erweiterte Auflage.* München : Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Bosten, 2014.

Frey, Fritz. 2014. Das letzte große Abenteuer. *Studio Magazin.* 2014, 05.

Friesecke, Andreas. 2014. *Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagwerk für Tontechniker.* München : Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Bosten, 2014.

Görne, Thomas. 2007. *Mikrofone in Theorie und Praxis; 8. neue, überarbeitete und erweiterte Auflage.* s.l. : Elektor-Verlag GmbH, Aachen, 2007.

Görne, Thomas. 2015 *Tontechnik. 4; aktualisierte Auflage.* Hamburg : Carl Hanser Verlag München, 2015.

Kuttruf, Heinrich. 2004. *Akustik: Eine Einführung.* Stuttgart : Hirzel Verlag, Leipzig, 2004.

Lambert, Mel. 2010. Plug-in Modelling - Emulating Hardware In Software. *Sound on Sound.* 2010, 08/10.

Nelles, Oliver. 2001. *Nonlinear System Identification.* s.l. : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.

Preissig, Christian. 2006. *Perfect Vocals - Gesang aufnehmen und bearbeiten.* s.l. : PPVMedien GmbH, Bergkirchen, 2006.

Roessler, Anselm. 2003. *NEUMANN - The Microphone Company.* s.l. : PPVMedien GmbH, Bergkirchen, 2003.

Senior, Mike. 2016. *Recording Secrets - Perfekte Aufnahmen aus dem Homestudio.* s.l. : mitp Verlags GmbH & Co.KG, 2016.

Weber, Dr. Heinrich. 2013. *ARTA-HANDBUCH für die Programme der ARTA-Familie.* s.l. : Weber/Mateljan, 2013.

Webers, Johannes. 2007. *Handbuch der Tonstudioteknik für Film, Funk und Fernsehen, 9. Auflage.* s.l. : Franzis Verlag GmbH, Poing, 2007.

Zölner, Udo. 2005. *Digitale Audiosignalverarbeitung, 3. Auflage.* Mannheim : B. G. Teubner Wiesbaden, 2005.

14 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: System einer Aufnahmekette (Autor)	10
Abbildung 2-2: LTI-System mit der Impulsantwort $h(t)$: (Görne, 2015), S.137	11
Abbildung 3-1: Elektromechanische Wandler als Schallempfänger im Studio: (Görne, 2015), S.254ff; (Dickreiter, 2014), S.136ff	12
Abbildung 3-2: Sennheiser Elektretmikrofon: (http://www.neumann.com/homestudio/de/worin-unterscheiden-sich-elektret-kondensatormikros-von-true-condenser-mikrofonen)	12
Abbildung 3-3: Elektrodynamischer Wandler in einem Tachspulmikrofon: (Dickreiter, 2014), S.137 und einem Bändchenmikrofon (Görne, 2015), S.256	14
Abbildung 3-4: Bei AEA, die heute das RCA 44 bauen, wird ein Bändchen eingesetzt: (https://www.youtube.com/watch?time_continue=246&v=SHkOkqNjy0)	15
Abbildung 3-5: Aktives Bändchenmikrofon Rode NTR: (http://de.ode.com/microphones/ntr)	16
Abbildung 3-6: Bei Beyerdynamik wird ein Bändchen in eine Kapsel mit untypischer Nierencharakteristik eingesetzt: (http://www.visuals-switzerland.net/de/zubehor-kleinmischer/38961-beyerdynamic-rm-510-wechselkopf-zu-s-910-handsender-bandchen-kapsel-niere-silbern.html).....	17
Abbildung 3-7: Von links nach rechts: Das Coles 4038, das RCA 44 und das Royer R-121(emuliert von den oben abgebildeten Herstellern): (https://www.thomann.de/de/coles_4038_studio_ribbon.htm) (emuliert von den oben abgebildeten Herstellern); (https://audiohertz.com/wp-content/uploads/2017/05/1940s_RCA_44B_1087_002.jpg); (http://royerlabs.com/r-121/).....	17
Abbildung 3-8: Eine Tauchspulkapsel mit durchsichtiger Kunststoffmembran: (http://www.neumann.com/homestudio/de/was-ist-ein-dynamisches-mikrofon).....	18
Abbildung 3-9: Schnittzeichnung des Sennheiser MD-421: (https://www.gearslutz.com/board/so-much-gear-so-little-time/100919-sennheisser-md-441-repair.html).....	19
Abbildung 3-10: Dauerhaft beliebte dynamische Mikrofone für Gesangsaufnahmen (von links nach rechts): Shure SM57 und SM58, Electrovoive RE20 und Shure SM7: (https://www.shure.de/produkte/mikrofone/sm57/); (https://www.shure.de/produkte/mikrofone/sm58/); (http://oceaniaaudio.bigcartel.com/product/electro-voice-re-20-dynamic-microphone); (https://www.soundandrecording.de/?s=sm7)	20
Abbildung 3-11: Schema des elektrostatischen Wandlers in Niederfrequenzschaltung: (Görne, 2015), S.259	21

Abbildung 3-12: Kugelwelle und ebene Welle: (Dickreiter, 2014) S.13	26
Abbildung 3-13: Transformatorlose Kondensatormikrophone in Niederfrequenzschaltung, TLM 170R und TLM 103 von Neumann: (https://www.neumann.com/?lang=de&id=current_microphones&cid=tlm103_description); (https://www.neumann.com/index.php?lang=de&id=current_microphones&cid=tlm170_applications)	27
Abbildung 3-14: Links die RE086 für das CMV 3, dann die VF14 des U47 und die EF-86 und AC701, ganz rechts der Nuvisitor: (Roessler, 2003), S.211	28
Abbildung 3-15: Der Frequenzgang des Neumann U47 als Kugel (Schwarz) und als Niere (Rot): (Autor).....	29
Abbildung 3-16: Ausgangsspannung von Tauchspul (oben) und Kondensatormikrofon (unten) bei Anregung durch einen Funkenüberschlag: (Bore, 2002), S.66	30
Abbildung 3-17: Vergleich von zwei Luftballon-Impulsen mit dem gleichen Mikrofon (Slate VMS): (Autor).....	31
Abbildung 4-1. Das anpassungsfähige Antares MIC MOD EFX Plugin: (Autor).....	32
Abbildung 4-2: Der Tauchspul-Klassiker Shure sm58: (Autor)	33
Abbildung 4-3: Das Slate Virtual Microphone System mit Spinne, Vorverstärker und Netzteil: (Autor)	34
Abbildung 4-4: Das Slate Virtual Mix Rack mit den Classic Tube Modellen: (Autor)	35
Abbildung 4-5: Richtcharakteristik des Slate VMS bei 1kHz: (Autor).....	36
Abbildung 4-6: Die zwei mit dem VMS gelieferten Preamp-Simulationen: (Autor)..	36
Abbildung 4-7: Das Townsend Labs Sphere L22 mit Spinne und Dual-Breakout- Kabel: (Autor).....	37
Abbildung 4-8: Das Townsend Labs Sphere Plugin im DUAL Modus: (Autor)	39
Abbildung 4-9: Die Townsend Labs U47 (Rot) und Original U47 (Blau) bei 1kHz: (Autor).....	40
Abbildung 4-10: Das WeissKlang V13 mit Spinne: (Autor)	42
Abbildung 4-11: Das WeissKlang V13 bei 1kHz: (Autor)	43
Abbildung 4-12: Das Sonimus KlangFormer Plugin zum WeissKlang V13 Mikrofon: (Autor).....	43
Abbildung 4-13: Der Antelope Edge Mikrofon inklusive Mikrofonverstärker: (https://en.antelopeaudio.com/products/edge-strip/).....	44
Abbildung 4-14: Das Antelope Edge Plugin: (https://www.youtube.com/watch?v=ZE-aiemDI58).....	45
Abbildung 5-1: Das Neumann U47: (Autor)	46
Abbildung 5-2: Neumann U67: (https://www.echoschall.de/mikrofone/grossmembran-kondensatormikrofone/detail/neumann-u67.html).....	47
Abbildung 5-3: Neumann U87Ai: (https://www.thomann.de/de/neumann_u87_studio_set_ni.htm?gl).....	

p=1&gclid=EAlalQobChMlvPHhhOHO2QIVo7vtCh2xIQ8REAQYASABEGk6EfD_BwE)	48
Abbildung 6-1: Fabrice Gabriel - Übereinstimmung der Obertöne zwei verschiedener Konsolen: (https://www.youtube.com/watch?v=6pe5cL_wK4M)	50
Abbildung 6-2: Ausschnitt des Schaltplans eines LA-2A Kompressors: (https://www.uaudio.de/uad-plugins/compressors-limiters/teletronix-la-2a-collection.html).....	51
Abbildung 6-3: Bei UAD werden einzelne Komponenten eines LA-2A Kompressors gemessen: (https://www.soundonsound.com/techniques/plugin-modelling)	52
Abbildung 6-4: Das UAD Distressor Plugin wird in der Endphase gegen mehrere Hardwareeinheiten getestet, (https://www.uaudio.de/uad-plugins/compressors-limiters/teletronix-la-2a-collection.html)	53
Abbildung 6-5: Ken Bogdanowicz arbeitet in seinem Labor an einer Emulation des Lexicon Prime Time Delays, (https://www.youtube.com/watch?v=7fZHI2apH6M)	54
Abbildung 6-6: Townsend testet einen Gitarren Amp für das Eleven Rack: (https://www.soundonsound.com/techniques/plugin-modelling)	55
Abbildung 6-8: Polardiagramme des rohen Slate Mikrofon (links) und der U47-Simulation (Rechts): (Autor).....	58
Abbildung 6-9: Chris Townsend misst Abstandsinformationen, die er mit der Hardware einfangen möchte: (https://www.youtube.com/watch?v=OehTQ2aoy3Y) Aufgerufen am 05.01.2018.....	58
Abbildung 6-10: 400Hz Sinus durch das antares Plugin mit U87 Simulation: (Autor)	59
Abbildung 6-11: 400Hz Sinus durch das antares Plugin mit U47 Simulation: (Autor).....	59
Abbildung 6-12: 400 Hz Sinus durch das Slate Plugin mit U47 Simulation: (Autor).....	60
Abbildung 6-13: 400 Hz Sinus auf beiden Kanälen mit unterschiedlichem Pegel durch das Townsend Plugin mit U47 Simulation: (Autor).....	60
Abbildung 6-14: 400 Hz Sinus auf beiden Kanälen mit unterschiedlichem Pegel durch das Townsend Plugin mit sm57 Simulation: (Autor).....	61
Abbildung 6-15: 400Hz Sinus durch das Sonimus Plugin im Tube Modus: (Autor) .	61
Abbildung 7-1: Der Freifeldraum im Fraunhofer-Institut Stuttgart: (Autor)	62
Abbildung 7-2: Die Testsignale wurden zunächst in Pro Tools aufgezeichnet: (Autor).....	63
Abbildung 7-3: RME Babyface Klirrfaktor und Grundrauschen: (Autor).....	64
Abbildung 7-4: RME Babyface Frequenzgang: (Autor).....	65
Abbildung 7-5: Yamaha MSP 3 mit Rosa Rauschen angeregt: (Autor).....	66
Abbildung 7-6: 400Hz Sinus durch das DBX RTA-M und das Townsend Labs Mikrofon: (Autor)	67

Abbildung 7-7: Die Kompensations-Kurve für das DBX RTA-M2 Messmikrofon: (Autor).....	67
Abbildung 7-8 Polardiagramm des DBX RTA-M: (Autor).....	68
Abbildung 7-9: Der Drehteller mit dem U47 in der 0° Stellung: (Autor).....	68
Abbildung 7-10: ARTA Polardiagramm Importfenster: (Autor).....	69
Abbildung 8-1: Von oben links im Kreis: Neumann U47, Slate VMS, Neumann U87, Townsend Labs Sphere L22, Shure sm58 und WeissKlang V13: (Autor).....	71
Abbildung 8-2: Die Slate-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot): (Autor)	72
Abbildung 8-3: Die Townsend Labs-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot): (Autor).....	72
Abbildung 8-4: Die sm58-Antares-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot): (Autor)	73
Abbildung 8-5: Die Slate-Simulation des U47 (Schwarz) im Vergleich zum Original (Rot): (Autor)	73
Abbildung 8-6: Ein automatisch generierter Filter um das U87 an den Frequenzgang des U47 anzupassen: (Autor).....	74
Abbildung 8-7: Polardiagramm Vergleich zwischen Original und Townsend Labs U47 als Niere: (Autor).....	75
Abbildung 8-8: Polardiagramm Vergleich zwischen Original und Townsend Labs U47 als Kugel: (Autor).....	76
Abbildung 8-9: Frequenzansprache von Original 47 (Schwarz) und Townsend Labs Simulation (Rot) als Kugel auf der 0° Achse: (Autor)	77
Abbildung 8-10: Die Mikrofonaufstellung für den Mono-Raum: (Autor).....	78
Abbildung 8-11: Frequenzgang der Townsend Labs U87-Simulation bei 0°, 90° und 180°: (Autor)	79
Abbildung 8-12: Frequenzgang der Slate VMS U67-Simulation bei 0°, 90° und 180°: (Autor)	79
Abbildung 8-13: Frequenzgang der Antares U87-Simulation mit dem sm58 bei 0°, 90° und 180°: (Autor)	80
Abbildung 8-14: Frequenzgang der WeissKlang Classic-Simulation bei 0°, 90° und 180°: (Autor)	80
Abbildung 8-15: Der Shure sm7-Vergleich mit der Simulation: (Autor).....	81
Abbildung 8-16: Impulsverhalten der Slate sm7 Simulation: (Autor).....	82
Abbildung 8-17: Das cleane Slate Signal durch einen Lowpass-Filter: (Autor)	83
Abbildung 8-18: Das Townsend Plugin mit der schmalen Stereo-Einstellung (Autor).....	834
Abbildung 8-19: Das Townsend Plugin mit der breiten Stereo-Einstellung (Autor)	835

15 Danksagung

Abschließend möchte ich mich herzlich bei allen Unterstützern bedanken, darunter besonders bei:

Benjamin für die hilfsbereite Betreuung am Fraunhofer-Institut und die damit verbundene Organisation

Jannik für die musikalische Unterstützung am Schlagzeug

Prof. Oliver Curdt für die Betreuung der Arbeit

Heiko Schulz für die Beratung und das Bereitstellen vom technischem Equipment

Carsten Lohmann von Echoschall für die Leihgabe des Neumann U47

Julian David von Townsend Labs für die Leihgabe und Organisation des Sphere L22

Denise Saile von WeissKlang für die Leihgabe und Organisation des V13

Emil Mitov von Antelope für die Bemühungen eine Leihgabe rechtzeitig zu organisieren

sowie meinen Eltern, meinem Mitbewohner und meinen Freunden, die mich treu durch das Studium begleitet haben und mir immer wieder neue Kraft gaben.