HOCHSCHULE DER MEDIEN

Hochschule der Medien - Studiengang Audiovisuelle Medien

Entwicklung eines Flashprogramms für den Vergleich verschiedener Mikrofone

Bachelorarbeit

Erstellt von:	Manuel Brüller
Matrikelnummer:	21460
Datum der Abgabe:	28.02.2013
Erstprüfer:	Prof. Oliver Curdt
Zweitprüfer:	Prof. Dipl.-Ing. Uwe Schulz

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder anderen Quellen entnommen sind, sind als solche eindeutig kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht veröffentlicht und noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

Stuttgart, den 27.02.2013 _____

(Manuel Brüller)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 8
   1.1 Problemstellung 8
   1.2 Zielsetzung der Arbeit 9
   1.3 Vorgehensweise 10
2. Grundlagen 11
   2.1 Grundlagen des Hörens 11
   2.2 Mikrofone 14
      2.2.1 Elektrodynamischer Wandler 14
      2.2.2 Elektrostatischer Wandler 16
      2.2.3 Richtcharakteristik 17
         2.2.3.1 Druckempfänger 18
         2.2.3.2 Druckgradientenempfänger 19
   2.3 Einfluss der Studioperipherie auf den Klang 21
   2.4 Adobe Flash 23
      2.4.1 Grundlagen Flash 24
      2.4.2 Grundlagen Actionscript3 25
3. Konzeption und Planung 27
   3.1 Ausgangssituation 27
   3.2 Anforderungen 28
   3.3 Die Band 29
   3.4 Auswahl der Mikrofone 30
4. Aufnahmen und Postproduktion 32
   4.1 Aufnahmesituation 32
   4.2 Mikrofonierung 34
      4.2.1 Gesang 34
      4.2.2 E-Gitarre 37
      4.2.3 Bass 41
      4.2.4 Schlagzeug 42
         4.2.4.1 Overheads 43
         4.2.4.2 Bassdrum 44
         4.2.4.3 Snare 46
   4.3 Postproduktion 47
      4.3.1 Angleichen der Lautstärke 47
      4.3.3 Mischung 51
5. Das Programm 52
   5.1 Grundidee für das Programm 52
   5.2 Benutzeroberfläche 54
   5.3 Sound in Flash 57
   5.4 Funktionsweise des Programms 59
   5.5 Wichtige Funktionen 60
      5.5.1 Playfeld 60
      5.5.2 Funktionen des Sliders 62
      5.5.3 Lautstärkeregler 64
      5.5.4 Solo und Mute 65
      5.5.5 Mikrofonauswahl 66
6. Kritische Betrachtung des Programms 68
   6.1 Aufnahmen 68
      6.1.1. Performance der Künstler 68

6.1.2. Übersprechen 69
6.1.3. Mix. 70
6.1.4. Wiedergabe beim User 70
6.2 Programm 71
6.2.1 Synchronität 71
6.2.2 Dateiformat. 72
6.2.3 Performance des Programms 72
7. Persönliches Fazit 73

Quellenverzeichnis 75
Programm und Daten (Anlage). 77

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kurven gleicher Lautstärke 12
Abb. 2: Aufteilung elektromechanischer Wandler 14
Abb. 3: Prinzip des elektrodynamischen Wandlers am Beispiel eines Tauchspulen-
mikrofons 15
Abb. 4: Prinzip des elektrodynamischen Wandlers 16
Abb. 5: Polardiagramm einer Nierencharakteristik 17
Abb. 6: Funktionsweise eines Druckempfängers 18
Abb. 7: Funktionsweise eines Druckgradientenempfängers 20
Abb. 8: Elektroakustische Übertragungskette 21
Abb. 9: Positionierung der dynamischen Gesangsmikrofone 35
Abb. 10: Positionierung der Kondensatormikrofone 36
Abb. 11: Einfluss der Mikrofonpositionen auf den Klang der E-Gitarre 38
Abb. 12: Erste Mikrofonposition 38
Abb. 13: Zweite Mikrofonposition 39
Abb. 14: Dritte Mikrofonposition 39
Abb. 15: Vierte Mikrofonposition 40
Abb. 16: Schablone zur Einhaltung der genauen Mikrofonposition 41
Abb. 17: Mikrofonierung des Schlagzeugs 43
Abb. 18: Mikrofonierung der Bassdrum 45
Abb. 19: Mikrofonierung der Snare 47
Abb. 20: Interface des Programms „microphone showroom“ 54
Abb. 21: Instrumentenfeld 55

Kurzfassung

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit der Entwicklung und Umsetzung eines Flashprogrammes, das es ermöglicht, Aufnahmen unterschiedlicher Mikrofonen miteinander zu vergleichen. Das Programm unterscheidet zwischen verschiedenen Instrumenten, welche über die Wiedergabemodi *stumm* oder *solo* wiedergegeben werden können. Zudem werden Informationen über die verschiedenen Mikrofone bereitgestellt. Das Programm ermöglicht dem Benutzer, verschiedene Mikrofone bei laufender Musik zu vergleichen. Dies bietet eine Vielzahl an Vergleichsmöglichkeiten. Die Mikrofone können bei einem einzelnen Instrument, im Kontext zur Band, oder in einem Mix verglichen werden. Alle Funktionen des Programms sind in Echtzeit möglich. Das Programm ähnelt einem Audiosequencer, ist jedoch einfacher zu bedienen.
Gegenstand der Arbeit ist einerseits schwerpunktmäßig die Audiotechnik, inklusive der für das Programm benötigten Tonaufnahmen. Andererseits beinhaltet die Arbeit die Programmierung des Programmes. In der Arbeit werden sowohl die Umsetzung des praktischen Teils, als auch die theoretische Betrachtung des Hörvergleichs näher beleuchtet. Am Ende wird eine kritische Betrachtung durchgeführt, inwieweit es überhaupt möglich ist, einen fairen und aussagekräftigen Vergleich der Mikrofone mit der gewählten Methodik zu erreichen.

Abstract

This Bachelor Thesis deals with the developing and the manufactoring of an Flash-application of which the user will be able to compare different microphones. In this programm the user will be able to choose from different instruments and to apply mute and solo. While switching between the microphones the programm shows information about the current microphone. The special thing of the programm will be that the user can do the actions while the music is playing. Therefore the user is complete free in his actions to compare the microphones, he can only compare the microphones of one instrument, he can hear them with the band and he can hear how the microphone fits in a mix. All the things will be possible in realtime. Because of this, the programm has similarity to an audiosequencer, although it will be easier to handle.
On the one hand this Thesis will be dealing with the necessary recordings and all the things which deal with audio engineering, on the other hand the thesis will deal with

the programming itself. The main part of the thesis will be the audio part. The Content of both themes will be the practical work and the problems which come along with the recordings and the programming. In the end there will be a critical consideration of the programm and actually if it‘s possible to get a significant comparison of the microphones with this programm.

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Es gibt bisher keinen komfortablen Weg, verschiedene Mikrofone auf einfache Weise miteinander zu vergleichen. Vor allem für Musiker, die bei Auftritten bestimmte Mikrofone verwenden wollen, ist es schwierig, schon vor dem Kauf eine Auswahl zu treffen. Insbesondere Sänger suchen oft nach einem Mikrofon, das zu ihrer Stimme passt. Meist fehlt ihnen jedoch das nötige Equipment, um mehrere Mikrofone aufzunehmen und zu vergleichen. Doch auch für Toningenieure ist es sehr umständlich, verschiedene Mikrofone zu vergleichen. Eine auwändige Methode ist es, die Mikrofone zu bestellen, auszuwählen und sie wieder zurückzuschicken. Dies funktioniert jedoch nur, wenn man bei großen Onlineshops bestellt, wie zum Beispiel dem Musikhaus „Thomann“. Nur hier kann die Ware unproblematisch zurückgesendet werden. Eine Möglichkeit, bequem zu Hause Mikrofone zu vergleichen, gibt es bisher also nicht.

Von manchen Onlineshops wird angeboten, dass man auf ihrer Homepage verschiedene Soundbeispiele anhören kann, die mit einem bestimmten Mikrofon aufgenommen wurden. Die Möglichkeiten, einen guten Vergleich durchzuführen, sind jedoch sehr begrenzt. Der kaufinteressierte Hörer kann nicht einfach und schnell zwischen verschiedenen Mikrofonen wechseln. Meist muss auf eine andere Seite der Homepage gewechselt werden, um zu dem gewünschten Vergleichsmikrofon zu kommen. Durch die Zeit, die zwischen dem Wechseln vergeht, ist es vor allem für ungeübte Hörer unmöglich, einen fairen Vergleich zu erzielen. Denn die oft recht geringen klanglichen Unterschiede zwischen verschiedenen Mikrofonen sind dann nicht mehr zu differenzieren. Hinzu kommt, dass man meist nicht an derselben Stelle im Soundbeispiel einsetzen kann. Häufig sind die Soundbeispiele verschiedener Mikrofone auch unterschiedlich oder sie wurden unter anderen Bedingungen aufgenommen. Ob die beiden Mikrofone an derselben oder zumindest einer ähnlichen Position standen, kann auch nicht zweifelsfrei geklärt werden.
Durch diese Faktoren ist es unmöglich, einen gerechten und sinnvollen Vergleich zwischen Mikrofonen anzustellen.

Die bisher einzige Möglichkeit für einen fairen Vergleich ist, selbst Takes mit unterschiedlichen Mikrofonen aufzunehmen und mit den Möglichkeiten einer DAW [1] zu vergleichen.

1 Digital Audio Workstation, ein Programm zur professionellen Bearbeitung aufgenommener Audiodaten

Dieses Verfahren nimmt jedoch sehr viel Zeit und Arbeit in Anspruch. Deshalb kaufen viele Toningenieure und Musikschaffende ihre Mikrofone aufgrund ihrer persönlichen Erfahrung. Haben sie schon einmal mit einem Mikrofon gearbeitet, das gute Dienste geleistet hat, werden sie das bereits bekannte Mikrofon bei Bedarf mit hoher Wahrscheinlichkeit wieder kaufen. Dass es viele andere Mikrofone gibt, die für den gleichen Zweck ähnlich gut oder gar besser geeignet sind, wird dann übersehen.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Programm zu entwickeln, das einen objektiven Vergleich verschiedener Mikrofone ermöglicht. Hierfür soll es alle Funktionen beinhalten, die für einen Vergleich notwendig sind. Es soll in Echtzeit zwischen verschiedenen Mikrofonen gewechselt werden können. Das Wechseln muss dabei ohne Pause oder Knacksen möglich sein. Wichtig ist zudem, dass das Programm einfach zu bedienen ist, damit nicht nur Toningenieure mit ihm arbeiten können. Die für das Programm benötigten Aufnahmen müssen qualitativ hochwertig sein. Der Klang der Mikrofone darf nicht durch den Eigenklang anderer Geräte, wie zum Beispiel dem eines Mikrofonvorverstärkers, verdeckt werden.

Um maximale Auswahlmöglichkeiten für einen guten Vergleich zu gewährleisten, sollen verschiedene Instrumente zusammen abgespielt werden können. Dadurch kann der Benutzer des Programms auch hören, wie sich die Takes von unterschiedlichen Mikrofonen in einen Mix einfügen. Dies ist vor allem wichtig für User, die im Livebereich arbeiten, da es hier gegenüber Tonstudioaufnahmen meist nur geringe Bearbeitungsmöglichkeiten des Klangs gibt. Das „Playback“ muss also ein zusammenhängendes Soundbeispiel sein, ein Stück mit mehreren Instrumenten. Zudem muss es Optionen zur Klangbearbeitung geben, damit Toningenieure die Mikrofone im Kontext der Bearbeitungsmöglichkeiten eines Tonstudios vergleichen können. Des Weiteren sollen für die im Programm vorkommenden Mikrofone Basisinformationen und Abbildungen angeboten werden, damit sich der Nutzer direkt im Programm genauer über die Mikrofone informieren kann.

1.3 Vorgehensweise

In dieser Bachelorarbeit werden zunächst die nötigen Grundlagen erläutert. Hierzu zählen die Grundlagen des Hörens, ein Exkurs in die Mikrofontechnik und der Einfluss der Studioperipherie auf die Aufnahmen.

Weiterhin wird die Konzeption und Planung des Programms näher ausgeführt. Hierfür wird zunächst die Ausgangssituation geschildert, um dann die Anforderungen zu erklären, die für ein solches Programm nötig sind. Auch eine kurze Vorstellung der aufgenommenen Band und die Auswahl der Mikrofone wird näher dargestellt.

Die Arbeit beinhaltet zwei Hauptteile, welche die praktische Arbeit am Programm beinhalten. Der erste Teil befasst sich mit dem Audioteil, also der Mikrofonierung der Instrumente, dem Ablauf der Aufnahme, der Postproduktion, sowie dem Editieren der Aufnahmen.

Der zweite praktische Teil umfasst die Programmierung. Neben Grundlagen in Flash und Action Script 3 wird die Idee des Programms vorgestellt und auf die Bedienoberfläche des Programms eingegangen. Zudem werden der Umgang des Programms mit den Audiodaten erklärt und wichtige Funktionen mit Codebeispielen erläutert.

Abschließend wird eine kritische Betrachtung des Programms durchgeführt und ein persönliches Fazit gezogen.
Beide Teile beschäftigen sich mit dem zentralen Punkt, ob durch dieses Programm ein objektiver Hörvergleich verschiedener Mikrofone möglich ist.

2. Grundlagen

Im Folgenden wird auf die Grundlagen und Voraussetzungen der durchgeführten Aufnahmen eingegangen. Hierfür wird die Studioperipherie in den beiden Tonstudios, in denen aufgenommen wurde, näher beleuchtet, die Auswahl der Mikrofone und Instrumente erklärt und auf die aufgenommene Band eingegangen. Hinzu kommen Grundlagen des Hörens und der Mikrofontechnik.

2.1 Grundlagen des Hörens

Das Ohr ist eines der wichtigsten Sinnesorgane des Menschen. Im Gegensatz zu einem Mikrofon ist das Ohr ein natürlicher Schallempfänger. Dies bedeutet, dass es nicht nur Schall empfängt, sondern dass dieser Schall auch sofort vom Gehirn interpretiert wird. Seine Empfindlichkeit bei bestimmten Frequenzen oder Schalldrücken hat sich im Laufe der Evolution an die für das Überleben des Menschen wichtigen Bedingungen angepasst. So musste es nicht nur leiseste Geräusche in der Natur wahrnehmen können, um das Nähern eines Feindes zu erkennen, es musste auch laute Geräusche wie Donner aushalten können [2].

Auch die unterschiedlich laute Wahrnehmung verschiedener Frequenzen, die in den Kurven gleicher Lautstärke dargestellt wird, begründet sich in der Evolution. So ist die Empfindlichkeit im Bereich von 2 kHz darin begründet, dass die menschliche Stimme im Bereich der Sprachverständlichkeit besonders gut wahrgenommen werden kann. Zu tiefen Frequenzen hin wird das menschliche Ohr unempfindlicher, um das störende Wärmerauschen der Materie nicht hören zu müssen. Zu hohen Frequenzen hin nimmt die Empfindlichkeit des Ohres ebenfalls ab, was darin begründet ist, dass besonders hohe Frequenzen nicht so häufig in der Natur vorkommen und somit für das Überleben des Menschen eher unwichtig sind [3].

Auch für den Mikrofonvergleich müssen bestimmte Phänomene des menschlichen Gehörs berücksichtigt werden, da sie später vor allem für eine objektive Beurteilung der Mikrofone eine wichtige Rolle spielen.

---

2 Schwarzer, Karl: Alles über Mikrofone. S.21

3 Schwarzer, a.a.O., S.21

Zu den wichtigsten Themen für den Vergleich gehören Pegel und Lautheit. Die Trennung dieser Begriffe ist in der Tontechnik von größter Wichtigkeit. Der Pegel ist in der Tontechnik eine der wichtigsten Größen, vor allem in der Signalverarbeitung. Grundsätzlich wäre die Pegellautstärke in phon oder die Lautheit in sone eine bessere Alternative für die Bewertung des Schalls in der Tontechnik, da diese Größen den subjektiven Hörgewohnheiten des Menschen entsprechen. Allerdings ist dies im Tonstudio nicht praktikabel, da ein zu hoher Spitzenpegel zu Verzerrungen, beziehungsweise zu Übersteuerungen führen kann. Der Spitzenpegel ist jedoch nicht abhängig von der Lautstärke. So kann ein Signal subjektiv lauter sein als ein anderes und trotzdem den geringeren Spitzenpegel aufweisen [4]. Der Pegel ist eine Vergleichsgröße, er setzt den Schalldruck in das Verhältnis zum Schalldruck der Hörschwelle, also dem geringsten wahrnehmbaren Schalldruck. Dieser beträgt $2 \times 10^{-5}\ Pa$. Damit ist die Pegelrechnung:

$$L_p = 20\lg(\frac{p}{2 \times 10^{-5} Pa})$$

Die Lautstärke hingegen wird in phon gemessen. Sie berücksichtigt die Kurven gleicher Lautstärke. Dies bedeutet, dass ein Sinuston bei 2 kHz subjektiv lauter empfunden wird als ein tiefer Ton bei gleichem Schalldruckpegel, zum Beispiel 250 Hz, da das Gehör für 2 kHz empfindlicher ist.

Die Messung der Lautstärke ist auch zeitabhängig, sie kann in einem kurzen Intervall oder über die gesamte Dauer eines Signals gemessen werden. Die folgende Abbildung zeigt die Kurven gleicher Lautstärke.

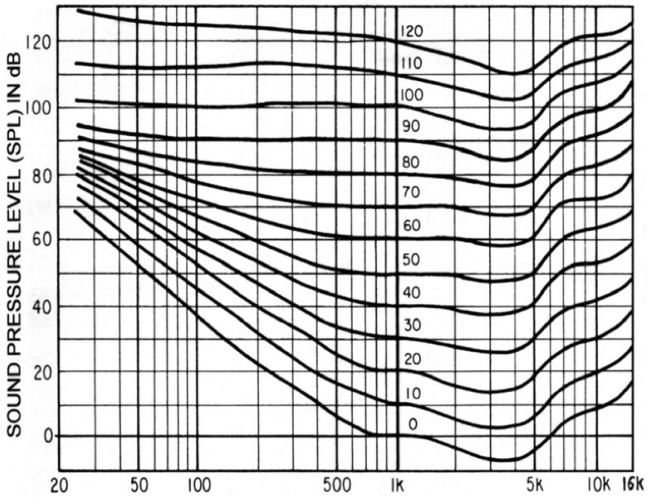

Abb. 1: Kurven gleicher Lautstärke

4 Görne, Thomas: Tontechnik. S.114

Die Verdeckung im Zeit- und Frequenzbereich ist ebenfalls wichtig, wenn es um das Verständnis des Hörvergleichs geht. Treffen zwei Schallsignale auf das Ohr, kann eines der beiden unhörbar sein, falls sie im Zeit- und Frequenzbereich nah beieinander liegen [5]. Diese Verdeckung kann genutzt werden, um komprimierte Datenformate zu erstellen. Bei Mischungen treten diese Effekte allerdings störend auf. So kann es sein, dass sich verschiedene Instrumente in wichtigen Frequenzbereichen überdecken. Dadurch treten sie in den Hintergrund.

Die dritte für das Programm wichtige Eigenschaft ist das binaurale Hören. Räumliches Hören gehört zu den Grundvoraussetzungen des Gehörs, um Schallquellen zu orten. Es ist die Grundlage dafür, dass ein Stereomix funktioniert. Für diese Fähigkeit verantwortlich sind Pegel- und Laufzeitunterschiede zwischen beiden Ohren. Bei tiefen Frequenzen ermöglichen Laufzeitunterschiede die Ortung des Schalls, bei höheren Frequenzen die Pegelunterschiede. Die Grenze liegt hier zwischen 1,63 kHz und 2 kHz [6]. Laufzeitunterschiede entstehen durch den Zeitunterschied, den der Schall länger braucht, um an das weiter entfernte Ohr zu gelangen. Pegelunterschiede entstehen dadurch, dass hohe Frequenzen, die seitlich auf den Kopf des Menschen treffen, reflektiert werden. So entsteht an dem zur Schallquelle zugewandten Ohr ein Druckstau und am abgewandten Ohr ein Schallschatten [7].

5 Görne, Thomas: Tontechnik. S.116

6 Görne, a.a.O., S.118

7 Görne, a.a.O., S.118

2.2 Mikrofone

In diesem Kapitel wird auf die technischen Eigenschaften von Mikrofonen eingegangen, um verständlich zu machen, weshalb sich Mikrofone klanglich unterscheiden. Dabei wird auf die verschiedenen Wandlerprinzipien und Richtcharakteristika eingegangen.

Ein Mikrofon wird hauptsächlich durch die beiden Eigenschaften Wandlerprinzip und Richtcharakteristik definiert. Mikrofone werden als Schallwandler bezeichnet, sie bestehen jedoch eigentlich aus zwei Wandlern. Ein Mikrofon benötigt einerseits eine bewegliche Membran, um ein akustisches Signal in eine mechanische Schwingung umzuwandeln und andererseits einen zweiten Wandler, um die mechanischen Schwingungen in elektrische Spannung zu wandeln [8]. Ein Mikrofon muss von seinen baulichen Dimensionen relativ klein sein, damit es das aufzunehmende Schallfeld nicht stören kann, etwa durch Abschattungseffekte. Es gibt zahlreiche Wandlerprinzipien, die für Mikrofone wichtigsten sind der elektrodynamische und der elektrostatische Wandler. Auf der folgenden Abbildung ist eine nicht vollständige Einordnung verschiedener Wandlerprinzipien zu sehen.

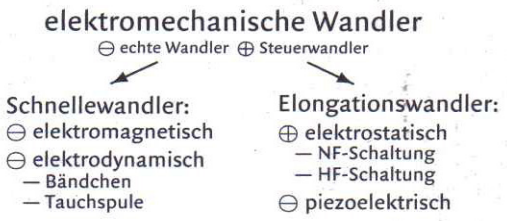

Abb. 2: Aufteilung elektromechanischer Wandler

2.2.1 Elektrodynamischer Wandler

Der elektrodynamische Wandler ist der meistgebaute Schallwandler. Er wird nicht nur für Mikrofone verwendet, sondern ist vor allem auch im Lautsprecherbau häufig anzutreffen [9]. Das dynamische Mikrofon wird überall dort eingesetzt, wo hohe Schalldrücke erzeugt werden, da der elektrodynamische Wandler als besonders

8 Görne, a.a.O., S.245
9 Görne, Thomas: Tontechnik. S.247

verzerrungsarmer Wandler bekannt ist [10]. Er ist die Basis für Tauchspulen- und Bändchenmikrofone. Seine Funktion beruht auf dem Prinzip der Induktion, welches erstmals von Michael Faraday entdeckt wurde [11].

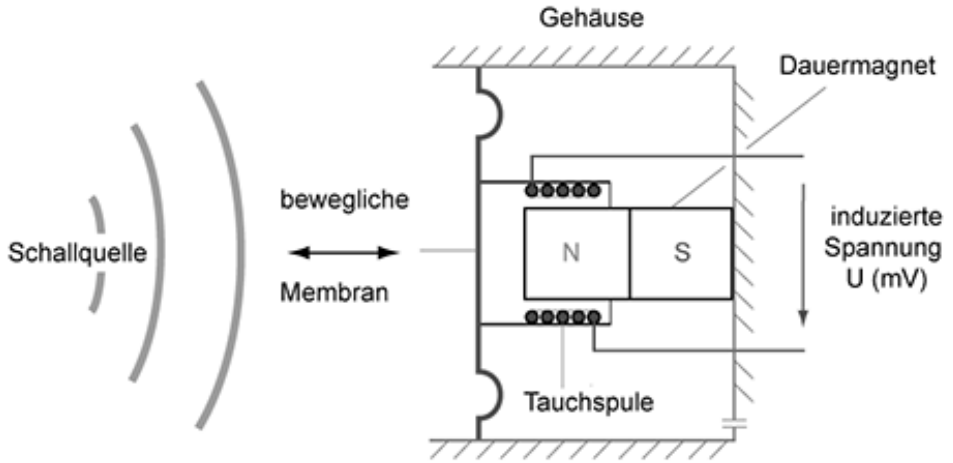

Abb. 3: Prinzip des elektrodynamischen Wandlers am Beispiel eines Tauchspulen-Mikrofons

Auf die Funktion des elektrodynamischen Wandlers soll hier nur oberflächlich eingegangen werden. Bewegt sich die Membran, wird eine Spannung induziert. Diese Spannung wird abgegriffen. Sie ist proportional zur Geschwindigkeit des Leiters im Magnetfeld. Deshalb ist der elektrodynamische Wandler ein Schnellewandler. Der elektrodynamische Wandler kann mit folgender Formel beschrieben werden:

$$U = B \times l \times v$$

u ist die Spannung, die durch die Induktion hervorgerufen wird, B ist die magnetische Induktion, l die Leiterlänge im Magnetfeld und v die Schallschnelle [12].

Ist das Magnetfeld nicht homogen, ist die induzierte Spannung davon abhängig, an welcher Stelle im Magnetfeld sich der Leiter befindet. Hieraus folgen nicht lineare Verzerrungen. Die nötige Linearität muss vom Hersteller garantiert werden. Sie wird durch die mechanische Präzision bei der Herstellung bestimmt. Deshalb verzerren preiswerte Wandler üblicherweise stärker als High-End-Geräte [13].

10 Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudiotechnik - Band 1. S.144
11 Görne, Thomas: Tontechnik. S.247
12 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.12
13 Görne, Thomas: Tontechnik. S.248

Die Empfindlichkeit eines Mikrofons, auch Wirkungsgrad genannt, ist abhängig von der Flussdichte im Luftspalt und der Leiterlänge, die sich im Luftspalt befindet.
Die meisten dynamischen Mikrofone sind Tauchspulenwandler. Bei ihnen werden einige Meter feinsten Drahtes aufgewickelt und befinden sich so im Luftspalt, was zu einem hohen Wirkungsgrad führt [14].

2.2.2 Elektrostatischer Wandler

Elektrostatische Mikrofone sind im Gegensatz zu dynamischen Wandlern erst spät zum Standard in Tonstudios geworden. Dies liegt an dem hohen Preis, den sie früher hatten. Durch moderne Fertigungstechniken konnten die Kosten reduziert werden. Dennoch liegen sie im Durchschnitt auch heute noch preislich deutlich höher als dynamische Mikrofone. Der Preisunterschied erklärt sich durch die notwendige Präzision bei der Herstellung und durch die Verwendung besonderer und hochwertiger Materialien [15].

Im Lautsprecherbau werden elektrostatische Wandler nur selten verarbeitet. Im Grunde ist die Membran des elektrostatischen Mikrofons eine bewegliche Kondensator-Platte. Deshalb werden Mikrofone, die mit einem elektrostatischen Wandler arbeiten, meist als Kondensatormikrofone bezeichnet. Die der Membran entgegengesetzte Platte ist fest in der Mikrofonkapsel angebracht. Durch die Auslenkung der Membran ändert sich die Kapazität des Kondensators, diese Änderung steuert das Ausgangssignal [16].

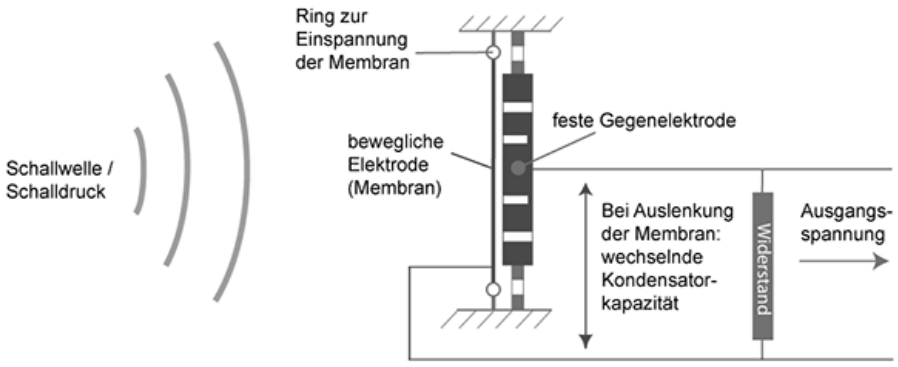

Abb. 4: Prinzip des elektrodynamischen Wandlers

14 Görne, a.a.O., S.248
15 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.15
16 Görne, Thomas: Tontechnik. S.250

Mathematisch lässt sich die Funktion eines elektrostatischen Wandlers wie folgt beschreiben:

$$F = -E \times C_k \times u$$

Dabei ist E die Feldstärke, C_k die Wandlerkapazität und u die Spannung, die am Kondensator anliegt. F ist die elektrische Anziehungskraft auf die Membran [17].

Das Kondensatormikrofon muss mit Spannung versorgt werden, da der Kondensator sonst nicht geladen werden kann. Zu diesem Zweck gibt es in beinahe allen Mischpulten und Audiointerfaces einen Schalter, der über das symmetrische Audiokabel eine Phantomspeisung von 48 V bereitstellen kann. Dieses Verfahren hat gegenüber der Tonaderspeisung deutliche Vorteile, weshalb es sich durchgesetzt hat.

2.2.3 Richtcharakteristik

Mikrofone werden nicht nur durch den Wandlertyp, sondern auch durch ihre Richtcharakteristik definiert. Bestimmend für die Richtcharakteristik eines Mikrofons ist seine akustisch-mechanische Konstruktion, das heißt seine Mikrofonkapsel [18]. Zusammen mit dem Wandler bestimmt die Richtcharakteristik über den Frequenzgang eines Mikrofons [19]. Die Richtcharakteristik beschreibt, wie empfindlich das Mikrofon für Schall aus bestimmten Richtungen ist. Zur Darstellung der Richtcharakteristik werden sogenannte Polardiagramme verwendet.

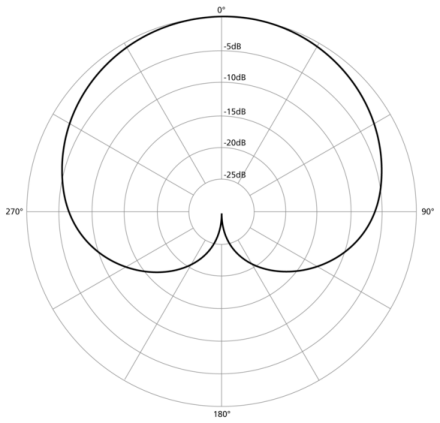

Abb. 5: Polardiagramm einer Nierencharakteristik

17 Görne, a.a.O., S.251
18 Görne, Thomas: Tontechnik. S.255
19 Görne, a.a.O., S.255

2.2.3.1 Druckempfänger

Historisch betrachtet waren die ersten Mikrofone Druckempfänger. Sie werden dem Schalldruck nur einseitig ausgesetzt. Dies führt zur Richtungsunabhängigkeit des Druckes und somit zu einer kugelförmigen Charakteristik [20]. Eine in allen Frequenzen kugelförmige Richtcharakteristik ist nicht realisierbar, sie ist nur ein Idealfall. Dennoch kommen Druckempfänger diesem Prinzip sehr nahe [21].

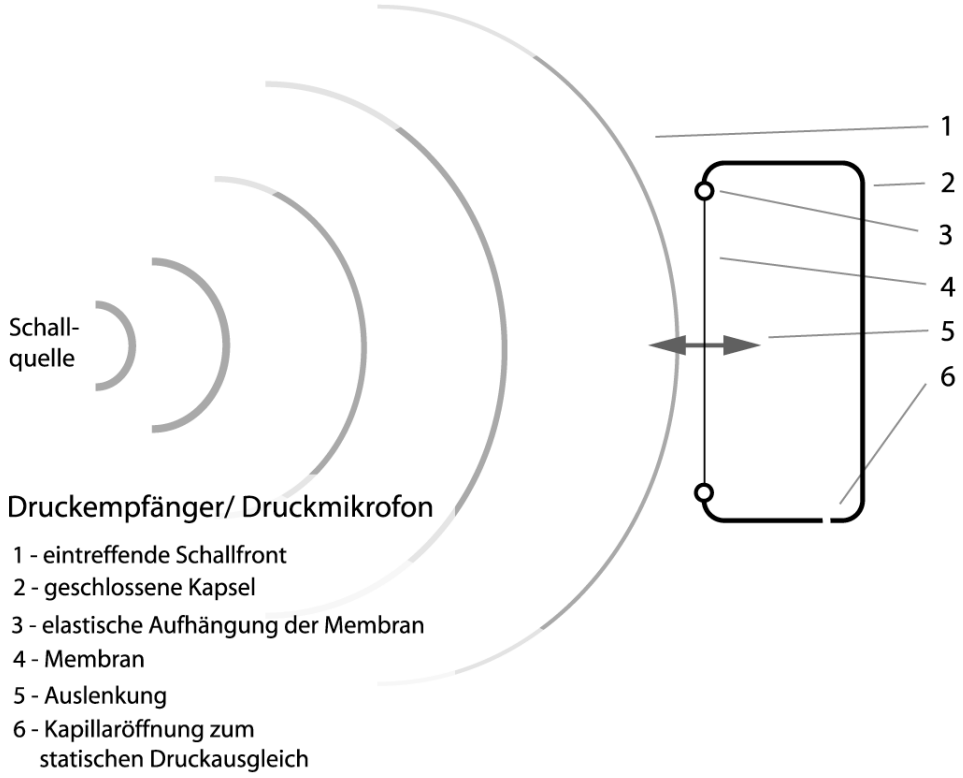

Abb. 6: Funktionsweise eines Druckempfängers

Die Kapsel ist ein luftdichter Behälter, der mit einer elastisch eingespannten Membran verschlossen ist. Dadurch wird gewährleistet, dass die Kapsel nur einseitig für den Schalldruck empfindlich ist, nämlich aus Richtung der Membran. Im Innern der Kapsel herrscht Normaldruck. Durch eine kleine Öffnung, der Kapillare, wird der statische Druckausgleich ermöglicht. Durch den Schalldruck von außen wird die Membran ausgelenkt, die Kraft auf die Membran ist proportional zum Schalldruck [22].

20 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.14
21 Schwarzer, Karl: Alles über Mikrofone. S.36
22 Görne, Thomas: Tontechnik. S.255

Zu hohen Frequenzen hin wird die kugelförmige Charakteristik immer mehr zu einer Niere. Diese ist gerichtet. Der Schalldruck ist bei Wellenlängen, die deutlich größer sind als die Abmessungen der Kapsel, gleichmäßig auf die Membran verteilt. Dadurch ist das Mikrofon empfindlich für alle Seiten. Bei hohen Frequenzen, deren Wellenlängen die Dimension des Membrandurchmessers erreichen, beginnt die Kapsel des Druckempfängers den Schall zu reflektieren. Durch diese Abschattung entsteht eine Richtwirkung nach vorne. Zudem kommt es dadurch zu einem Druckstau vor der Membran, das Mikrofon wird somit empfindlicher für hohe Frequenzen [23]. Diese erhöhte Empfindlichkeit kann durch Bedämpfung der Membran oder durch ein elektrisches Filter kompensiert werden. Ein solches Mikrofon heißt freifeldentzerrt. Wird die erhöhte Empfindlichkeit zu hohen Frequenzen hin nicht behoben, heißt das Mikrofon diffusfeldentzerrt [24].

2.2.3.2 Druckgradientenempfänger

Die meisten Mikrofone verwenden das Druckgradientenprinzip. Ein Mikrofon dieser Bauweise ist für die Frequenzen aus bestimmten Richtungen empfindlicher als aus anderen. Dabei unterscheidet man zwischen verschiedenen Charakteristika, nämlich der Acht-, der Nieren-, Supernieren- und Hypernierencharakteristik. Für starke Richtwirkungen, wie sie zum Beispiel im Fernsehbereich benötigt werden, verwendet man Richtrohrmikrofone mit Keulencharakteristik.

Der am häufigsten vorkommende Typ ist die Nierencharakteristik. Sie erreicht ihre volle Empfindlichkeit in Achsrichtung, während sie bei seitlicher Beschallung etwa nur die Hälfte, bei Schall von der Rückseite etwa nur ein Zehntel ihrer Empfindlichkeit aufweist [25].

Das Prinzip ist, dass sich die Membran aufgrund der Schalldruckdifferenz zwischen Vorder- und Rückseite bewegt. Die Differenz wird durch Druckschwankungen einer Schallwelle verursacht, da es zwischen zwei räumlich entfernten Punkten in einem Schallfeld stets zu einem Druckgefälle kommt. Die Druckdifferenz ist abhängig vom

23 Görne, Thomas: Tontechnik. S.257
24 Görne, a.a.O., S.257
25 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.20

Umweg, den der Schall von der Vorderseite der Membran zur Rückseite zurücklegen muss. Daraus folgt, dass die Auslenkung der Membran auch abhängig vom Einfallswinkel des Schalls ist [26].

Der Druckgradient hat in seiner einfachsten Form die Achtcharakteristik, denn seitlich einfallender Schall trifft gleichzeitig auf die Vorder- und Rückseite der Membran. Wegen der dadurch fehlenden Schalldruckdifferenz entsteht keine Auslenkung der Membran bei seitlichem Schalleinfall. Durch eingebaute Laufzeitglieder oder durch Überlagerung von Acht- und Kugelcharakteristik können diese Mikrofone auch nach dem Nieren-, Super- und Hypernierenprinzip gebaut werden [27].

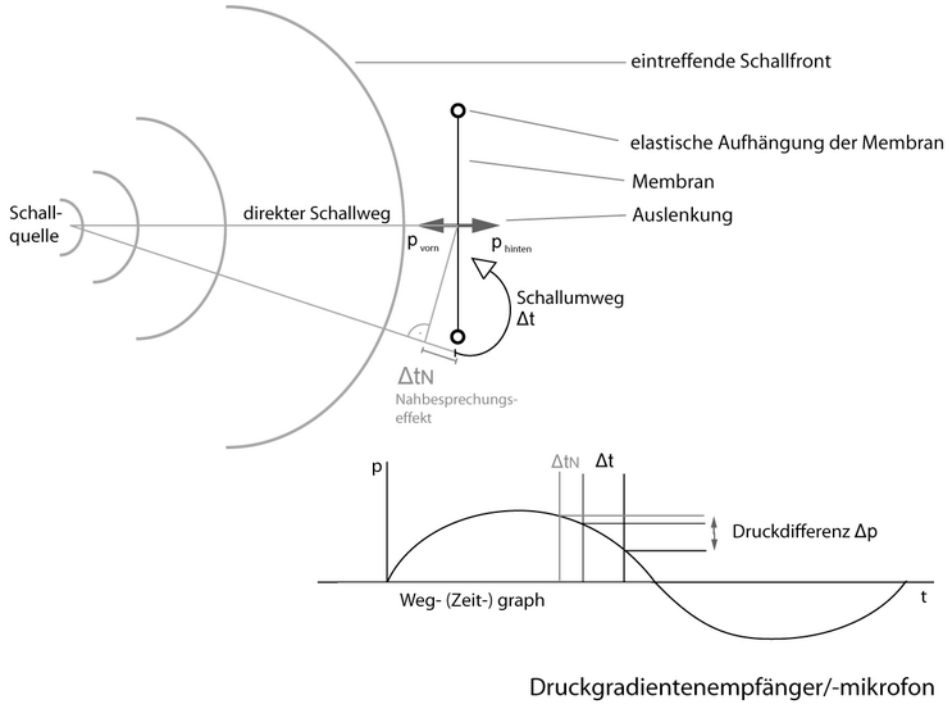

Abb. 7: Funktionsweise eines Druckgradientenempfängers

26 Görne, Thomas: Tontechnik. S.258

27 Dickreiter, Michael: Handbuch der Tonstudiotechnik - Band1. S.164

2.3 Einfluss der Studioperipherie auf den Klang

Grundsätzlich ist es für den Vergleich von Mikrofonen nötig, ein professionelles Aufnahmeumfeld zu haben. Dies umfasst High-End-Mikrofonvorverstärker, eine gute Abhörsituation und einen guten Aufnahmeraum. Nur so können Aufnahmen entstehen, welche sich für einen Hörvergleich eignen. Am wichtigsten ist es, den klanglichen Einfluss aller in der Aufnahmekette vorkommenden Komponenten, ausgenommen der Mikrofone, so klein wie möglich zu halten. Veranschaulicht wird die Aufnahmekette anhand der folgenden Grafik.

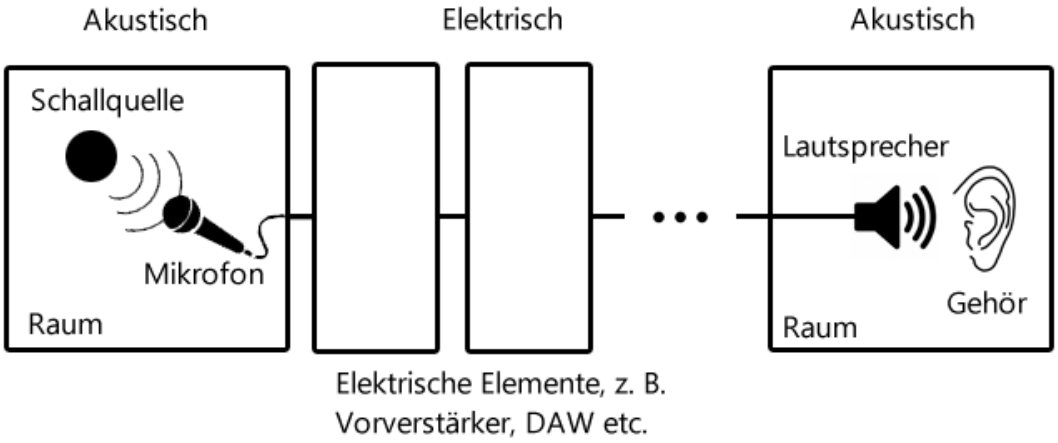

Abb. 8: Elektroakustische Übertragungskette

Anhand der Grafik lässt sich erkennen, dass viele Faktoren den Klang beeinflussen. Der Schall, der erzeugt wird, soll in dieser Betrachtung als unveränderbar angesehen werden, da sie auf den Hörvergleich abzielt und nicht darauf, als Endergebnis einen guten Mix zu erhalten. Dennoch kann die Schallerzeugung natürlich beeinflusst werden, beispielsweise durch Stimmen des Schlagzeugs, Veränderungen des Musikers im Raum, Aufziehen neuer Saiten und Ähnliches.

Nach der Schallerzeugung ist das nächste Glied der Kette der Raum, in dem aufgenommen wird. Auch dieser ist, da die Mikrofone im Idealfall an derselben oder einer ähnlichen Position standen, im Großen und Ganzen für den Hörvergleich zu vernachlässigen. Allerdings gilt es im Gegensatz zur Klassik für Rock- und Pop-Produktionen als ästhetisch, den höchstmöglichen Direktschall eines Instrumentes aufzunehmen. Deshalb sollte der Raum „trocken“ klingen, also eine kurze Nachhallzeit haben.

Als nächstes folgt das Mikrofon. Wie bereits erwähnt, soll sein klanglicher Einfluss in der Übertragungskette neben der Schallerzeugung am größten sein. Im Mikrofon wird das Schallereignis in ein analoges elektrisches Signal gewandelt. Daher folgt nach dem Mikrofon der elektrische Bereich der Übertragungskette. Hier können viele Geräte für einen klanglichen Einfluss sorgen. Wird, wie bei den Aufnahmen für das Programm, auf Outboard-Equipment wie zum Beispiel Kompressoren oder Ähnliches verzichtet, ist der klangliche Einfluss der Mikrofonvorverstärker am größten. Der ideale Mikrofonvorverstärker hat keinen Eigenklang, dies entspricht aber natürlich nicht der Realität.

Für die Aufnahme wurde mit Transistormikrofonvorverstärkern gearbeitet, da diese einen beinahe linearen Frequenzgang aufweisen. Röhrenmikrofonverstärker weisen diesen nicht auf, zudem bringen sie ein höheres Eigenrauschen mit sich. Da der Eigenklang der Mikrofone im Vordergrund stand, und nicht ein guter Gesamtklang aller Komponenten, wurde auf einen Röhrenverstärker verzichtet.

Nachdem die Aufnahmen abgeschlossen sind und als Daten vorliegen, liegen die klanglichen Änderungen auf der Seite des Hörers. Diese werden beeinflusst durch die Abhörbedingungen, beispielsweise einen Verstärker, die zugehörigen Lautsprecher und den Raum. Auch das Gehör und die subjektive Wahrnehmung des Hörers spielen eine Rolle. Dass dies zu Problemen für den Hörvergleich führt, ist nicht von der Hand zu weisen und wird in *Kapitel 6.1* genauer erläutert.

Die klanglichen Bedingungen mussten aufnahmeseitig von den beiden Studios, in denen aufgenommen wurde, erfüllt werden. Aufgenommen wurde im U3 Studio und im Tonstudio der Hochschule der Medien Stuttgart. Zunächst soll das U3-Studio betrachtet werden. Das Studio wurde ursprünglich für Produktionen im Bereich Heavy Metal gebaut. Beim Heavy Metal ist es noch mehr als bei Pop- und Rock-Produktionen erwünscht, einen trockenen Klang zu erreichen. Der Raum ist deshalb ein professioneller Akustikbau mit einer sehr geringen Nachhallzeit. Es wurde der Mikrofonvorverstärker ASP Audient 008 Preamp verwendet. Dieser weist einen sehr neutralen Frequenzgang auf und ist somit gut für die Aufnahmen geeignet. Aufgenommen wurde über Digidesign A/D-Wandler auf ein ProTools System.

Das HdM – Studio hat ebenfalls einen trockenen Aufnahmeraum, der eine kurze Nachhallzeit aufweist. Allerdings ist er deutlich größer als im U3-Studio. Aufgenommen wurde

über eine Studer-Konsole und den dazugehörigen Vorverstärker. Auch diese klingen sehr neutral. Im HdM-Studio wurde ebenfalls mit einem ProTools System gearbeitet.
Die Wahl, in zwei verschiedenen Studios aufzunehmen, war hauptsächlich terminlichen Gründen geschuldet. Allerdings ist diese Tatsache für den Vergleich der Mikrofone zweitrangig, da die Instrumentengruppen bei den Aufnahmen nicht gesprengt wurden, sondern sämtliche Aufnahmen für ein bestimmtes Instrument im selben Studio durchgeführt wurden. Das Schlagzeug wurde im HdM-Studio aufgenommen, Gesang und Gitarren im U3-Studio. Dadurch ist die Vergleichbarkeit der Mikrofone innerhalb einer Instrumentengruppe gewährleistet. Natürlich kann nun angezweifelt werden, ob ein Mikrofon, das für die Snare und auch für die Gitarrenbox verwendet wurde, durch die unterschiedliche Studiosituation etwas anders klingt. Dieser Unterschied kann jedoch vernachlässigt werden, da mit allen Mikrofonen eines Instruments im selben Studio und unter denselben Bedingungen aufgenommen wurde, wodurch die Vergleichbarkeit innerhalb einer Instrumentengruppe gewährleistet ist.

2.4 Adobe Flash

Ursprünglich war Flash ein von der Firma Macromedia entwickeltes Designer-Tool. Es war als Vektorgrafikprogramm für frühe Tablet-PCs gedacht. Durch seine Vielseitigkeit entwickelte sich Flash jedoch zu einem Tool, das sich auch für viele andere Anwendungen eignet. Mittlerweile wurde Flash von Adobe übernommen. Durch die weite Verbreitung des Flashplayers eignet sich Flash sehr gut zur Entwicklung multimedialer Inhalte, vor allem werden Flash–Filme und Webinhalte damit programmiert. Auch für Spiele und viele andere Anwendungen wird Flash häufig verwendet.

Die Scriptsprache von Flash ist Action Script 3. Vor Action Script 3 gab es Action Script 1 und 2, welche sich stark ähneln. Adobe wagte mit dem CS3-Paket den Schritt, die Skriptsprache komplett zu überarbeiten. Daraus resultierte, dass es zwar keine Abwärtskompabilität des Flashplayers mehr gab, was viele bereits erfahrene Programmierer als Problem sahen. ActionScript wurde dadurch jedoch einsteigerfreundlicher. So kann ein Programmierer mit grundlegenden Vorkenntnissen recht schnell zu guten Ergebnissen mit Flash kommen.

Flash bietet neben der Programmierung eine spezielle grafische Bearbeitung an. An-

ders als beispielsweise in Java kann man grafische Elemente nicht nur durch Code bearbeiten, vielmehr ist es in Flash möglich, eine grafische Bearbeitung ähnlich wie mit einem Grafikprogramm, zum Beispiel Photoshop, durchzuführen. Grafische Elemente können auf einer Ebene dorthin gelegt werden, wo man sie positionieren will. Dadurch vereinfacht sich die grafische Gestaltung eines Programms enorm. Zudem bietet Flash die Möglichkeit, Grafiken und Sounds in eine Bibliothek einzubinden. Hierdurch ist ein schneller und einfacher Zugriff auf die eingefügten Elemente möglich. Auch die Handhabung bei wiederkehrenden Elementen ist aufgrund der Bibliothek leicht möglich.

2.4.1 Grundlagen Flash

Die Grundlage für einen Flashfilm ist die Zeitleiste. Sie ist normalerweise sehr wichtig, da in Flash zu einem großen Teil Filme und Animationen programmiert werden. Ähnlich eines Films, gibt es Frames. Diese können dann zum Beispiel mit 25 Bildern pro Sekunde abgespielt werden. In der Zeitleiste lassen sich die verschiedenen Bilder einfügen. Für das Mikrofonvergleichsprogramm ist die Zeitleiste aber kaum von Bedeutung. Denn es wurde ein sehr statisches Konzept gewählt. Man befindet sich im Programm immer auf dem ersten Frame der Zeitleiste, der Abspielknopf wird anfangs gestoppt und hat danach keine Funktion mehr. In Flash gibt es verschiedene Symbole. Symbole sind alle Elemente, die etwas mit der grafischen Oberfläche oder grafischen Gestaltung des Films zu tun haben, im Grunde also alles, was visuell dargestellt wird. Symbole umfassen verschiedene Vektorformen.

Es gibt drei Arten von Symbolen in Flash:

1. Grafiksymbole:
Sie sind eine Sammelstelle für Formen. Allerdings sind sie nicht von Flash steuerbar und erlauben auch keinen Action Script-Code.

2. Schaltflächensymbole
Diese Symbole erlauben vier Zustände: UP (Standardzustand), Darüber, Gedrückt und Aktiv. Sie erlauben Ereignisse, die von ActionScript auffangbar sind.

3. MovieClipsymbole
Sie erlauben ActionScript-Code. MovieClips lassen sich nach Belieben in Größe, Position und Aussehen anpassen. Damit sind sie das wichtigste und flexibelste Element von Flash, wenn es um die Steuerung geht [28].

Diese grafischen Elemente lassen sich auf der Bühne positionieren. Die Bühne bietet die Grundlage für die grafische Anordnung von Symbolen. Ihr zu eigen ist ein Koordinatensystem, dessen Größe von der gewählten Dokumentengröße, meist angegeben in Pixeln, abhängt.

2.4.2 Grundlagen Actionscript3

ActionScript ist die Skriptsprache von Flash. Die eigentliche Programmierung findet hier statt. Die Hauptaufgabe von ActionScript ist der Umgang mit Ereignissen. Dabei kann Flash mit drei Arten von Ereignissen umgehen:

1. Der Benutzer nimmt eine Handlung vor (zum Beispiel durch Klicken auf ein Symbol).

2. Das Voranschreiten des Abspielknopfs löst ein Ereignis aus.

3. Ein bestimmtes Element, zum Beispiel MovieClips, Sounds oder Videos lösen ein Ereignis aus [29].

Wie bereits erwähnt, befindet man sich im Programm immer auf dem ersten Frame, wodurch der zweite Punkt für dieses Programm vernachlässigbar ist. Ereignisse können durch einen EventListener abgefangen werden. Dieser ruft bei einem Ereignis eine bestimmte Funktion auf, welche dann ausgeführt wird.

Ein einfaches Beispiel soll die grundlegende Funktionsweise erklären.

```
playbtn.addEventListener(MouseEvent.CLICK, play);
```

---

28 Hauser, Tobias: Das Praxisbuch Action Script 3. S.28-29
29 Hauser, Tobias: Das Praxisbuch Action Script 3. S.59

`playbtn` ist der Button, auf den der User klickt. Diesem Button wird ein EventListener hinzugefügt, der beim Klicken auf den Button die Funktion `play` aufruft. Auf welches Ereignis er anspricht, ist in `MouseEvent.CLICK` angegeben. Neben dem Klicken könnte hier auch ein Darüberfahren mit der Maus oder Ähnliches angegeben sein.
Die Funktion `play` muss dann so definiert werden:

```
function (e:MouseEvent):void{

	sound.play();
};
```

Wird auf den den `playbtn` geklickt, wird die Funktion `play` aufgerufen, welche dann den Sound `sound` abspielt.

Über ActionScript können Folgende Objekte und Einstellungen gesteuert werden:

- *Movieclips und andere Anzeigeobjekte*
- *Schaltflächen*
- *Textfelder*
- *Komponenten*
- *Bilder*
- *Eigenschaften des Flashfilms*
- *und die Kommunikation nach außen* [30]

30 Hauser, Tobias: Das Praxisbuch Action Script 3. S.75

3. Konzeption und Planung

3.1 Ausgangssituation

Verschiedene Faktoren waren schon vor Bearbeitungsbeginn der Bachelorarbeit gegeben, sie müssen als Ausgangssituation betrachtet werden. Diese Situation, die der Arbeit zurunde liegt, soll im Folgenden näher beleuchtet werden.

Das Musikstück der Band existierte schon vor dem Erstellen des Programms. In Absprache mit der Band wurde jedoch bei der Auswahl des Musikstücks Wert darauf gelegt, dass es sich in Aufbau und Art zum Vergleich von Mikrofonen eignet.

Die Auswahl der Mikrofone ist durch zwei Faktoren vorgegeben. Zum Einen konnten größtenteils nur Mikrofone verwendet werden, die in den Studios, in denen aufgenommen wurde, vorhanden waren. Sie wurden ergänzt durch Mikrofone des Musikhauses *Thomann*, das diese freundlicherweise zur Verfügung stellte. Zum Anderen war die Relevanz eines Mikrofons mitentscheidend. So mussten Studioklassiker wie das AKG C414 oder das Neumann TLM ebenso vertreten sein, wie Standardmikrofone für den Livebereich, zum Beispiel die Shure Mikrofone SM57 und SM 58.

Auf das Aufnahmeequipment konnte kein Einfluss genommen werden. Es musste mit den Geräten gearbeitet werden, die in den Studios vorhanden waren. Beide Tonstudios verfügen jedoch über neutral klingende Geräte, sodass sich dies nicht als Problem herausstellte.

Das Thema der Bachelorarbeit wurde mit Herrn Prof. Oliver Curdt erarbeitet und weiter ausgebaut. Einschränkungen gab es durch Flash und Action Script 3. Obwohl Flash viele Möglichkeiten bietet, mussten bei der Realisierung bestimmte Faktoren hingenommen werden, die sich als Einschränkungen auf das Programm auswirkten.

Die Bedienbarkeit des Programms sollte auf eine ähnliche Art und Weise wie eine DAW funktionieren. Somit war auch die Funktionalität in gewisser Hinsicht vorgegeben, was auch einen Einfluss auf das Design des Programms bewirkt.

3.2 Anforderungen

Das Programm dient der objektiven Vergleichbarkeit verschiedener Mikrofone für unterschiedliche Instrumente. Es soll dem User ermöglichen, zwischen den Mikrofonen zu wechseln. Das Wechseln soll in Echtzeit während des laufenden Playbacks geschehen, damit keine Pausen entstehen. Wichtig ist diese Tatsache, um die teilweise sehr geringen Unterschiede, die die Mikrofone aufweisen, heraushören zu können. Dabei soll das Programm nicht nur das Hören eines Mikrofonsignals ermöglichen, sondern es sollen, wie bei einem Mischpult oder einer DAW, alle Instrumente gleichzeitig hörbar sein und zwar immer mit dem Mikrofonsignal, das der User ausgewählt hat. Um ein genaues Vergleichen der Mikrofone einer bestimmten Instrumentengruppe möglich zu machen, sollen Instrumentengruppen auf *mute* oder *solo* geschaltet werden können. Auch die Lautstärke der einzelnen Instrumente soll verändert werden können.

Dies muss aus zwei Gründen möglich sein. Zum Einen hört jeder Mensch etwas anders. Der Lautstärkemix, der im Programm zu hören ist, kann deshalb nur ein Vorschlag sein. Das heißt, falls ein User beispielsweise das Bassdrumsignal als zu leise empfindet, soll er diese für ihn unangenehme Hörsituation beeinflussen können.

Zum Anderen wird es durch Frequenzüberlagerungen und Verdeckungen zu unterschiedlichen Lautstärken der Mikrofonsignale eines Instruments kommen, wenn sie im Mix gehört werden. Das bedeutet, dass zwar alle Mikrofonsignale eines Instruments auf die gleiche Lautstärke ausgepegelt werden, diese aber aufgrund unterschiedlicher Frequenzzusammensetzungen im Mix wieder als unterschiedlich laut wahrgenommen werden. Vor allem bei den Bassdrummikrofonen kann dies passieren, da die Grenzflächen deutlich mehr *Attack*[31] aufnehmen und sich so besser im Mix durchsetzen als die dynamischen Bassdrummikrofone. Hört der Benutzer die Mikrofone auf *solo* und wechselt zwischen ihnen, werden sie ihm aber als gleichlaut erscheinen.

Neben den Anforderungen an das Programm gibt es natürlich auch Anforderungen an die Aufnahmen. Sie werden von vielen Faktoren beeinflusst. Zunächst muss eine gute Ausgangslage für die Aufnahmen gegeben sein. Wichtig sind eine neutral klingende Aufnahmekette und ein „trockener“ Raum.

---

31 Höhenreiches Anschlaggeräusch des Schlegels auf das Schlagfell

Natürlich hat auch die Performance der Band großen Einfluss. Bei dem gewählten Aufnahmeprinzip fällt vor allem dem Sänger eine schwierige Aufgabe zu. Da sich die Gesangsmikrofone in zwei Gruppen aufteilen, müssen zwei gute und möglichst gleichklingende Takes für den Gesang aufgenommen werden. Der Grund hierfür ist, dass Kondensator- und dynamische Mikrofone einen unterschiedlichen Abstand zum Sänger benötigen, um ihre Stärken ausspielen zu können. Beide Takes sollten so gleich wie möglich klingen, damit keiner der beiden Takes in der Leistung des Gesangs abfällt.

Vieles, das für eine Aufnahme mit einem „normalen“ Endprodukt, zum Beispiel einer CD, wichtig ist, wäre theoretisch für den Hörvergleich im Programm unwichtig. Im Grunde ist die Performance der Band zweitrangig. Auch das Timing oder das Spielgefühl, worauf bei Tonstudioaufnahmen genauestens geachtet wird, ist auf den ersten Blick nicht so wichtig für den Hörvergleich, da alle Mikrofone dieselbe Performance der Musiker aufnehmen. Allerdings soll sich der Hörer bei diesem Vergleich auch wohlfühlen, das bedeutet, je besser die Leistung der Band, desto wohler wird sich der Hörer auch beim Vergleichen der Mikrofone fühlen.

3.3 Die Band

Die Band, die aufgenommen wurde, nennt sich *The Nelsons*. Sie kommt aus Radolfzell am Bodensee. Die Band besteht aus einem Schlagzeuger und einem Bassisten und einem Sänger, der gleichzeitig E-Gitarre spielt. Sie selbst bezeichnet ihre Musikrichtung als „Punk Rock flavoured Rock‘n‘Roll“. Sie vermischen Punk- und Rockelemente in ihren Stücken. Das aufgenommene Musikstück unterscheidet sich etwas von der Stilrichtung ihrer anderen Songs, da es Elemente aus den Richtungen Reggae und Ska beinhaltet. Der Sound der Band ist recht rau und natürlich. Der Sänger ist, wie in dieser Musikrichtung üblich, kein ausgebildeter Sänger. Auch seine Stimme klingt sehr „roh“. Beeinflusst wurde die Band von Größen wie „The Clash“ oder „Social Distortion“.

Es war beabsichtigt, dass die E-Gitarre ein Teil des Vergleichs sein sollte. Auch sollte sie verzerrt sein, da hier der Klangcharakter der Mikrofone deutlicher hörbar ist, als wenn die Gitarre *clean* gespielt wird.

Aus den aufgezählten Gründen kam eine Band aus dem Rockbereich in Frage. Da der Song keinen „harten“ Charakter hat und ein im Vergleich zu den anderen Songs der Band ein recht langsames Tempo hat, eignet er sich besonders gut für das Programm. Denn auch für Hörer, die andere Musikrichtungen bevorzugen, sollte das Playback angenehm zu hören sein.

Für das Programm wurde ein Teil des Stücks ausgewählt, in dem alle Instrumente durchgehend zu hören sind. Vor allem kommt das Soundbeispiel der Overheadmikrofonierung zugute, da die HiHat durchgängig gespielt wird. Hinzu kommt ein kurzer Gesangsteil, welcher an Sprechgesang erinnert, um eine größere musikalische Bandbreite abzudecken.

3.4 Auswahl der Mikrofone

Die Auswahl der Mikrofone war durch den Bestand der Tonstuios und der Leihgabe des Musikhauses *Thomann* eingeschränkt. Unter den verfügbaren Mikrofone wurden vor allem wichtige Studio- und Livemikrofone ausgewählt, um die Relevanz des Programmes zu unterstützen.

Für den Gesang wurden drei Kondensator- und drei dynamische Mikrofone ausgewählt, um sowohl den Studio-, als auch den Livebereich abzudecken. Als Kondensatormikrofone wurden die Modelle Neumann TLM 49, das AKG C414 und Audio Technica 4033a verwendet. Das Audio Technica 4033a fällt etwas aus dieser Reihe, da die zuerst genannten Mikrofone absolute Studioklassiker sind und in den meisten professionellen Tonstudios ihren festen Platz gefunden haben. Allerdings sollte aus Vergleichsgründen auch ein Kondensatormikrofon vertreten sein, das preislich deutlich unter den anderen Mikrofonen liegt. Da es viele Varianten des AKG C414 gibt, wurde diejenige Serie ausgewählt, die für Gesang optimiert wurde.

Als dynamische Gesangsmikrofone kamen das Shure SM 58, das Shure SM7b und das Sennheiser e840 zum Einsatz. Hier hebt sich das SM7b von den anderen Mikrofonen ab, da es eigentlich für Sprache, vor allem im Broadcastingbereich, entwickelt wurde. Dieses Mikrofon hat sich im Studioalltag aber als vielseitiges dynamisches Mikrofon

erwiesen, mit dem auch Gesang aufgenommen werden kann. Dem SM58 wurde das Sennheiser e840 gegenüber gestellt. Live ist das SM58 auf den meisten Bühnen der Welt vertreten, dennoch wird immer wieder Kritik an ihm geübt. Von vielen wird es als ein robustes und vor allem für Rückkopplung relativ unempfindliches Mikrofon beschrieben, das jedoch klanglich gegenüber anderen Mikrofonen abfällt. Deshalb wurde zum Vergleich das Sennheiser e840 ausgewählt, das für seinen vollen Klang geschätzt wird.

Bei den Gitarren kamen ebenfalls sowohl Kondensatormikrofone, als auch dynamische Mikrofone zum Einsatz. Auch ein Bändchenmikrofon wurde verwendet. Die ausgewählten Mikrofone waren das Shure SM57, das Sennheiser e606, das AKG C414, das Royer R121 und das Sennheiser MD421. Ein absolutes Standardmikrofon für elektrische Gitarren ist das Shure SM57. Obwohl es im Vergleich zu anderen Mikrofonen mit aktuell ungefähr 100 € sehr günstig ist, ist es auch im Tonstudio für die meisten Toningenieure zum Standard geworden. Es darf deshalb in diesem Vergleich nicht fehlen. Das e606 Mikrofon wird hauptsächlich im Live-Bereich verwendet. Das bereits erwähnte AKG C414 wird oft als zweites Mikrofon für eine Gitarrenbox verwendet, ebenso wie das Bändchenmikrofon von Royer. Der Grund hierfür ist, dass das C414 als Kondensatormikrofon einen Übertragungsbereich bis 20 kHz und mehr hat, wodurch es viele Höhen aufnimmt. Diese werden bei verzerrten E-Gitarren oft viel zu grell dargestellt. Das Royer hingegen ist oft zu bassig und mulmig, um als Hauptmikrofon eingesetzt zu werden. Werden beide als zweites Mikrofon eingesetzt, kann jedoch gut ein höhenreicheres bzw. bassigeres Mikrofonsignal zum Hauptmikrofon hinzu gemischt werden. Das MD421 ist ein Allroundmikrofon von Sennheiser, das am häufigsten für die Snare, manchmal aber auch für Gitarrenboxen eingesetzt wird.

Für das Schlagzeug sollten ursprünglich Snare, Toms und Becken abgenommen werden. Allerdings zeigte sich, dass der Vergleich der Toms schwierig ist, wenn nach dem Prinzip des Programms verglichen wird, da sie selten gespielt werden. Deshalb wurden sie im Programm nicht berücksichtigt. Die Mikrofone, die für die Snare verwendet wurden, werden aber alle auch für Toms verwendet, weshalb der Vergleich auch am Beispiel der Snare durchgeführt werden kann.

Für die Overheads wurden ausschließlich Kondensatormikrofone verwendet, da nur sie in der Lage sind, die feinen Höhen der Becken darzustellen. Hierfür wurden jeweils zwei Sennheiser e914, AKG C414, Rode NT5 und Schoeps MKII verwendet. Auch bei den

Overheadmikrofonen sollte eine große Bandbreite der unterschiedlichen Preiskategorien im Programm Platz finden. Die Mikrofone von Schoeps sind dabei die teuersten, die Rode NT5 sind preislich am niedrigsten einzuordnen.

Die Snare wurde mit einem Shure SM57, einem Sennheiser e904, einem Shure Beta 56 und einem Sennheiser MD421 mikrofoniert. Bei der Snare ist ebenfalls das SM57 als Standardmikrofon zu bezeichnen. Alle Mikrofone der Snare werden auch für Toms verwendet.

Die Bassdrum wurde mit zwei Grenzflächen- und zwei dynamischen Mikrofonen mikrofoniert. Die Grenzflächen sind ein Shure Beta 91 und ein Sennheiser e901. Sie zeichnen den *Attack* der Bassdrum gut auf, fallen dadurch jedoch in den Tiefen etwas ab. Dennoch hat das Beta 91 etwas mehr Bässe als das e901. Als dynamische Mikrofone wurden die Modelle AKG D112 und Shure Beta 52 eingesetzt. Beide sind großdimensionierte dynamische Bassdrummikrofone, die meist im Loch des Resonanzfells einer Bassdrum platziert werden. Das Shure Beta 52 findet zwar auch oft Verwendung, das AKG D112 bildet hier aber den Standard.

4. Aufnahmen und Postproduktion

4.1 Aufnahmesituation

Das größte Problem bei diesen Aufnahmen war, eine ausgewogene Positionierung der Mikrofone zu erreichen. Dabei gibt es zwei Optionen.
(1) Alle Mikrofone werden gleichzeitig positioniert. Dadurch wird von allen Mikrofonen derselbe Take aufgezeichnet. Dies hat zur Folge, dass die Performance des Künstlers auf allen Mikrofonsignalen die gleiche ist, allerdings ist die Position der Mikrofone nicht exakt gleich. Daraus resultieren klangliche Abweichungen.
(2) Die Mikrofone werden immer an derselben Position aufgebaut und somit für jedes Mikrofon ein anderer Take aufgenommen.

Es wurde der erste Weg gewählt, da es schwierig ist, den zweiten Weg zu realisieren. Die zweite Variante ist nur mit Profimusikern durchführbar, die jeden Take sehr genau

reproduzieren und dasselbe wieder spielen können, das sie in den vorigen Takes gespielt haben. Dabei geht es nicht nur um die gleichen Figuren, auch die Anschlagstärke, die Lautstärke und die Betonungen müssen sehr ähnlich sein. Um die Aufnahmen im Programm verwenden zu können, müssen die Musiker zudem exakt auf *Klick* spielen, sodass alle aufgenommenen Signale dasselbe Tempo haben. Sonst würde beim Umschalten der Mikrofone im Programm die Band ab einem bestimmten Punkt nicht mehr synchron spielen. Ein oder mehrere Instrumente wären zu schnell oder zu langsam.

Aus den genannten Gründen wurde die erste Variante gewählt. Jedoch war in zwei Situationen auch der zweite Weg nötig. Bei den Gitarren war es durch die Reampingtechnik möglich, alle Mikrofone auf der exakt gleichen Position zu platzieren, wobei durch das Reamping sogar die Performance die gleiche war, da bei der Reampingtechnik immer dasselbe Signal in den Verstärker gegeben wird. Beim Gesang mussten zwei Aufnahmegruppen gebildet werden, da Kondensatormikrofone und dynamische Mikrofone aufgenommen wurden, die jeweils mit einem unterschiedlichem räumlichen Abstand besungen werden sollten.

Um die Mikrofonsignale weitestgehend von Übersprechen freizuhalten, wurde das Overdubverfahren für die Aufnahmen gewählt. Bei diesem spielt jeder Musiker seinen Part alleine ein. Dafür wird ihm ein Playback auf einen Kopfhörer gegeben. Für diese Art von Musik ist dieses Verfahren eher untypisch, da sie bewusst „roh“ klingen soll und man durch gleichzeitiges Einspielen der Musiker das gemeinsame Spielgefühl der Band besser aufzeichnen kann, als wenn jeder Musiker einzeln einspielt. Dennoch war es für den Zweck des Programms notwendig, die Aufnahmen im Overdubverfahren durchzuführen.

Bei den Aufnahmen wurde nach der Mikrofonierung und dem Soundcheck zuerst eine Pilotspur mit allen Musikern aufgenommen. An dieser orientiert sich später der im Overdubverfahren einspielende Musiker. Begonnen wurde bei den Recordings mit der Gitarre, dann kam der Bass und danach der Gesang. Diese zwei Instrumente und der Gesang wurden im U3-Studio aufgenommen. Für den kurzen Part, der im Programm zu hören ist, reichte lediglich ein Tag. Das Schlagzeug wurde im HdM-Studio aufgenommen.

Beim Gesang war es aufgrund der Aufteilung der Mikrofone wichtig, dass sich beide Takes, die jeweils für die dynamischen und die Kondensatormikrofone aufgenommen wurden, sehr ähnlich sind. Denn beim Umschalten soll der Hörer nicht merken, dass es

unterschiedliche Takes sind und vor allem keinen der beiden Takes als besser empfinden. Das Schlagzeug war aufgrund der gleichzeitigen Mikrofonierung unproblematisch. Einzig das Einspielen war für den Schlagzeuger komplizierter, da aufgrund terminlicher Gründe das Schlagzeug erst nach dem Rest der Band aufgenommen wurde. Wäre mit *Klick* aufgenommen worden, würde dies kein Problem darstellen, allerdings war es aufgrund des ausgewählten Songs nicht optimal, da diese Art von Musik nicht völlig „tight“ auf *Klick* gespielt werden sollte. Ohne Klick wirkt der Song interessanter und hat mehr „Feeling“. So musste der Schlagzeuger nochmals, nachdem alles andere fertig aufgenommen war, den Rhythmus einspielen. Dies beeinflusste das Ergebnis glücklicherweise nicht hörbar.

Eingespielt wurde immer in ganzen Takes. Die Aufnahmen wurden also nicht gestückelt. Der Musiker sollte den Song immer von Anfang bis Ende durchspielen, damit das Gefühl erhalten bleibt. Zudem wäre es ohne *Klick* wohl zu Timingproblemen und Geschwindigkeitsschwankungen gekommen. Es wurden für jeden Musiker ungefähr acht bis zehn Takes aufgenommen und der beste ausgesucht. Nur beim Gesang wurden später unterschiedliche Takes zusammen geschnitten, um ein höchstmögliches Maß an Gleichheit für die endgültigen Takes der beiden Mikrofonarten zu erreichen.

4.2 Mikrofonierung

4.2.1 Gesang

Der Gesang stellt für viele Musikrichtungen das wichtigste Element eines Stückes dar. Auch bei der Aufnahme wird dies berücksichtigt. Für den Sänger gibt es im Grunde zwei Arten von Mikrofonen. Erstens gibt es die dynamischen Gesangsmikrofone, welche aufgrund ihrer Robustheit meistens live vorkommen und somit vom Sänger größtenteils in der Hand gehalten werden [32]. Bei ihnen tritt der Nahbesprechungseffekt auf. Er bewirkt, dass der Gesang durch Hinzukommen tiefer Frequenzen voluminöser erscheint. Auf den Nahbesprechungseffekt wird später noch genauer eingegangen. Die zweite Art umfasst die Kondensatormikrofone. Sie haben sich in der Studiosituation durchgesetzt, da sie einen deutlich linearen Frequenzgang aufweisen als dynamische Mikrofone [33]. Im Programm sollten beide Ar-

32 Schwarzer, Karl: Alles über Mikrofone. S.134
33 Eargle, John: The Microphone Book. S.228

ten vertreten sein. Es wurde jeweils mit drei Kondensatoren und drei dynamischen Mikrofonen aufgenommen.

Das Prinzip, mit allen Mikrofonen gleichzeitig aufzunehmen, um die Performance des Musikers in der gleichen Weise einzufangen, konnte hier nicht ganz erfüllt werden. Denn bei den dynamischen Mikrofonen gibt es wie bereits erwähnt den Nahbesprechungseffekt. Dieser tritt auf, wenn der Sänger in einem Abstand von zwei bis 15 Zentimetern in das Mikrofon singt. Der Effekt beeinflusst den Frequenzgang schon bei einigen hundert Hertz und ist bei tiefen Frequenzen am stärksten. Der Grund hierfür ist, dass die Membran des dynamischen Mikrofons auf die Druckdifferenz ihrer Vorder- und Rückseite reagiert. Die dafür nötigen Schalleinlässe liegen meist sehr nahe beisammen, dadurch kommt es zum Nahbesbrechungseffekt [34]. Der Effekt bewirkt zum Beispiel bei 50 Hz eine Anhebung von bis zu 15 dB gegenüber 1000 Hz. In der Popmusik wird der Nahbesprechungseffekt allerdings nicht als negativ angesehen, er dient vielmehr zur Verstärkung des Gesangsvolumens.

Abb. 9: Positionierung der dynamischen Gesangsmikrofone

34 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.27

Bei Kondensatormikrofonen ist ein zu naher Gesangsabstand jedoch sehr störend. Meist wird ein Abstand von ca. 30 Zentimetern gewählt, 20 Zentimeter sollten nicht unterschritten werden, da sonst Impulsivlaute wie „p“ und „b“ durch die Windempfindlichkeit der Kondensatormikrofone zu Problemen führen können [35]. Weiter minimiert wurde dieses Problem durch die Benutzung eines Pop-Schutzes, der dazu dient, Zischlaute zu verringern [36].

Abb. 10: Positionierung der Kondensatormikrofone

Für den Gesang konnte nicht derselbe Take aufgenommen werden, da bei den dynamischen Mikrofonen der normalen Aufnahme- bzw. Livesituation gemäß der Nahbesprechungseffekt ausgenutzt werden sollte, und bei den Kondensatormikrofonen die Qualität nicht unter den Zischlauten leiden sollte. So wurde ein Take mit den drei dynamischen Mikrofonen aufgenommen, wobei die Kapseln der Mikrofone so nah wie möglich zusammengebracht wurden. Der zweite Take wurde mit einem Pop-Schutz und den Kondensatormikrofonen aufgenommen, wobei diese aufgrund ihrer großen baulichen Dimensionen im Halbkreis angeordnet wurden. So wurde gewährleistet, dass die Kapseln der Mikrofone im gleichen Abstand zur Schallquelle, in diesem Fall dem Mund des Sängers, positioniert waren.

35 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.59

36 Enders, Roland: das Homerecording Handbuch. S.276

Dadurch entstehen allerdings für einen gerechten Vergleich Probleme. Die Kondensatormikrofone wurden zwar so ausgerichtet, dass die Kapseln direkt auf den Mund des Sängers zeigen, allerdings wird in diesem Fall nur das mittlere Mikrofon direkt besungen. An den anderen beiden wird vorbei gesungen. Sehr hohe Frequenzen werden durch den Mund abgeschattet, wodurch theoretisch die beiden äußeren Mikrofone bestimmte Höhenanteile nicht aufnehmen. In der Praxis ist es jedoch kaum auszumachen, dass die beiden äußeren Mikrofone „dumpfer“ klingen als das mittlere. Relativiert wird dieser Makel weiter, da in einem Abstand von 30 Zentimetern aufgenommen wurde.

4.2.2 E-Gitarre

Bei elektrischen Gitarren spielen für den Klang viele Faktoren eine Rolle. Beim Instrument sind dies der Klangkörper, die Tonabnehmer und die Saiten. Selbst das Plektrum, das zum Spielen verwendet wird, hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss. Der Verstärker und die Box, die verwendet werden, tragen einen ebenso groß Teil zum Klang bei. Während diese Bestandteile meist vom Gitarristen ausgewählt und für den Sound, den er erreichen will, zusammengesetzt werden, ist für den Toningenieur die Lautsprecherbox, vor der er das Mikrofon positioniert, von größter Bedeutung.

Selbst geringfügige Änderungen der Position des Mikrofons können drastische Änderungen des Klangs hervorrufen, da jede Stelle der Lautsprechermembran andere Frequenzen abstrahlt [37]. Diese Tatsache fällt vor allem ins Gewicht, wenn nahe der Lautsprechermembran mikrofoniert wird, was bei dieser Aufnahme der Fall war. Der Grund für dieses Phänomen ist die Richtwirkung des Lautsprechers bei hohen und mittleren Frequenzen. Wird in Vorwärtsrichtung des Lautsprechers mikrofoniert, führt dies zu einem höhenreichen Sound, der sich gut im Mix durchsetzt. Zielt das Mikrofon seitlich auf den Lautsprecher, ergibt sich ein natürlicherer Klang, der im Mix aber mulmig wirken kann [38].

37 Enders, Roland: das Homerecording Handbuch. S.279
38 Enders, a.a.O., S.280

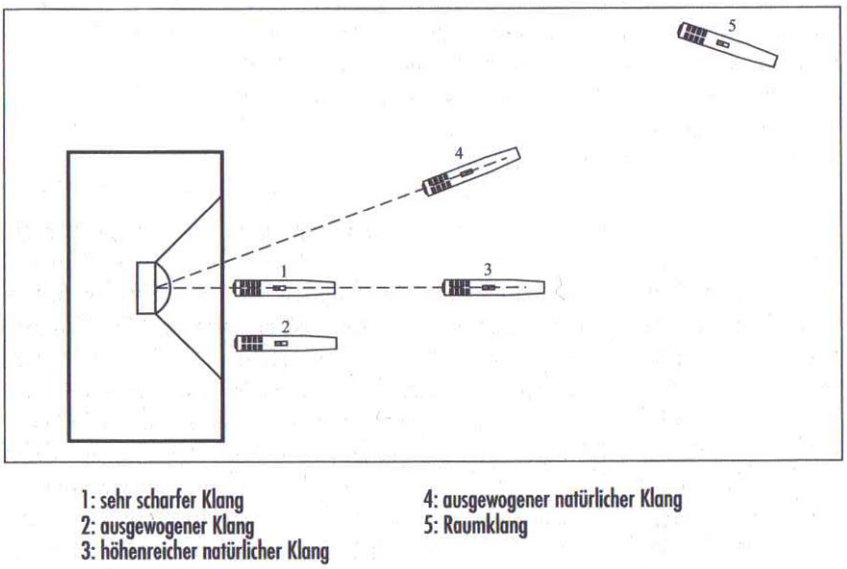

Abb. 11: Einfluss der Mikrofonpositionen auf den Klang der E-Gitarre

Da diese kleinen Änderungen große Auswirkungen auf den Klang haben, kann man im Programm zwischen vier verschiedenen, klassischen Positionen auswählen. Der Abstand war bei allen Positionen gleich, er betrug zehn Zentimeter. Bei der ersten Position zeigte das Mikrofon direkt auf die Mitte der Abdeckkappe. Dadurch erhält man einen sehr höhenreichen Klang, der je nach Mikrofon durch den Höhenreichtum auch sehr unangenehm klingen kann.

Abb. 12: Erste Mikrofonposition

Wenn man das Mikrofon senkrecht zum Lautsprecher positioniert, spricht man von *on–axis*. Zeigt das Mikrofon in einem anderen Winkel als 90° auf den Lautsprecher, spricht man von *off-axis*. Wichtig ist bei beiden Bezeichnungen, dass man sich den Lautsprecher als plane Fläche vorstellt, und dass das Mikrofon im Winkel zu dieser Fläche aufgestellt wird. Die verschiedenen Neigungen und die konusartige Form der Membran und der Abdeckkappe des Lautsprechers spielen zwar für den Klang

eine Rolle, bei der Betrachtung dieser beiden Bezeichnungen allerdings nicht.

Die zweite Position ist die einzige aufgenommene *off-axis* Position. Das Mikrofon wurde zunächst gleich der ersten Position platziert, dann jedoch von der Abdeckkappe weg zum Rand zwischen Abdeckkappe und Membran geneigt. Hierdurch nimmt das Mikrofon mehr tiefe und mittlere Frequenzen auf, wodurch ein etwas angenehmerer Klang entsteht. Die Unterschiede zur ersten Position sind recht gering.

Abb. 13: Zweite Mikrofonposition

Die dritte Position ist gleich der zweiten Position, nur dass am Rand zwischen der Membran und der Abdeckkappe on-axis aufgenommen wurde. Hierdurch nimmt das Mikrofon noch weniger Höhen auf.

Abb. 14: Dritte Mikrofonposition

Die vierte und letzte Position ist eine Position, bei der das Mikrofon *on-axis* ausschließlich auf die Membran zeigt. Hierdurch werden nur noch wenige Höhenanteile aufgenommen. Meist wird das Signal dieser Mikrofonposition von Toningenieuren leicht zu dem Signal einer anderen Mikrofonposition hinzugemischt, um einen volleren Klang der Gitarre zu erreichen. Das Hauptmikrofon bei der Amp-Abnahme wird so meist nicht positioniert.

Abb. 15: Vierte Mikrofonposition

Zur Mikrofonierung eignen sich besonders dynamische Mikrofone, die aufgrund der hohen Lautstärken, mit denen der Verstärker und die Box betrieben werden, besser geeignet sind als Kondensatormikrofone [39]. Der Einsatz dynamischer Mikrofone bewirkt durch die nahe Mikrofonierung auch einen Nahbesprechungseffekt [40].

Im Tonstudio kommt es jedoch auch häufig vor, dass ein Kondensatormikrofon verwendet wird. Kondensatormikrofone werden aufgrund des fehlenden Nahbesprechungseffekts und ihrer recht linearen Frequenzwiedergabe meist nicht wie oben beschrieben in der ersten Position platziert. Setzt man sie auf diese Position, kommt es zu einem extrem höhenreichen, unnatürlichen und somit störendem Klang der elektrischen Gitarre.

Im Gegensatz zu den anderen Instrumenten kann bei der elektrischen Gitarre derselben Take aufgenommen werden und gleichzeitig kann die Mikrofonposition dieselbe sein. Die Anwendung der sogenannten *Reamping*-Technik macht dies möglich. Hier wird das Signal direkt aus dem Ausgang der Gitarre aufgenommen, das somit unverzerrt und unverändert durch einen Verstärker oder einen Lautsprecher bleibt. Um ein symmetrisches Signal zu erhalten, wird es meist über eine DI–Box aufgenommen. Später wird das Signal von der DAW über das Audiointerface und eine *Reamping*box, die das symmetrische wieder in ein unsymmetrisches Signal wandelt, in den Verstärker gespielt. Dieser betreibt die Lautsprecherbox, welche dann abgenommen wird. Dadurch kann das Signal beliebig oft in den Verstärker gespielt und wiederum aufgenommen werden.
Die gleichbleibende Position der Mikrofone wurde durch eine Schablone erreicht,

39 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.93
40 Pawera, a.a.O., S.94

welche vor dem Lautsprecher platziert und nach exakter Positionierung des Mikrofons wieder entfernt wurde.

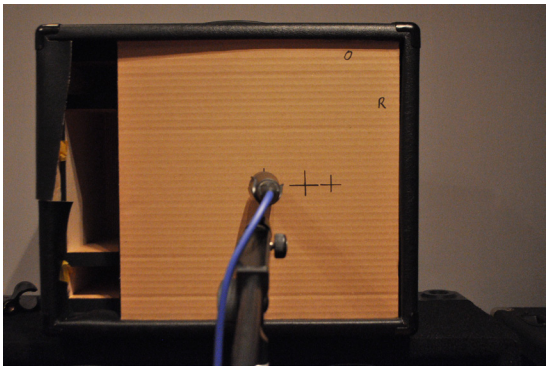

Abb. 16: Schablone zur Einhaltung der genauen Mikrofonposition

4.2.3 Bass

Der Bass wurde nur zu Vergleichszwecken im Bandkontext in das Programm integriert. Er wurde mit einer DI–Box aufgenommen und dann mit Plug-Ins bearbeitet. Es ist im Programm nicht möglich, beim Bass zwischen verschiedenen Mikrofonen auszuwählen. Dies hat zwei Gründe:
(1) Zum Einen ist es bei vielen heutigen Rock- und Pop-Produktionen zum Standard geworden, entweder nur das reine DI-Signal des Basses aufzunehmen und es dann mit unterschiedlichen Plug-Ins, wie zum Beispiel einem *SansAmp*, zu bearbeiten, oder das Signal durch ein Multieffektgerät aufzunehmen. Auch *live* wird meist nur mit dem direkten DI-Signal gearbeitet.
(2) Zum Anderen verhält sich die Aufnahme ähnlich zur Abnahme einer Gitarrenbox. Einziger Unterschied ist, dass für den Bass auch Mikrofone zum Einsatz kommen, die zum Beispiel für eine Bassdrum entwickelt wurden.

Trotzdem sollte der Bass ein Bestandteil des Programms sein. Dies hängt mit der Vergleichbarkeit der Mikrofone im Bandkontext zusammen. Vor allem für den Vergleich der Schlagzeugmikrofone erscheint es wichtig, auch den Bass aktivieren zu können, da man so die Wechselwirkungen der Rhythmusgruppe vergleichen kann. Werden alle Instrumente im Programm aktiviert, so spielt der Bass auch hier eine große Rolle. Es wäre kein überzeugender Vergleich aller Mikrofone im Bandkontext möglich, würde man den Bass nicht hören.

4.2.4 Schlagzeug

Allgemein gehören Schlagzeugaufnahmen zu den schwierigsten Aufgaben im Studioalltag [41]. Je nach Schlagzeug und Aufnahmeraum kann man in der einen Situation einen guten Schlagzeugsound erzielen, in einer anderen Situation kann der Sound durch dieselbe Mikrofonierung zu einem schlechten Ergebnis führen. Deshalb ist es schwierig, allgemeingültige Grundsätze für die Mikrofonierung des Schlagzeugs aufzustellen.

Normalerweise werden zwei Mikrofone über dem Schlagzeug platziert, die sogenannten Overheadmikrofone. Sie bilden das Schlagzeug in seiner Gesamtheit ab, vor allem aber dienen sie zum Aufnehmen der Becken. Die anderen Schlaginstrumente - die Bassdrum, die Snare und die Toms - werden zusätzlich mikrofoniert.

Aufgrund der Geschichte der Aufnahmetechnik werden die beiden Overheadmikrofone, die nach dem gewünschten Stereoverfahren platziert werden, als Hauptmikrofone angesehen. Weitere Mikrofone an Bassdrum, Snare und Toms fungieren als Stützmikrofone. In einigen Musikstilen bleibt der Toningenieur dieser Verfahrensweise treu, zum Beispiel bei der Aufnahme einer Big Band. Moderne Pop- und Rockproduktionen zielen jedoch auf einen durchsichtigeren Klang der einzelnen Instrumente ab, weshalb man nicht mehr von Haupt- und Stützmikrofonen sprechen kann. Trotzdem wird der Klang der einzelnen Schlaginstrumente stark durch das Signal der Overheadmikrofone beeinflusst.

Für das Programm wurden alle Mikrofone gleichzeitig positioniert. Das bedeutet, dass jedes Mikrofon positionsbedingt ein etwas anderes Klangereignis aufnimmt. Jedoch war auch beim Schlagzeug die gleichbleibende Position der Mikrofone weniger bedeutend als die gleichbleibende Performance des Schlagzeugers.

Anders als bei den Gesangsaufnahmen tritt beim Schlagzeug aber noch ein zusätzliches Problem auf. Durch die unterschiedlichen Positionen der Mikrofone ist das Übersprechen bei dem einen Mikrofon deutlicher zu hören als bei einem anderen. Dies beeinflusst einen gerechten Hörvergleich negativ.

---

41 Enders, Roland: das Homerecording Handbuch. S.283

Im Folgenden wird die Mikrofonierung der einzelnen Schlaginstrumente genauer beschrieben. Auf eine direkte Abnahme der HiHat und des Ridebeckens wurde verzichtet, da das aufgenommene Set nur aus einem Ridebecken, einer HiHat und einem Crashbecken bestand und bei dem für das Programm eingespielten Loops hauptsächlich die HiHat gespielt wird. Auf der folgenden Abbildung sieht man die komplette Mikrofonierung des Schlagzeugs.

Abb. 17: Mikrofonierung des Schlagzeugs

4.2.4.1 Overheads

Die Overheadmikrofonierung ist eine Stereomikrofonierung. Es muss darauf geachtet werden, dass das Stereobild nicht zu sehr zu einer Seite tendiert. Die Snare muss in jedem Fall in der Mitte des Stereobildes liegen, was durch eine Veränderung der Mikrofonposition erreicht werden kann. Durch die Abbildung des gesamten Schlagzeugs sind die Overheadmikrofone für den Gesamtklang des Schlagzeugs am wichtigsten [42]. Grundsätzlich hat man unterschiedliche Möglichkeiten, das heißt Stereoverfahren, um über den Becken zu mikrofonieren. Da sich dieses Verfahren vor allem auch *live* durchgesetzt hat und es für die gleichzeitige Platzierung aller

42 Enders, Roland: das Homerecording Handbuch. S.284

Mikrofone am geeignetsten ist, wurde das AB-Verfahren für den Vergleich gewählt. Dabei wurde versucht, die Kapseln so nahe wie möglich zusammenzubringen. Da bei den Aufnahmen die Mikrofone gleichzeitig aufgestellt wurden, ergeben sich für die einzelnen Mikrofonpaare leicht unterschiedliche Stereobilder. Obwohl sie sich untereinander etwas unterscheiden, konnte erreicht werden, dass sich die Snare bei den Stereobildern aller Mikrofonpaare in der Mitte befindet. Der Abstand der Mikrofone zu den Becken musste etwas größer gewählt werden, da es im Nahbereich der Becken zu Kammfiltereffekten kommen kann [43].

Da sich der Frequenzbereich des abgebildeten Schlagzeugs über den kompletten Hörbereich erstreckt, kommen für Overheadmikrofonierungen ausschließlich Kondensatormikrofone in Frage [44]. Nur sie sind in der Lage, die Höhen fein aufzulösen und den kompletten Hörbereich aufzunehmen.

4.2.4.2 Bassdrum

Ähnlich den Overheads, wurde die Bassdrum mit mehreren Mikrofonen gleichzeitig mikrofoniert. Normalerweise werden für die Bassdrum aufgrund ihrer hohen Unempfindlichkeit gegenüber großen Schalldrücken überwiegend dynamische Mikrofone eingesetzt. Es gibt bei der Bassdrum aber einen Sonderfall.

Denn Grenzflächenmikrofone, die eigentlich Kondensatormikrofone sind, werden sehr gerne für die Bassdrum eingesetzt. Dadurch, dass sie mit elektrostatischen Wandlern arbeiten, decken sie den gesamten hörbaren Bereich ab. Dies bedeutet, dass sie gegenüber einem dynamischen Bassdrummikrofon in den Höhen empfindlicher sind. Sie bilden dadurch den *Attack* der Bassdrum gegenüber dem *Klang* beziehungsweise dem *Druck* deutlich stärker ab. Man verwendet sie deshalb meist in Verbindung mit einem dynamischen Mikrofon. Dabei ist das Kondensatormikrofon für den *Attack* verantwortlich, das dynamische Mikrofon für den *Druck*. Die Grenzflächenmikrofone werden einfach in den Kessel der Bassdrum hineingelegt. Dadurch, dass sie die Richtcharakteristik einer Halbniere oder Halbkugel aufweisen, bewirken Positionsänderungen innerhalb des Kessels nur geringe klangliche Änderungen. Die dynamischen Mikrofone werden je nach Art der Bassdrum und gewünschtem Klang aufgestellt.

---

43 Pawera, Norbert: Mikrofon-Praxis. S.110

44 Pawera, a.a.O., S.111

Da der Schlagzeuger bei den Aufnahmen eine Bassdrum mit Loch im Resonanzfell spielte, wurden die Mikrofone so angeordnet, dass ihre Kapseln durch das Loch des Resonanzfells zeigen und sich auf einer Ebene mit dem Resonanzfell befinden. Dadurch kann man den besten Ton der Bassdrum einfangen [45].

Jedoch führt auch hier die gleichzeitige Mikrofonierung zu Problemen. Die dynamischen Mikrofone zeigen durch das Loch des Resonanzfells auf verschiedene Punkte des Schlagfells. Diese Unterschiede in der Position führen eben auch zu klanglichen Unterschieden. Je näher der Punkt, auf den das Mikrofon zeigt, dem Schlegel des Fußpedals ist, desto mehr Attack, also Höhenanteile, bildet dieses Mikrofon ab. Wird es weiter außen positioniert, bekommt es dementsprechend weniger *Attack*, das aufgenommene Signal klingt voller und bassiger [46]. Deshalb wurde beim Schlagzeug ebenfalls versucht, die Kapseln so eng wie möglich aneinander zu bringen, durch die recht großen baulichen Dimensionen der Bassdrummikrofone sind die Positionsunterschiede jedoch deutlich größer als beispielsweise bei den Overheadmikrofonen. Die Positionierung der dynamischen Mikrofone ist auf der folgenden Abbildung zu erkennen.

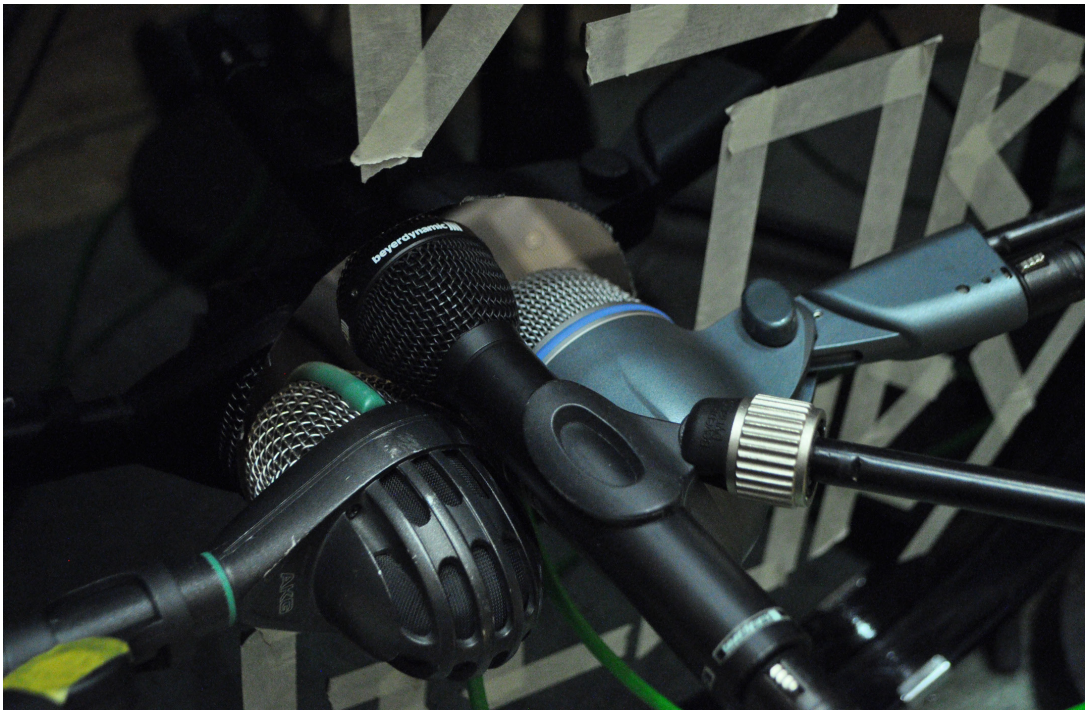

Abb. 18: Mikrofonierung der Bassdrum

45 Enders, Roland: das Homerecording Handbuch. S.285

46 Eisner, Uli: Mixing Workshop. S.99

4.2.4.3 Snare

Für die Snare werden, ähnlich der Bassdrum, meist dynamische Mikrofone eingesetzt. Ausnahme bildet ein Snare–Bottom-Mikrofon, dass unter der Snare angebracht wird. Für diesen Zweck werden gerne Kondensatormikrofone verwendet. Im Programm wird diese Mikrofonposition nicht berücksichtigt, da dieses Signal von vielen Toningenieuren nur sehr gering zu einem Snare-Top-Mikrofon hinzugemischt wird.

Bei den Snaremikrofonen ist das Übersprechen das größte Problem. Störend ist immer die HiHat, die direkt neben der Snare steht. Deshalb ist die Richtcharakteristik eines Snaremikrofons meist eine Niere. Idealerweise wird das Mikrofon so positioniert, dass die Rückseite der Niere direkt auf die HiHat zeigt, um so ein minimales Übersprechen zu erreichen [47].

Für den Vergleich birgt dies natürlich den Nachteil, dass das Übersprechen bei gleichzeitiger Mikrofonierung zwischen den Snaremikrofonen variiert. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die Mikrofone in zwei Gruppen aufgeteilt werden mussten, da der Schlagzeuger mit dem Drumstick die hohe Tom erreichen musste. So konnten nicht alle Mikrofone direkt nebeneinander platziert werden. Beim ausgewählten Stück ist dies umso störender, da die HiHat sehr oft gespielt wird.

Das Mikrofon sollte direkt auf den Punkt zeigen, auf den der Schlagzeuger mit seinem Drumstick schlägt [48]. Bei professionellen Aufnahmen ist es deshalb unerlässlich, dass der Schlagzeuger geübt ist, um diese Stelle bei möglichst vielen Schlägen genau zu treffen.
Bei den Aufnahmen wurden die Mikrofone im Halbkreis um die Snare angeordnet. Sie zeigten auf dieselbe Stelle, zentral auf die Mitte der Snare, an welcher der Schlagzeuger in den meisten Fällen mit dem Drumstick das Fell der Snare traf.
Die folgende Abbildung zeigt die Mikrofonierung der Snare

47 Bartlett, Bruce und Jenny: Practical Recording Techniques. S.141
48 Hau, Andreas: der Homerecording Guide. S.177

Abb. 19: Mikrofonierung der Snare

4.3 Postproduktion

Das Ziel bei der Postproduktion war, dass beim Benutzen des Programms in den Standardeinstellungen ein möglichst unbearbeitetes Signal des Mikrofons zu hören ist. So ist bei den Gesangs- und Schlagzeugmikrofonen ein vollkommen unbearbeitetes Signal zu hören, was Equalizer, Kompressoren oder sonstige Effekte betrifft. Dies ist für einen fairen Vergleich unverzichtbar, da nur so beurteilt werden kann, wie das reine Mikrofonsignal klingt.

4.3.1 Angleichen der Lautstärke

Dennoch mussten zwei Bearbeitungsschritte bei allen Mikrofonsignalen durchgeführt werden, nämlich das Angleichen der Lautstärken der Mikrofonsignale untereinander und das Mischen der verschiedenen Instrumente. Grund für den ersten Schritt ist, dass ein Hörer subjektiv beim Hörvergleich desselben Schallereignisses meist das Lautere für besser hält. Dies wäre für den Vergleich jedoch absolut stö-

rend und falsch.

Die Angleichung geschah in drei Schritten. Der erste Schritt wurde schon bei der Aufnahme durch Einpegeln des Signals durch einen Mikrofonvorverstärker vorgenommen. Es wurde so gepegelt, dass die Signale in etwa gleichlaut aufgenommen wurden. Ein Nachteil hierbei ist, dass ein Mikrofonvorverstärker nicht vollkommen neutral klingt. Bei manchen ist der Eigenklang stärker, bei manchen schwächer. Ist die Vorverstärkung für alle Mikrofone gleich, sollte der Eigenklang des Vorverstärkers, der zum Signal hinzukommt, in etwa denselben Anteil haben. Benötigen unterschiedliche Mikrofone unterschiedliche Vorverstärkungen, um denselben Pegel zu erreichen, ist der Anteil des Eigenklangs bei höherer Vorverstärkung ebenfalls höher. Allerdings ist bei High-End-Geräten dieser Eigenklang sehr gering und für ungeübte Ohren nicht zu hören. Da die Aufnahmen mit solchen High-End-Geräten durchgeführt wurden, hält sich dieses Problem folglich in Grenzen. Durch höhere Vorverstärkung wird zusätzlich das Rauschen des Mikrofons angehoben.

Der zweite Schritt der Lautstärkeangleichung geschah nach den Aufnahmen. Durch subjektive Beurteilung wurden die Lautstärkeunterschiede nach Gehör angepasst. Da dies bei manchen Mikrofonen recht schwierig war, vor allem bei solchen, die komplett unterschiedliche Frequenzverläufe aufzeichneten, wurde in einem dritten Schritt die Lautstärke mit einem *Loudness Meter* [49] angepasst. Ein Beispiel für die Schwierigkeiten bei der Lautstärkeangleichung sind die Bassdrummikrofone. Da die Grenzflächen deutlich mehr Höhen und die dynamischen Bassdrummikrofone viel mehr Bassanteil aufnehmen, gestaltete sich die Angleichung nur durch Gehör aufgrund der völlig unterschiedlichen Signale schwierig. Dies ist auch der Grund, weshalb nicht nach Pegel, sondern nach Lautstärke beurteilt wurde. Denn aus den Kurven gleicher Lautstärke resultiert, dass das Grenzflächenmikrofon, dass den *Attack* der Bassdrum deutlich stärker abbildet, bei gleichem Pegel lauter erscheint, als ein dynamisches Bassdrummikrofon, das die tiefen Bässe der Bassdrum deutlicher abbildet als die Höhen.
Das *Loudness Meter* wurde über den gesamten Bereich des Stücks für ein Mikrofonsignal angewendet, um einen Langzeitwert in LUFS zu erhalten. Mikrofonsignale desselben Instruments, die schwierig zu beurteilen waren, wurden dann auf diesen Wert in einer DAW ausgepegelt.

49 Plug-In zur Messung der Lautstärke in LUFS

4.3.2 Bearbeitung der Aufnahmen

Die Gitarren wurden leicht bearbeitet. Die Bearbeitung beschränkt sich jedoch auf den Einsatz eines Low- und eines High-Cuts. Der Low-Cut hat seine Cut-Off-Frequenz bei 80 Hz und seine Flankensteilheit liegt bei 18dB/Oktave. Dieser Wert wäre für einen normalen Mix sehr zurückhaltend. Normalerweise setzt ein Low-Cut für elektrische Gitarren bei 100 – 120 Hz ein. Dieser zurückhaltende Wert ist dem Ansatz geschuldet, dass die Mikrofonsignale so unbearbeitet wie möglich sein sollen. Dennoch musste der Low-Cut gesetzt werden, da sonst die tiefen Frequenzen zu einem unangenehmen Wummern führen und wichtige Frequenzen der Bassdrum verdeckt werden würden. Da diese sehr tiefen Frequenzen der Gitarre für den Mix eines Toningenieurs normalerweise überflüssig sind, wurden sie für das Programm entfernt.

Ähnlich verhält es sich mit dem High-Cut. Dieser hat seine Cut-Off-Frequenz bei 12 kHz, was ebenfalls ein zurückhaltender Wert ist. Oft wird beim Mischen ein niedrigerer Wert zwischen 9 und 11 kHz gewählt. Auch für höhere Frequenzen der Gitarre gilt, dass sie in fast allen Fällen beim Mischen entfernt werden und so der Mix für das Programm klarer wird.

Der Bass wurde wie erwähnt mit einer DI-Box aufgenommen und mit dem *SansAmp*, einer Verstärkersimulation bearbeitet. Zusätzlich wurde ein Equalizer eingesetzt, der für andere Instrumente wichtige Frequenzbereiche absenkt, um so die Verdeckung durch den Bass zu minimieren. Zum Beispiel 1 kHz wegen den Gitarren, 2 kHz wegen des Gesangs oder 80 Hz wegen der Bassdrum.

Neben den unbearbeiteten Spuren bietet das Programm die Möglichkeit, beim Gesang in den bearbeiteten Modus zu wechseln. Zum Beispiel wurden die Signale der Gesangsmikrofone mit leichter Kompression, Hall und einem Low-Cut bearbeitet. Diese Auswahlmöglichkeit soll einen Ausblick aufzeigen, wie sich die jeweiligen Mikrofone verhalten, wenn sie gemischt werden. Auf einen Equalizer im herkömmlichen Sinn wurde verzichtet, da es für den Vergleich nicht sinnvoll wäre, die Signale so zu bearbeiten, dass sie sich angleichen. Dies würde aufgrund des persönlichen Geschmacks und der Vorlieben des Toningenieurs unweigerlich geschehen. Der Low-Cut beim Gesang hat eine Cut-Off-Frequenz von 100 Hz. Der Equalizer ist ein

Sonnox Oxford Equalizer. Komprimiert wurde mit einem Waves C1 Kompressor. Dabei wurde mit einem Wert von 4:1 komprimiert. Zuletzt wurde ein Lexikon Hall hinzugefügt.

Beim Schlagzeug gibt es eine ähnliche Auswahlmöglichkeit. Wie bereits erwähnt wurde, ist das Übersprechen bei den verschiedenen Mikrofonen aufgrund der gleichzeitigen Positionierung ein Faktor, der die Vergleichbarkeit etwas trübt. Deshalb wurde der Sample-Button in das Programm integriert. Dadurch wird die Bassdrum oder die Snare gesampled wiedergegeben. Sampling, auch *Resampling* genannt, bedeutet, dass die Schläge der Schlaginstrumente durch vorher aufgenommene, isolierte Schläge ersetzt werden. Im Programm wurden jeweils fünf Samples für jedes Mikrofon verwendet. Durch das *Resampling* werden die unterschiedlichen Lautstärken der einzelnen Schläge ähnlich einer Kompression angeglichen. Der Vorteil für das Programm ist allerdings ein anderer, nämlich dass das Übersprechen dadurch verschwindet. So kann der Benutzer des Programms die eventuell störenden Übersprechungen ausschalten, um den reinen Klang, den jedes Mikrofon aufgezeichnet hat, zu hören und zwar nur für das betreffende Instrument. Bei den Overheads kann ein Low-Cut ein- und ausgeschaltet werden. Er hat seine Cut-Off-Frequenz bei 400 Hz. Durch den Low-Cut kann sehr viel Übersprechen der Bassdrum und der Snare vom Overheadsignal genommen werden. Dies ist auch bei Mischungen ein von Toningenieuren oft gegangener Weg, um von den Overheadmikrofonen hauptsächlich den Klang der Becken zu bekommen und das Übersprechen der übrigen Schlaginstrumente auf dem Signal zu minimieren.

Bei den Gitarren hingegen kann der Abstand des Mikrofons gewählt, aber keine Bearbeitung eingeschaltet werden.

Editiert wurden ausschließlich der Gesang und die Gitarren. Obwohl es für diese Musikrichtung nicht üblich ist, auf Takt zu schneiden, war das Editieren bei beiden notwendig. Der Gesang wurde so editiert, dass der im Programm zu hörende Take der dynamischen Mikrofone in Bezug auf das Timing dem der Kondensatormikrofone entsprach. Zusätzlich wurde aus den unterschiedlichen aufgenommenen Takes der dynamischen Mikrofone ein Take geschnitten, der von der Intonation und Betonung dem Take der Kondensatormikrofone ähnlich ist. Dies ist, wie bereits erwähnt wurde, wichtig für das Programm, da die beiden Takes im Programm weder unter-

schiedliche Qualität, noch unterschiedliches Timing haben sollten, um den Hörvergleich nicht in eine Richtung zu verzerren.

Die Gitarren mussten editiert werden, da Röhrenverstärker ein recht lautes Eigenrauschen bei der Gitarre aufweisen. Wenn die Gitarre gespielt wird, ist der Signal-Rausch-Abstand so hoch, dass das Rauschen nicht mehr wahrgenommen wird. Wird die Gitarre nicht gespielt, vermischt sich das Rauschen mit den übrigen Mikrofonsignalen, was für einen filigranen Hörvergleich sehr störend in Erscheinung tritt. Deshalb wurden sämtliche Stellen herausgeschnitten, bei denen die Gitarre nicht gespielt wird. In diesem Zug wurde auch die rechte Gitarre auf die linke geschnitten, da die elektrischen Gitarre unangenehm zu hören ist, wenn das Timing zwischen linker und rechter Gitarre nicht stimmt.

4.3.3 Mischung

Anders als bei normalen Mischungen, beispielsweise für eine CD, traten bei der Mischung für diesen Hörvergleich andere Punkte in den Vordergrund. Während das Klangbild einer normalen Mischung beeinflusst wird von Hörgewohnheiten, Spielarten und der Musikrichtung, musste die Mischung für den Hörvergleich auf eine gute Hörbarkeit aller Instrumente abzielen. Erschwert wird dies durch die Tatsache, dass hier die Instrumente nicht durch Equalizing frequenzmäßig geordnet werden konnten, da sonst die originalen Mikrofonsignale verfälscht worden wären. Es musste also nur durch Pegeln eine Mischung entstehen, bei der alle Instrumente gut hörbar sind, um einen wahrnehmbaren Effekt beim Umschalten der Mikrofone zu erreichen. Einzig der Bass, der ja im Vergleich nur als „Stütze“ dient, konnte frequenzmäßig bearbeitet werden. Durch die Wechselwirkungen der überlagernden Frequenzen ist dies für manche Instrumente schwieriger als für andere. So beeinflussen sich durch Frequenzüberlagerungen vor allem die Gitarre, der Gesang und die Snare, die ihre wichtigsten Frequenzbereiche in den Mitten haben. Hier musste durch Pegeln ein gutes Gleichgewicht erreicht werden, um allen einen gut hörbaren Platz in der Mischung zu garantieren. Am schwierigsten war es jedoch, mit den Overheadmikrofonen umzugehen. Da sie das gesamte Schlagzeug abbilden, beeinflussen sie den Klang der Bassdrum und der Snare in der Mischung entscheidend. Bei normalen Mischungen ist dieses Phänomen durchaus gewollt, es wird oft so mikrofoniert,

dass sich Bassdrum und Snare allein zu grell, zu bassig oder zu dünn anhören, zusammen mit den Overheads aber ein ausgewogener Klang entsteht. Im Programm stört es jedoch, da es möglich sein muss, die Mikrofone beim Hörvergleich einzeln zu betrachten. Deshalb wurde auch die Low-Cut-Option in das Programm integriert, um zumindest das Übersprechen der Bassdrum und der Snare in den tieferen Frequenzbereichen auf Wunsch minimieren zu können. Ein weiteres bereits erwähntes Problem ist, dass die verschiedenen Mikrofone unterschiedliche Frequenzbereiche aufgezeichnet haben. Deshalb setzt sich das Mikrofonsignal des einen Mikrofons besser durch, als das eines anderen, da es eventuell Frequenzbereiche besser abbildet, die durch Frequenzverdeckung nicht so stark beeinflusst werden. Vor allem bei den Bassdrummikrofonen ist dies der Fall. Hinzu kommt, dass zum Beispiel die beiden Grenzflächen in der Bassdrum deutlich mehr *Attack* abbilden. Durch den größeren Höhenanteil wirken sie präsenter als die dynamischen Bassdrummikrofone.

Durch diese Faktoren entstand eine Mischung, die von den Pegeln her so nicht unbedingt von einem Toningenieur gemacht werden würde, der eine normale Mischung anstrebt. Auch durch das fehlende Equalizing klingt die Mischung anders als normale Mischungen. Es ist jedoch wichtig, dass alle Instrumente annähernd denselben Raum im Mix bekommen, um den Hörvergleich möglich zu machen.

5. Das Programm

Dieser Teil der Bachelorthesis umfasst die Programmierung und Implementierung eines Tools für den Hörvergleich. Zunächst wird die Grundidee des Programms geschildert, danach wird auf die Bedienoberfläche eingegangen. Neben der grundlegenden Funktionsweise des Programms und dem Umgang mit Sounddaten in Flash werden wichtige Funktionen mit Codebeispielen erklärt.

5.1 Grundidee für das Programm

Das Programm soll einen komfortablen und objektiven Vergleich verschiedener Mikrofo-

ne ermöglichen. Während die dafür nötigen Aufnahmen bereits beschrieben wurden, soll nun die Idee in Bezug auf die Programmierung im Vordergrund stehen. Die Oberfläche des Programms soll eine Bedienbarkeit erlauben, die einer DAW ähnlich ist und doch so einfach sein, dass nicht nur Toningenieure es bedienen können. Die erste Idee war, dass das Programm online aufgerufen werden kann. Aufgrund der großen Datenmengen, die für den Audioteil bereitgestellt werden müssen, erwies sich dies jedoch als kompliziert. Auch wies das Programm online in Bezug auf die Synchronität von Audiodaten ein Verhalten auf, das für einen Audiovergleich ungeeignet ist. Es zeigte sich aber, dass es mit einem Mehraufwand durchaus möglich wäre, das Programm für das Internet zu programmieren. Eine Umsetzung für das Internet passte allerdings nicht in den zeitlichen Rahmen dieser Bachelorthesis.

Um eine komfortable Bedienbarkeit zu erreichen, sollten alle Funktionen auf einem Bildschirm des Flashprogramms gleichzeitig sichtbar sein. Dies ist nicht nur für eine leichte Erreichbarkeit der Buttons wichtig, sondern auch, um den Status verschiedener Funktionen auf einen Blick sehen zu können. Zusätzlich kamen noch bestimmte Features für das Programm in Frage. Integriert werden sollte ein Infobildschirm für jedes aktive Mikrofon, der auch ein Bild des aktiven Mikrofons zeigen sollte. Ursprünglich sollte dieser Infobildschirm automatisch erscheinen, wenn ein Mikrofon ausgewählt wird. Aufgrund des knappen Platzes für die anderen Funktionen im Programm ließ sich dies nicht realisieren. Auf den Infobildschirm wird später noch genauer eingegangen.

Für die Gitarren sollte eine Funktion implementiert werden, mit der man zwischen verschiedenen Mikrofonpositionen umschalten kann, was für die Programmierung wenig umständlich war, für die Aufnahmen dafür umso mehr, da 20 Spuren der Gitarren nötig waren. Zudem sollte es mindestens einen Button geben, bei dem die Schlaginstrumente und der Gesang mit verschiedenen Bearbeitungen hörbar gemacht werden sollten.Ähnlich einem Musikplayer sollte es auch möglich sein, zu bestimmten Stellen im Stück zu springen, am besten durch Anfassen des Abspielknopfes mit der Maus. Eine *mute*- und eine *solo*-Option sollten ebenfalls Teil des Programms werden. Beide sind die wichtigsten Buttons für den Hörvergleich. Durch sie ist der Benutzer in der Lage, seinen Vergleich auf ein Instrument beschränken oder auf mehrere ausweiten zu können.
Zuletzt sollte die Lautstärke der einzelnen Instrumente mit einem einfachen Fader geregelt werden können. Diese verschiedenen Funktionen sind teilweise voneinander abhängig, was die Programmierung kompliziert machte. Beinahe jede Option ist im Grunde

eine Veränderung der Lautstärke. Auch deshalb hängen die verschiedenen Funktionen zusammen.

5.2 Benutzeroberfläche

Der Grundgedanke in Bezug auf die Oberfläche des Programms war zum Einen, eine einfache Bedienbarkeit des Programms zu gewährleisten, damit auch unerfahrene Benutzer das Programm bedienen können. Zum Anderen sollte es verschiedene Optionen bieten, die aus DAWs bekannt sind, um dem User eine maximale Auswahl an Einstellungen für den Vergleich zu geben. Diese Überlegungen resultierten in der Oberfläche des Programms. Es wurden verschiedene, aus DAWs bekannte Optionen integriert, wie zum Beispiel *solo*, *mute* und Lautstärkeregler. Für die Benutzeroberfläche wurden zusätzlich Elemente, wie sie aus Musikabspielprogrammen, zum Beispiel dem *Windows Media Player*, bekannt sind, eingefügt. So sind der Stop-, Pause- und Playbutton angelehnt an diese Programme. Auch die Lautstärkeregler sind vom Design eher im Consumerbereich als bei DAWs anzutreffen. In *Abbildung 20* ist die Benutzeroberfläche des Programms zu sehen.

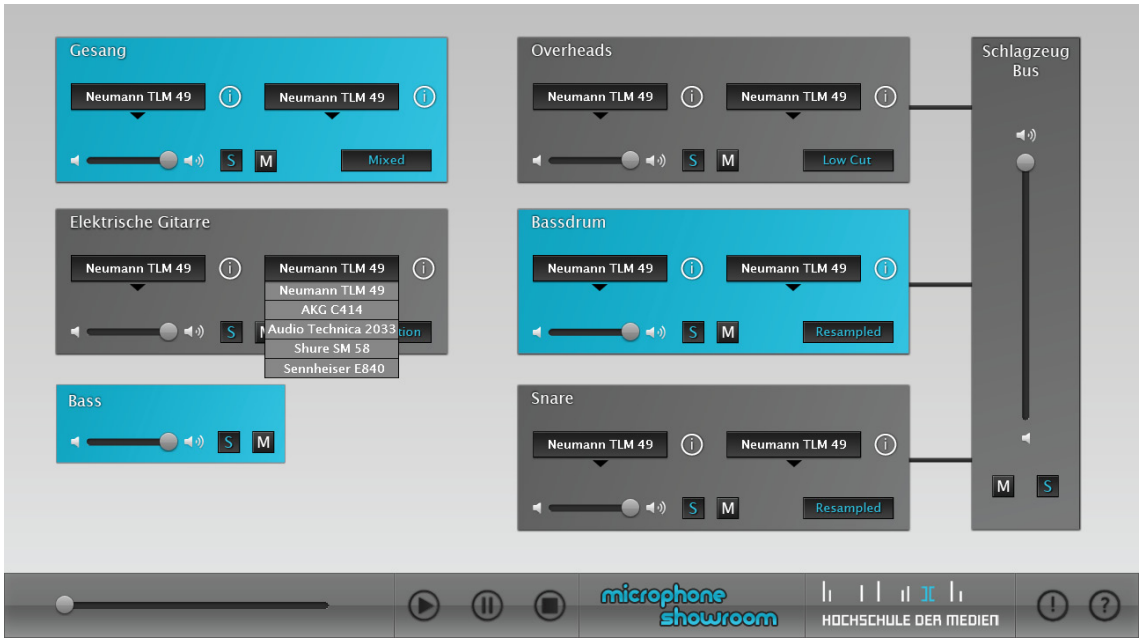

Abb. 20: Interface des Programms „microphone showroom“

Das Design sollte modern sein und die einfache Bedienbarkeit unterstreichen. Es ist ein statisches Design mit klaren Linien. Die unterschiedlichen Instrumente sind durch ab-

gegrenzte Felder in mehreren Farben dargestellt. Da für den Bass weniger Funktionen möglich sind, ist das Bassfeld kleiner als die restlichen Instrumentenfelder. Die globale Hauptleiste ist unten im Programm angebracht, damit sie schnell erreichbar ist. Hier sind alle Optionen zu sehen, die unabhängig von den Instrumenten, also global sind. Dies sind hauptsächllich der Stop-, Pause-, und Playbutton, mit denen das Playback gesteuert wird. Zudem befindet sich hier die Abspielleiste mit dem Abspielknopf, der anzeigt, wie weit das Stück fortgeschritten ist und mit dem zu einer gewünschten Stelle im Stück gesprungen werden kann.

Rechts unten sind zwei weitere Buttons zu sehen. Dies ist zum Einen der Helpbutton, der Informationen aufruft, um dem Benutzer die Bedienung des Programms zu erklären. Zum Anderen ist der globale Infobutton zu sehen. Er ruft Informationen über das Programm auf. Durch ihn sollen Informationen über die Durchführung der Aufnahme und die Einflussfaktoren auf den Hörvergleich aufgerufen werden können. Dies ist wichtig, um den Benutzer des Programms darüber zu informieren, dass das Programm keinen einwandfreien Vergleich der Mikrofone gewährleisten kann, sondern dass der Vergleich nur mit Abstrichen möglich ist.

Abb. 21: Instrumentenfeld

Das Herzstück des Instrumentenfeldes sind die zwei Mikrofonbuttons. Weshalb zwei Buttons implementiert wurden, wird später noch erläutert. Drückt man auf einen der Buttons, wird das in diesem Button ausgewählte Mikrofonsignal hörbar. Auswählen kann man ein Mikrofonsignal für einen Button, indem man mit der Maus über den kleinen Pfeil unterhalb des Buttons bewegt. Daraufhin öffnet sich ein Dropdownmenü, das sämtliche Mikrofone enthält, mit denen dieses Instrument aufgenommen wurde. Durch Klicken kann ein Mikrofon ausgewählt werden. War der Mikrofonbutton schon aktiv, wird durch diesen Vorgang das im Dropdownmenü ausgewählte Mikrofonsignal hörbar. War der andere Mikrofonbutton aktiv, wird das ausgewählte Mikrofonsignal erst hörbar, wenn auf den zugehörigen Mikrofonbutton geklickt wurde. Durch Klicken auf den Mikrofonbutton

wird also nicht nur dessen Signal hörbar gemacht wird, das Signal des anderen Mikrofonbuttons wird dadurch unhörbar gemacht.

Neben den Mikrofonbuttons ist der Mikrofoninfobutton. Drückt man auf ihn, werden ein Bild des Mikrofons und Informationen zum Mikrofon eingeblendet. Ursprünglich sollten diese Informationen schon beim Aufrufen des Mikrofons im Hauptbildschirm erscheinen. Allerdings konnte dafür erstens kein Platz im Programm gefunden werden, da alle Optionen auf einem Bild aufrufbar sein sollten. Zweitens sollte der Benutzer auch hier mehr Entscheidungsfreiheit haben. So kann er bei dem nicht aktiven Mikrofonbutton ein Mikrofon wählen, ohne dass das Playback beeinflusst wird. Dies ermöglicht dem Benutzer, Informationen über alle Mikrofone lesen zu können, ohne diese hörbar machen zu müssen.

Links unten ist der Lautstärkeregler des Instrumentes. Standardmäßig ist er ganz aufgedreht. Sind alle Regler unberührt, entspricht dies der Mischung, die als beste für das Programm empfunden wurde. Man kann also das ursprüngliche Signal nur leiser machen. Dies hat den Grund, dass das Signal in der DAW schon so ausgesteuert wurde, dass es laut ist, aber nicht verzerrt. Theoretisch wäre es in Flash möglich, dieses Signal noch lauter zu machen. Um sicher vor Verzerrungen zu sein, ist jedoch die Lautstärke, die in der DAW eingestellt wurde, die maximale Lautstärke.

Neben dem Lautstärkeregler befinden sich die *solo*- und *mute*- Buttons. *solo* bewirkt, dass nur dieses Instrument hörbar gemacht wird. Sind andere Instrumente ebenfalls auf *solo* geschaltet, erklingen diese zusätzlich. *mute* hingehen bewirkt, dass das Instrument auf *stumm* geschalten wird. *mute* ist unabhängig von *solo*. Wird auf *mute* geschaltet, ist das Instrument immer stumm, egal was sonst eingestellt wird. Ausnahme bildet der Lautstärkeregler. Wird dieser bewegt, während das Instrument auf *stumm* geschaltet ist, wird der *mute*-Modus beendet und das Signal erklingt mit der eingestellten Lautstärke.

Für jedes Instrument kann eine Zusatzoption angewählt werden. Diese variieren je nach Instrument. Welche Optionen zur Verfügung stehen, lässt sich im *Kapitel 5.3.2 Bearbeitung der Aufnahmen* nachlesen. Wird die Zusatzoption der Gitarren ausgewählt, springt ein weiteres Bild auf, in dem zwischen verschiedenen Position des Mikrofons gewählt werden kann. Diese Information wird gespeichert, die Position des Mikrofons bleibt auch beim Umschalten zu anderen Mikrofonen bestehen.

5.3 Sound in Flash

Beim Arbeiten mit Sounddateien in Action Script 3 muss auf viele Dinge geachtet werden. Grundsätzlich wurde das Handling dieser Dateien in Action Script 3 gegenüber Action Script 2 vereinfacht. Sounds müssen deklariert werden. Mit ebenfalls deklarierten Soundchannels können die Sounds abgespielt werden. Dabei können bis zu 32 Soundchannels auf einmal aktiv sein. Flash bietet grundsätzlich drei Arten, Sounds einzubinden:

(1) Ein Sound liegt extern vor, dieser kann durch Action Script geladen werden.

(2) Der Sound kann auf die Bühne importiert werden und über die Filmsteuerung gesteuert werden

(3) Der Sound kann in die Bibliothek importiert werden und als Soundobjekt geladen werden [50].

Ein Nachteil von Flash ist, dass das einzige komprimierte Audioformat, das extern von Flash geladen werden kann, das mp3–Format ist. Werden Sounds in die Bibliothek geladen, kann Flash verschiedene unkomprimierte Formate lesen, die dann vor dem Abspielen komprimiert werden. Allerdings ist hier die höchste einstellbare Qualität das mp3-Format mit 160 kbit/s. Dies bietet für den Hörvergleich zu wenig Qualität.
Dass das mp3-Format das einzige komprimierte und gut zu handhabende Format in Flash ist, wurde zu einem Problem, weil das Soundbeispiel im Programm ursprünglich als lückenloser Loop laufen sollte. Beim mp3-Format wird allerdings bei der Kodierung am Anfang und Ende Stille eingefügt, deren Dauer nicht einfach ermittelt werden kann und von Datei zu Datei variiert. Mit dem wav-Format könnte dieses Problem behoben werden, was allerdings zu einer viel zu großen Datenmenge führen würde. Deshalb ist das Soundbeispiel im Programm kein lückenloser Loop, es wiederholt sich zwar immer wieder von selbst, dies geschieht jedoch mit einer hörbaren Pause, wobei der Anfang eingefadet und das Ende ausgefadet wird.

Für die Handhabung der Sounddateien im Programm wurde der erste Weg gewählt, also das Laden von externen Sounds. Dieser Weg stellte sich als der praktikabelste heraus.

50 Hauser, Tobias: Das Prexisbuch Action Script 3. S.379

Denn mit Benutzung der flasheigenen Bibliothek tritt ein Problem auf, das von Anfang an die Onlinefähigkeit des Programms verhindert. Das Programm in seiner jetzigen Form ist zwar wegen seiner Ladezeiten noch nicht onlinefähig, diese Fähigkeit sollte aber für die Zukunft offen gehalten werden. Eine Benutzung der Bibliothek würde dies verhindern, da alle Daten der Bibliothek automatisch beim Aufrufen der Flashdatei geladen werden würden. Online würde dies zu sehr langen Ladezeiten des Programms führen. Die einzige Möglichkeit für eine Ausführung des Programms, das auch online funktioniert, ist, dass die Sounddaten nur *on-Demand*, also bei Bedarf geladen werden.

Beim Handling der Audiodateien musste ein Stoppen und wieder Starten der Soundchannels so oft wie möglich vermieden werden. Bei den ersten Versionen des Programms wurden zum Beispiel beim *solo*-Schalten alle Soundchannels gestoppt, nur das *solo* geschaltete Signal wurde weiterhin abgespielt. Hierbei trat allerdings ein Problem auf. Je nach Rechnerleistung, Version des installiertem Flashplayers und Internetzugang (bei den ersten Versionen sollte das Programm, wie erwähnt, auch für Onlineanwendungen geschrieben werden), kommt es zu einer Zeitverzögerung, wenn der *solo*-Status wieder deaktiviert wird und intern die anderen Soundchannels wieder gestartet werden. Dieses Delay kann zwar zeitlich ermittelt werden, variiert aber auf verschiedenen Systemen. Deshalb wurde das Programm so geschrieben, dass *solo*, *mute* und der Wechsel zwischen den beiden Mikrofonbuttons nur mit Lautstärke funktionieren. Das heißt, wird auf *mute* geschaltet, wird der Audiostream nicht gestoppt, sondern dessen Lautstärke wird auf 0 gestellt. Hier liegt auch der Grund, warum es zwei Mikrofonbuttons geben muss. Schaltet man nämlich im Dropdownmenü des gerade aktiven Mikrofonbuttons auf ein anderes Mikrofon, stoppt intern der Soundchannel und wird mit einem neuen Sound wieder gestartet. Hierfür müssen demnach alle Soundchannels gestoppt und wieder gestartet werden, da es sonst aufgrund des oben genannten Delay-Problems zu Synchronisationsproblemen kommt und somit die Soundchannels nicht mehr synchron laufen würden.
Dennoch hat das Delayproblem einen Einfluss. Im günstigsten Fall ist das Umschalten im Dropdownmenü nicht zu hören, meist ist aber mindestens ein Knacksen zu hören. Im schlechtesten Fall setzt das Playback an einer anderen Stelle im Bereich von ungefähr 100 – 200 ms wieder ein. Dieses Delay ist deutlich hörbar. Da für dieses Problem keine Lösung gefunden werden konnte, wurden zwei Mikrofonbuttons für jedes Instrument implementiert. Während man das Playback hört, laufen für jedes Instrument zwei Soundchannels gleichzeitig. Einer von beiden ist jedoch immer stumm. Man hört immer

den Soundchannel, dessen Mikrofonbutton aktiv ist. Dieses Verfahren ermöglicht ein Vergleichen der Mikrofone, bei dem ohne störende Knackser oder Ähnlichem zwischen den Mikrofonen gewechselt kann. Man muss nur die zu vergleichenden Mikrofone vorher durch das Dropdownmenü in den Mikrofonbutton hinein wählen.

Die Bearbeitungsbuttons funktionieren ebenfalls nicht durch Lautstärkeänderungen, da der Soundchannel mit einem neuen, bearbeiteten Mikrofonsound gestartet werden muss. Deshalb kann es auch hier zu Knacksern und Delayproblemen kommen. Es werden beim Anklicken der Bearbeitungsbuttons also auch alle Soundchannels gestoppt und wieder gestartet. Damit alle Sounds bei jedem Starten wieder synchron laufen, wurde ein sogenannter Taktsound und ein Taktchannel implementiert. Dieser Sound ist absolute Stille, die die Dauer der anderen Sounds hat. Der Taktchannel läuft ständig mit den anderen Sounds, ist aber nicht hörbar. Werden im Programm die Soundchannels gestoppt und wieder gestartet, wird an der Position wieder gestartet, an der der Taktchannel aufgehört hat. Man könnte dafür auch die Position eines anderen Soundchannels nehmen, da der Taktchannel vom Programm aber immer gleich gehandhabt wird, ist diese Variante am sichersten.

5.4 Funktionsweise des Programms

Das Programm sollte in nur einer Flashdatei programmiert werden, also nur in einer swf-Datei. Dabei sollte weitestgehend auf externe swfs verzichtet werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Infotexte des Programms am einfachsten als externe swf integriert werden können. Da diese nicht grundlegend zur Funktion beitragen, wurde dies akzeptiert. Die Instrumentenfelder und das Playfield, also das Feld, in dem die Abspielfunktionen sind, sind jeweils einzelne Movieclips. Innerhalb dieser Movieclips gibt es weitere, beispielsweise die Dropdownmenüs der Mikrofonbuttons.

Die Variablen, auf die von verschiedenen Movieclips zugegriffen werden muss, sind in einer globalen Action Script-Datei deklariert. Diese Umsetzung ist ein an den Aspekten der objektorientierten Programmierung gemessen zu öffentlicher Weg. Eigentlich sollte nicht auf alle Variablen öffentlich von allen Funktionen zugegriffen werden können. In diesem Programm ist es aber der ökonomischste Weg, da sehr viele Variablen von den unterschiedlichsten Funktionen aufgerufen werden müssen. Sämtliche Movieclips müs-

sen auf die Variablen zugreifen können, hier immer den Pfad anzugeben, gestaltet sich als zu umständlich.

Wie bei Flashprogrammen üblich, wurde ein Preloader implementiert. In diesem wird das Programm vor dem Start geladen. Der Preloader ist eigentlich eher orientiert an einer späteren Onlinefähigkeit des Programms. Denn wird das Programm auf der Festplatte eines Computers gestartet, werden die Daten sehr schnell geladen.

Eine Sonderrolle im Programm nimmt das Schlagzeug ein. Es muss sowohl als ein einziges Instrument, als auch in seinen einzelnen Schlaginstrumenten betrachtet werden können. Deshalb wurde ein sogenannter Schlagzeugbus integriert, der nach dem Vorbild einer Gruppe in einer DAW funktioniert. In diesem können die Funktionen für alle beteiligten Schlaginstrumente eingestellt werden, allerdings in Abhängigkeit der in den einzelnen Schlaginstrumentfeldern gewählten Einstellungen. Wenn zum Beispiel die Snare auf *mute* gestellt wurde, bewirkt ein *solo*-Schalten des gesamten Schlagzeugs, dass dieses zwar nun *solo* hörbar ist, die Snare jedoch nicht, da sie auf *mute* steht.

5.5 Wichtige Funktionen

In diesem Teil werden die wichtigsten Funktionen des Programms erklärt. Dabei soll nicht der gesamte Code erläutert werden, sondern nur bestimmte und wichtige Stellen des Codes geklärt werden, da das Augenmerk dieser Bachelorthesis hauptsächlich auf dem Audioteil liegt.

5.5.1 Playfeld

Das Playfeld steuert das Abspielen des Playbacks, also aller Soundchannels. Sie besteht aus einem Playbutton, einem Stopbutton, einem Pausebutton und dem Abspielknopf, der den Zeitpunkt innerhalb des Soundbeispiels anzeigt. Mit ihm kann auch an verschiedene Stellen des Stücks gesprungen werden.

Die Playfunktion ist sehr einfach. Voraussetzung ist, dass im Moment des Klickens auf den Playbutton das Playback nicht wiedergegeben wird, das heißt, dass die Booleanvariable `playing` auf `false` steht. Ansonsten geschieht beim Klicken auf den Playbutton nichts. Im Grunde werden alle Soundchannels mit den Standard-

sounddateien, falls im Programm noch nichts ausgewählt wurde, oder mit den ausgewählten Mikrofonsounds gestartet. Anhand eines Beispiels soll die Funktion des Playbefehls erläutert werden.

```
Global.snarechannel1 = Global.snare1.play(Global.position
                                          + 185,0,Global.modsnare1);
```

Der Sound `snare1` wird im `soundchannel1` gestartet. In der Klammer können bestimmte Werte mitgegeben werden. Der Sound startet im Programm immer an der `position`, die, wenn das Playback gestoppt wird, mit der aktuellen Position des `taktchannels` überschrieben wird. Sie ist beim ersten Startvorgang `null`; wenn auf Stop gedrückt wird, wird sie ebenfalls `null`. Wird auf den Pausebutton geklickt, wird der aktuelle `taktchannel.position`-Wert in `position` gespeichert. Dieser Wert wird im Programm immer mit 185 ms addiert. Dies liegt an dem Delay, den Flash erzeugt. Dieser Wert wurde für den aktuellen Flashplayer ermittelt. 185 ms ist die Zeit, die das Programm benötigt, vom Zeitpunkt des Klicken auf den Button bis zum Starten der Sounds. Sie hat auf den meisten Systemen eben diesen Wert. Diese Zeit muss zu `position` addiert werden, um beim aktuellen Flashplayer ein lückenloses Wiedergeben zu ermöglichen, falls vorher auf Pause geklickt wurde. Der Wert 0 in der Klammer bedeutet, dass die Sounddatei nicht wiederholt wird, nachdem sie zu Ende abgespielt wurde. Zwar wird das Playback im Programm geloopt, dies musste aber durch eine weitere Funktion realisiert werden. Denn wird mit dem Abspielknopf auf eine bestimmte Stelle im Song gesprungen, spielt die native Art des Loopings von Flash den Sound nach Beenden wieder von dieser Stelle ab. Er soll aber wieder ab dem Anfang abgespielt werden.

Die letzte Option in der Klammer ist das Sound-Transform-Objekt `modsnare1`. In diesem können verschiedene Bearbeitungen der Sounddatei gespeichert werden, im Vergleichsprogramm beschränkt sich dies auf die Lautstärke. Das Sound-Transform-Objekt muss bei jedem Starten der Wiedergabe wieder aufgerufen werden. Wird in irgendeiner Art und Weise die Lautstärke geändert und der Playbutton danach gedrückt, muss der Wert wieder aufgerufen werden. Ansonsten würden die Sounds mit der Standardlautstärke und nicht mit der gewählten Lautstärke wiedergegeben werden.

In der Playfunktion fügt die Zeile `addEventListener(Event.ENTER_FRAME, statusSetzen);` dem `taktchannel` einen EventListener hinzu, der die Funktion `statusSetzen` aufruft und zwar durch `Event.ENTER_FRAME` fortlaufend. Die Funktion `statusSetzen` steuert den Abspielknopf während der Wiedergabe. Dieser wird somit immer aufgrund der `taktchannel.position` auf den richtigen Wert gesetzt. Mit `Global.taktchannel.addEventListener(Event.SOUND_COMPLETE, posnull);` wird dem taktchannel eine weitere Funktion hinzugefügt, die den Loop steuert, also das erneute Wiedergeben, nachdem der Sound beendet wurde. Am Ende wird die Booleanvariable `playing` auf `true` gesetzt, um in anderen Funktionen abfragen zu können, ob das Playback gerade abgespielt wird oder nicht.

Die wichtigste Eigenschaft der Stopfunktion ist es, alle Soundchannels zu stoppen. In ActionScript3 gibt es dafür einen sehr nützlichen Befehl, `soundMixer.stopALL();`. Dieser stoppt sofort alle Soundchannels. Die zweite Aufgabe der Stopfunktion ist es, den Abspielknopf, im Folgenden `slider` genannt, auf seine Ausgangsposition und die Position der Soundchannels, also `position`, auf null zu setzen. Die Pausefunktion unterscheidet sich zur Stopfunktion in einem Punkt. Beide stoppen zwar die Wiedergabe der Soundchannels, die Pausefunktion soll sich dabei aber die aktuelle Position des Playbacks merken und bei erneutem Wiedergeben des Sounds ab dieser Position wieder starten. Sie stoppt die Wiedergabe also wie die Stopfunktion mit `SoundMixer.stopAll();` setzt `position` aber nicht auf null, sondern auf die aktuelle `taktchannel.position`. Die Position des `sliders` wird auch nicht zurückgesetzt.

5.5.2 Funktionen des Sliders

Um einen mitlaufenden Abspielknopf, mit dem an eine bestimmte Stelle gesprungen werden kann, zu implementieren, bedurfte es mehrerer Funktionen. Darunter die aus der Playfunktion bekannte Funktion `statusSetzen`. Wie bereits erwähnt, setzt diese den `slider` an die richtige Stelle der Wiedergabe, und zwar anhand der `taktchannel.position`. Aufgerufen wird die Funktion nur, falls eine variable `dropactive` auf false steht. Diese Variable, die ebenfalls über eine Funktion gesteuert wird, zeigt, ob man den `slider` gerade mit der Maus bewegt. Wird der `slider` bewegt, soll er sich natürlich nicht mehr aufgrund der Wiedergabeposition bewegen,

sondern nur durch die Mausbewegung. Der x-Wert des `sliders` wird dann durch eine mathematische Formel berechnet.

Die Funktion `drop` stoppt den Dragmodus des `sliders`. Falls das Playback gerade abgespielt wird, werden alle Soundchannels gestoppt. `dropactive` wird wieder auf `false` gesetzt, die `drop`-Funktion wird entfernt. Wichtigster Schritt ist das Aufrufen der `setposition`()-Funktion.

Die `setposition()`-Funktion startet die Wiedergabe der Soundchannels an der Stelle, an der der `slider` mit der Maus losgelassen wurde. Mit ihr ist das Springen an eine bestimmte Stelle des Playbacks möglich.

Bevor die Wiedergabe wieder gestartet werden kann, muss natürlich die Position, an der die Wiedergabe wieder starten soll, ausgelesen werden. Diese wird mit einer mathematischen Formel ausgerechnet, in Abhängigkeit des aktuellen x-Wertes des `sliders`.

```
Global.position = ((slider.x - statusX) / statusXMax)
                                        * Global.takt.length;
```

Die erneute Wiedergabe soll nur geschehen, falls die Wiedergabe lief, als zu einer bestimmten Position gesprungen wurde. Ansonsten würde die Wiedergabe wieder starten, obwohl das Playback gestoppt wurde. In diesem Fall wird nur der Wert in die Variable `position` geschrieben, an der der `slider` losgelassen wurde. Wird das Playback nun gestartet, startet es an dieser Stelle.

Der letzte Teil des Playfeldes ist die Funktion `posnull`, die das Playback automatisch wieder starten lässt, wenn es zu Ende gespielt wurde. Bei dieser werden wieder alle Soundchannels gestoppt und die `playing`-Variable wird auf `false` gestellt. `position` und `taktchannel` müssen auf null gestellt werden, damit die Wiedergabe wieder vom Anfang startet. Der x-Wert des `sliders` muss auch wieder auf seinen ursprünglichen Wert gesetzt werden, damit dieser wieder am Anfang steht. Danach wird die Playfunktion aufgerufen, welche die Wiedergabe erneut von Anfang an startet. Durch die Zeile `Global.taktchannel.addEventListener(Event.SOUND_COMPLETE, posnull);` wird dem `taktchannel` diese Funktion hinzugefügt, die

ausgelöst wird, wenn der Sound beendet wurde.

5.5.3 Lautstärkeregler

Die Lautstärkeregler im Programm funktionieren im Prinzip alle gleich. Die Funktionsweise der Lautstärkeregler soll am Beispiel der Snare dargestellt werden. Auch für Regelung der Lautstärke sind mehrere Funktionen nötig. Ähnlich des `sliders` der Playfunktion, der für die Lautstärke analog `lsbtn` heißt, müssen die Funktionen wissen, ob der Regler gerade bewegt wird oder nicht. Die beiden Funktionen heißen hier `startScroll` und `stopScroll`, sie funktionieren aber gleich wie `drag` und `drop`. Die `startScroll`-Funktion wird dem `lsbtn` durch einen EventListener hinzugefügt, gleichzeitig auch die Funktion enterHandler.

```
lsbtn.addEventListener (MouseEvent.MOUSE_DOWN, startScroll);
  addEventListener (Event.ENTER_FRAME, enterHandler);
```

`enterHandler` wird aktiviert, während der `lsbtn` bewegt wird.

Falls gescrollt, also die Maustaste noch gedrückt gehalten wird, wird für den `lsbtn` durch `enterHandler` die Funktion `setVolume` ausgeführt. Dieser Funktion wird ein Zahlenwert übergeben, der durch eine Formel berechnet wird.

```
MovieClip(this).setVolume(1-((bounds.x-lsbtn.x)/(-maxMove)));
```

Der Wert ist eine Zahl zwischen 0 und 1, die das Verhältnis des des aktuellen x-Werts des `lsbtn` zu seinem maximal möglichen x-Werts wiedergibt. Das heißt, wird der Regler ganz nach rechts geschoben, wodurch das Signal am lautesten wird, ist dieser Wert 1. Wird der Regler nach ganz links geschoben, also auf ganz leise gestellt, ist der Wert 0. Die Funktion `setVolume` wendet diesen Wert dann auf die betreffenden Soundchannels an.

5.5.4 Solo und Mute

Diese beiden Funktionen sind elementar für den Hörvergleich. Mithilfe von *solo* kann man nur ein Instrument hörbar machen und somit sehr genau die Unterschiede der Mikrofone, mit denen das Instrument aufgenommen wurde, vergleichen. *mute* hingegen ist sehr hilfreich, um schnell bestimmte Instrumente stumm schalten zu können. Hierdurch ist man in der Lage, nur bestimmte Instrumente zusammen hören zu können. Vor allem die *solo*-Funktion hängt mit bestimmten Funktionen anderer Instrumente zusammen, da auch mehrere Instrumente gleichzeitig *solo* gehört werden können.

Wird der Solobutton gedrückt, ohne dass andere Instrumente auf *solo* stehen, wird nur das Mikrofonsignal der Gitarre hörbar. Deshalb wird im ersten Schritt abgefragt, ob eines der anderen Instrumente auf *solo* steht. Ist dies nicht der Fall, wird die Lautstärke der Soundchannels aller anderen Instrumente auf 0 gesetzt und dann auf die Soundchannels angewendet. Steht ein anderes Instrument auf *solo*, wird dieses nicht beeinflusst, es bleibt hörbar. Danach wird abgefragt, ob die Gitarre auf *mute* steht. Steht sie auf *mute*, wird sie ebenfalls nicht beeinflusst, da sie in diesem Fall stumm bleiben soll. Steht sie nicht auf *mute*, wird die Gitarre mit ihrem gespeicherten Lautstärkewert hörbar gemacht.

Ein letzter Schritt addiert zur int-Variablen `soloallstate` den Wert 1 hinzu. Dieser Schritt geschieht bei allen Instrumenten, die auf *solo* geschaltet werden. Diese Variable ist wichtig, wenn das Instrument wieder *unsolo* geschaltet wird. Sie gibt an, ob das Instrument beim *unsolo*-Schalten das letzte *solo*-geschaltete Instrument ist, oder ob sich noch andere Instrumente im Solomodus befinden. Denn je nachdem geschieht beim Klicken auf den Unsolobutton etwas vollkommen Verschiedenes. Ist beispielsweise nur die Gitarre auf *solo* geschaltet und wird wieder auf *unsolo* geschaltet, sollen natürlich wieder alle Instrumente erklingen. Ausnahme sind Instrumente, die auf *mute* stehen. Wird die Gitarre auf *unsolo* geschaltet und es sind noch andere Instrumente auf *solo*, soll die Gitarre unhörbar werden, während alle Instrumente, die auf *solo* stehen, weiter hörbar sein müssen. Ist nur ein Instrument auf *solo*, ist `soloallstate` gleich 1. Für jedes zusätzlich auf *solo* geschaltete Instrument wird jeweils 1 aufaddiert, beim *unsolo*-Schalten wird 1 subtrahiert. So kann beim *unsolo*-Schalten ganz leicht ermittelt werden, ob dieses Instrument das einzi-

ge *solo*-geschaltete Intrument ist, oder ob weitere auf *solo* stehen.

Die *unsolo*-Funktion fragt zuerst ab, ob die Gitarre das einzige auf *solo* stehende Instrument ist. Ist dies der Fall, wird bei allen anderen Instrumenten abgefragt, ob diese auf *mute* stehen. Stehen sie auf *mute*, werden sie nicht verändert, da sie dann stumm bleiben müssen. Stehen sie nicht auf *mute*, wird abgefragt, welcher Soundchannel aktiv ist, um diesen mit dessen eingestellter Lautstärke wieder hörbar zu machen. Ist die Gitarre nicht das einzige Instrument, das auf *solo* steht, tritt die Bedingung `if(Global.soloallstate > 1){` in Kraft. Es wird die Lautstärke der Gitarre auf 0 gesetzt, die anderen Instrumente bleiben unbeeinflusst. Zuletzt wird noch `solostateguitar` auf `false` gesetzt und von `soloallstate` der Wert 1 abgezogen.

Die *mute*-Funktion steht nicht im Wechsel mit der *solo*-Funktion. Dadurch, dass sie die anderen Instrumente nicht beeinflusst, ist sie zudem recht einfach zu implementieren. Es werden beide Soundchannels des betreffenden Instrumentes stumm geschaltet.

Die *unmute*-Funktion hingegen muss auf den *solo*-Status des Instruments achten. Denn wird der Mutemodus des Instrumentes beendet und stehen anderen Instrumente auf *solo*, während das betreffende Instrument nicht auf *solo* steht, soll dieses natürlich unhörbar bleiben, nur die Anzeige des Buttons muss sich ändern.

Eine Bedingung `if((Global.soloallstate == 0) || (Global.solostateguitar == true)){` fragt ab, ob die oben genannte Situation zutrifft. Ist dies nicht der Fall, wird das Instruments mit seiner eingestellten Lautstärke hörbar gemacht. Die Funktion wird nur auf den Soundchannel angewendet, der aktiv ist. Dies wird über eine if-Bedingung abgefragt.

5.5.5 Mikrofonauswahl

Die Auswahlfelder für die Mikrofone sind jeweils MovieClips. In diesen verschachtelt ist ein weiterer Movieclip, in dem sich das Dropdownmenü befindet. Die wichtigste Funktion des Mikrofonbuttons ist `mainbtnpush`. Sie wird ausgelöst, wenn auf den

Button geklickt wird. Jedes Instrumentenfeld beinhaltet jeweils zwei dieser Buttons. Jedem Button wird ein Soundchannel zugeordnet. Wird auf den Button geklickt, wird die Sounddatei, die diesem Soundchannel zugeordnet ist, hörbar. Der Soundchannel des anderen Mikrofonbuttons wird unhörbar. Die Sounddatei, die dem Mikrofonsignal eines Mikrofons entspricht, kann durch Auswahl im Dropdownmenü dem Mikrofonbutton zugeordnet werden. Welches Mikrofonsignal dem Button gerade zugeordnet ist, kann durch den Text auf dem Button erkannt werden. Nur diese Technik erlaubt einen sauberen Wechsel ohne Knacksen und Pausen zwischen den Mikrofonen, unabhängig von den Systemeigenschaften des Users. Welcher der beiden Buttons beziehungsweise Soundchannels beispielsweise der Bassdrum gerade aktiv ist, wird durch eine Variable `bassdrum1on` geklärt. Für die Snare heißt diese Variable `snare1on` und so weiter. Steht sie auf `true`, ist der linke Button und somit der erste Soundchannel des Instruments aktiv. Steht sie auf `false`, ist demnach der zweite Button und der zweite Soundchannel aktiv.

Wird auf den Button geklickt, wird dessen Soundchannel hörbar, der Soundchannel des anderen Mikrofonbuttons wird unhörbar gemacht. Danach müssen nur noch die visuellen Änderungen ausgeführt werden, das heißt der aktuelle Button soll gedrückt erscheinen, der andere hingegen nicht mehr.

Der Wechsel der Mikrofone innerhalb der Mikrofonbuttons findet eine Ebene unter dem MovieClip der Mikrofonbuttons statt, das heißt in einem weiteren MovieClip. Er beinhaltet das Dropdownmenü. Die wichtigste Funktion für das Dropdownmenu ist `micwechsel`. Sie wählt das Mikrofonsignal aus, dass der Benutzer in den Mikrofonbutton wählt. Je nachdem, ob er gerade aktiv ist, wird das Signal, während es hörbar ist, gewechselt. Im Gegensatz zu dem Wechsel zwischen beiden Mikrofonbuttons ist hier unter Umständen ein Knacksen oder Delay zu hören, wenn das aktive Mikrofon während der Wiedergabe gewechselt wird. Diese Funktion wird aufgerufen, wenn auf einen der Dropdownmenübuttons geklickt wird. Die Funktion wurde so implementiert, dass von allen Dropdownmenübuttons die gleiche Funktion aufgerufen wird, und dann mit dem richtigen Mikrofonsignal durchgeführt wird.

Die Funktion muss alle Soundchannels stoppen, auch wenn nur einer geändert werden muss, um die Synchronität der Soundchannels untereinander auf jedem System zu wahren. Sind die Soundchannels gestoppt, wird anhand einer Variablen

ermittelt, auf welches Mikrofon geklickt. Danach wird dessen Sound gespeichert. Als letztes werden alle Soundchannels wieder gestartet, der neue Sound wird durch seinen Soundchannel wiedergegeben. War die Wiedergabe nicht aktiv, entfällt das Starten und Stoppen der Soundchannels, es muss nur der richtige Sound erkannt und gespeichert werden.

6. Kritische Betrachtung des Programms

6.1 Aufnahmen

6.1.1. Performance der Künstler

Wie bereits erwähnt, gibt es beim mehrmaligen Aufnehmen des gleichen Stücks Unterschiede in der Performance des Künstlers. Diese reichen von kleinen Nuancen wie dem ungleichen Anschlagen von Saiten einer Gitarre bis hin zu großen Unterschieden wie der Betonung und Intonation des Sängers. Diese Variation in der Performance kann nie ganz ausgeschlossen werden. Durch die Arbeit mit professionellen Künstlern können diese Unterschiede aber relativ gering gehalten werden. Deshalb gab es für die Aufnahmen zwei Alternativen. Zum Einen das Aufnehmen mehrerer Takes, wodurch es ermöglicht wird, die Mikrofone immer an exakt dieselbe Stelle, zum Beispiel mit Hilfe einer Schablone, zu positionieren. Zum Anderen werden die Mikrofone gleichzeitig positioniert, wodurch nur ein Take aufgenommen wird. Hier ist die jeweilige Position der Mikrofone allerdings nicht gleich.

Für das Programm wurde der zweite Weg gewählt. Dies hat zwei Gründe. Einerseits wurde nicht mit professionellen Musikern gearbeitet, dadurch sind die Unterschiede in der Performance von Take zu Take zum Teil erheblich. Andererseits kann so ausgeschlossen werden, dass bestimmte Mikrofonhersteller mit dem Take, der mit ihrem Mikrofon aufgenommen wurde, unzufrieden sind. Die Grundvoraussetzung gleichbleibender Performance ist so für alle Mikrofone gegeben.

Durch Tests zeigte sich, dass die Unterschiede der Performance deutlich schwerer wiegen, als die Unterschiede ungleicher Mikrofonpositionen. Der klangliche Einfluss

durch die unterschiedliche Position ist je nach Instrument relativ gering.

6.1.2. Übersprechen

Das Übersprechen von anderen Instrumenten auf ein Mikrofon hat sich in zweierlei Hinsicht als störend erwiesen. Es beeinflusste den gesamten Aufnahmeprozess. Denn eigentlich sollte ein Musikstück dieser Musikrichtung mit allen Musikern gleichzeitig aufgenommen werden. Nur so kann die beste Performance und ein gutes Zusammenspiel, was zugleich ein gutes „Feeling“ bedeutet, mit den Mikrofonen eingefangen werden. Dieses Vorgehen war aber aufgrund des Übersprechens nicht möglich, da das Übersprechen bei einem Vergleich verschiedener Mikrofone, vor allem, wenn ein Instrument auf *solo* geschaltet ist, sehr störend ist. Hätte man trotzdem alle Musiker gleichzeitig aufgenommen, wäre vor allem das Schlagzeug auf den Gitarrenmikrofonen und den Gesangsmikrofonen recht laut hörbar.

Beim Schlagzeug lässt sich das Übersprechen natürlich nicht vermeiden. Hier ist es teilweise auch gewollt, zum Beispiel auf den Overheadmikrofonen, da sie das gesamte Schlagzeug abbilden sollen. Die Mikrofone der Snare und der Bassdrum jedoch sollten von Übersprechen weitestgehend freigehalten werden. Ist dies bei der Bassdrum noch recht einfach, da die Bassdrummikrofone aufgrund ihrer Position schon sehr wenig Übersprechen aufnehmen, ist es bei der Snare umso komplizierter. Der Grundansatz wäre, den Rücken eines Nierenmikrofons auf die HiHat zeigen zu lassen. Bei der Mikrofonierung der Snare mit mehreren Mikrofonen ist dies natürlich nicht für alle möglich. Sie müssen im Halbkreis angeordnet werden und haben somit jeweils einen unterschiedlichen Anteil an Übersprechung. Da zum Zeitpunkt der Aufnahmen geplant war, auch die Toms in das Programm zu integrieren, mussten zwei Snaremikrofone rechts der hohen Tom platziert werden, damit der Schlagzeuger die Tom erreichen kann. Diese beiden Mikrofone haben folglich einen noch größeren Anteil an Übersprechen aufgenommen.
Diese Tatsache ist für den Vergleich nachteilig, deshalb wurde die *Resample*option integriert, damit die Signale der Mikrofone auch in ihrer Reinform und ohne Übersprechen verglichen werden können.

6.1.3. Mix

Der im Programm hörbare Mix ist ebenfalls ein Problem für den Vergleich. Grundsätzlich kann kein Mix gemacht werden, der jedem Hörer subjektiv gleich gut gefällt. Schon dies kann sich als Nachteil für den Vergleich auswirken.

Das zweite Problem ist, dass bei Auswahl unterschiedlicher Mikrofone auch unterschiedliche Frequenzzusammensetzungen entstehen. Als Beispiel ist hier der Gesang zu nennen. Wird ein dynamisches Mikrofonsignal ausgewählt, ist der Gesang durch den Nahbesprechungseffekt dumpfer, was auch den Mix dumpfer macht. Der Gesang setzt sich dann nicht mehr so gut durch, als wenn ein Kondensatormikrofon ausgewählt wurde. Diese Wechselwirkungen im Mix treffen auf alle Instrumente und ihre jeweiligen Mikrofonsignale zu. Dies führt dazu, dass für das Programm kein Mix möglich ist, der alle Mikrofonsignale gleich präsent darstellt. Es war daher nur möglich, einen Mix mit jeweils einem Mikrofonsignal jedes Instrumentes zu machen und danach alle anderen Mikrofonsignale des Instruments jeweils auf die gleiche Lautstärke anzupassen. Dass dies zu einem undurchsichtigen Mix führen kann, je nachdem, welche Mikrofone gewählt werden, muss so akzeptiert werden. Allerdings ist durch die Lautstärkeangleichung auch gewährleistet, dass alle Signale eines Instruments gleich laut sind, wenn man sie auf *solo* vergleicht.

6.1.4. Wiedergabe beim User

Die Klangqualität allgemein und auch die Vergleichbarkeit ist ebenfalls abhängig von den Abhörbedingungen des Hörers. So wird ein Hörer, der den Vergleich mit PC-Lautsprechern oder einem mp3-Kopfhörer durchführt, einen deutlich schlechteren Vergleich erzielen können, als ein Hörer, der zumindest auf ein Homerecordingstudio mit einer professionellen Studioabhöre zurückgreifen kann. Verstärkt wird dieses Problem dadurch, dass zwischen manchen Mikrofonsignalen nur sehr geringe Unterschiede zu hören sind, zum Beispiel bei den drei Kondensatormikrofonen für den Gesang. Hinzu kommt, dass viele nicht tonaffine Hörer zu Hause ein extremes Equalizing in ihrer Soundkarte oder ihrer Abhöre eingestellt haben. Meist wird dies eine starke Anhebung der Höhen und Bässe sein, ähnlich des Loudnessknopfs einer Stereoanlage. Das führt weiter zu einer Verschlechterung der Vergleichbarkeit.

Ein letzter Punkt in Bezug auf die Lautsprecher ist neben ihrem Frequenzgang auch ihre Grenzfrequenz. Consumerkopfhörer oder kleine Desktopboxen können meist nicht die nötigen Tiefen wiedergeben, oder klingen in diesen Bereichen undifferenziert. Dies verschlechtert zum Beispiel den Vergleich verschiedener Bassdrummikrofone. In diesem Zug ist auch das Problem des Raums zu nennen. Denn natürlich hat auch dieser erwiesenermaßen einen großen Einfluss auf das wiedergegebene Klangbild.

6.2 Programm

6.2.1 Synchronität

Da das Synchronitätsproblem gelöst wurde, ist es aktuell für den Vergleich nicht mehr relevant. Es können beim Auswählen der Mikrofone in den Dropdownmenüs noch Knackser oder Delays auftreten, diese wirken sich aber nicht auf den filigranen Hörvergleich zweier Mikrofone durch die Mikrofonbuttons aus. Dennoch war die Synchronität der Soundchannels ein Problem, auf das während der Programmierung ständig geachtet werden musste. Die Lösung für den Hörvergleich war die Implementierung zweier Mikrofonbuttons, sodass in diese jeweils ein Mikrofon hinein gewählt werden konnte. Dadurch lassen sich diese beiden Mikrofone ohne das Synchronitätsproblem vergleichen. Welchen Grund dieses Problem hat und warum es bei manchen Systemen auftritt, bei manchen nicht und wenn es auftritt, warum es dann jeweils verschiedene Zeitunterschiede hatte, ließ sich nicht herausfinden. Diese Thematik wurde lediglich in einem Internetforum aufgegriffen, jedoch ohne Lösung. Auf den getesteten Systemen trat das Problem entweder nicht auf oder wies einen Delay von ca. 185 ms auf.

In den anderen Funktionen, das heißt, jedes Mal, wenn das Playback gestoppt werden muss oder ein Soundchannel mit einem neuen Sound gestartet werden muss, müssen alle Soundchannels gestoppt werden. Danach müssen sie alle an derselben Position wieder gestartet werden. Wird dieser Schritt nur mit dem entsprechenden Soundchannel ausgeführt, läuft dieser dann auf manchen Systemen asynchron.

Es hat sich erwiesen, dass das Delay auf den meisten Systemen auftritt und dann 185 ms beträgt. Deshalb wurden die Startwerte bei der Wiedergabe jedes Soundchannels mit 185 ms addiert. So ist auf den meisten Systemen ein sauber laufendes Playback möglich, selbst wenn andere Mikrofone im Dropdownmenü ausgewählt werden.

6.2.2 Dateiformat

Für das Programm kam als Dateiformat der Audiodaten nur *mp3* in Frage. Zum Einen kann Flash mit den meisten komprimierten Formaten nicht umgehen, zum Anderen generieren unkomprimierte Dateiformate zu große Datenmengen. Ein unkomprimiertes Dateiformat, wie zum Beispiel das wav-Format, wäre für den Hörvergleich besser gewesen, da die Audiodaten noch nicht nach psychoakustischen Verfahren reduziert wurden. Damit wäre die Qualität der Audiodaten noch besser gewesen. Allerdings sind die Unterschiede relativ gering, da im Programm nur hochqualitative mp3-Dateien mit 320 kbps vorkommen.

6.2.3 Performance des Programms

Die Datenmenge der Audiodaten ist sehr groß, da viele hochqualitative Sounddateien benötigt werden. Besonders online führt dies zu viel zu langen Ladezeiten. Wav-Dateien kamen nicht in Frage, da das Programm dann weit über 700 mb groß geworden wäre, was für so ein Tool kaum vertretbar ist. Online dürfte das Laden der Sounds im Programm nur dann erfolgen, wenn diese ausgewählt werden. Dadurch kommt es nur zu sehr kurzen Ladezeiten, wenn ein Mikrofonsignal ausgewählt wird. Durch diesen Weg ist aber ein recht kompliziertes Handling des Ladens der Sounddateien nötig. Dies Umzusetzen, hätte den Rahmen der Bachelorarbeit gesprengt. Dennoch wurde das Programm so implementiert, dass im Nachhinein eine Realisierung für das Internet möglich ist.

So, wie das Programm zum Ende der Bachelorarbeit implementiert ist, läuft es nur auf der Festplatte oder von der CD. Dadurch sind sehr schnelle Ladezeiten garantiert. Wird eine Onlineimplementierung in Betracht gezogen, wird jedoch auf jeden

Fall eine schnelle DSL-Leitung des Users benötigt.

7. Persönliches Fazit

Die Programmierung des Tools war für mich eine große Herausforderung, da meine bisherigen Programmierkenntnisse nur sehr grundlegend waren. Deshalb wäre Vieles wohl von einem erfahrenen Programmierer in einer anderen Weise implementiert und programmiert worden. Dennoch habe ich es geschafft, ein gut funktionierendes Programm für den Hörvergleich zu erstellen. Vor Probleme stellten mich meist das Handling der Audiodaten im Programm, das wie bereits erwähnt, mit Flash und Action Script nicht ganz optimal umgesetzt werden kann. Ziel war es anfangs auch, dass das Programm onlinefähig wird. Dies konnte nicht umgesetzt werden. Dennoch wurde das Programm so implementiert, dass es in Zukunft noch für das Internet umsetzbar ist.

Der Audioteil, der vor allem die Aufnahmen umfasst, war für mich einfacher zu lösen. Hier konnte ich schon einige Erfahrung aufweisen. Im Vorfeld der Thesis habe ich mit vielen Audioingenieuren über die Problemstellung gesprochen. Dabei hat sich herausgestellt, dass die gleichwertige Aufnahmesituation für jedes Mikrofon wohl der schwerste Teil werden würde. Die meisten Toningenieure rieten mir aber dazu, die Performance der Künstler mit allen Mikrofonen gleichzeitig aufzunehmen, da auch sie der Meinung waren, dass die Unterschiede in der Performance mehr ins Gewicht fallen, als leicht unterschiedliche Mikrofonpositionen. Eigentlich sollte die Thesis in Zusammenarbeit mit einer Firma durchgeführt werden. Die Firmen zeigten sich alle interessiert, jedoch war es meist ein KO-Kriterium, dass die Mikrofone nicht exakt gleich positioniert werden und zugleich dieselbe Performance aufgenommen werden konnte. Hier sprachen die Firmen Bedenken aus, dass eine Mikrofonfirma ihre Mikrofone als benachteiligt sehen könnte. Im Laufe der Arbeit wurde auch immer deutlicher, dass ein exakter, beinahe wissenschaftlicher Hörvergleich mit dieser Methodik nicht möglich sein würde. Dennoch ist das Programm nicht ungeeignet für einen Hörvergleich verschiedener Mikrofone. Der Grundsound jedes Mikrofons, sein Verhalten bei verschiedenen Instrumenten und in verschiedenen Situationen, sowie das Klangbild, das es liefert, kann sehr genau verglichen werden. Deshalb kann das Programm bei einer Kaufentscheidung sehr hilfreich sein. Eingesetzt werden könnte es für diesen Zweck zum Beispiel auf unabhängigen Portalen,

für die eine Beurteilung der Mikrofonfirmen nicht von großer Wichtigkeit ist.

Abschließend möchte ich sagen, dass es mit dem Tool trotz der in bestimmten Bereichen unfairen Situation zwischen den Mikrofonen möglich ist, sich ein genaues Bild über Klang eines Mikrofons zu machen.

Quellenverzeichnis

Bücher

Görne, Thomas: *Tontechnik*. 2., aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2008.

Enders, Roland: *das Homerecording Handbuch. Der Weg zu optimalen Aufnahmen.* 3., überarb. Aufl. München: Carstensen Verlag, 2003.

Bruce und Jenny Bartlett: *Practical Recording Techniques. The step-by-step approach to professional audio recording*. 3. Aufl. Woburn: Butterworth – Heinemann, 2002.

Hau, Andreas: d*er Homerecording Guide. Der kompakte Ratgeber für den optimalen Einstieg*. München: Carstensen Verlag, 2008.

Eisner, Uli: Mixing Workshop. *Leitfaden für Beschallung und Homerecording*. 2. Aufl. Bergkirchen: Presse Projects Verlags GmbH, 2000.

Schwarzer, Karl: *Alles über Mikrofone*. 1. Aufl. München: Karamanolis Verlag, 1982.

Pawera, Norbert: *Mikrofon-Praxis. Mikrofone - Aufnahmetechnik - Musikinstrumente*. 3., verbesserte und erweiterte Auflage. München: Franzis-Verlag GmbH, 1993.

Eargle, John: *The Microphone Book*. 2. Aufl. Oxford: Focal Press, 2004.

Dickreiter, Michael: *Handbuch der Tonstudiotechnik*. Band 1. 6., verbesserte Aufl. München: K.G. Saur Verlag KG, 1997.

Hauser, Tobias und Kappler, Armin und Wenz, Christian: *Das Praxisbuch Action Script 3. Aktuell zu Adobe Flash CS4*. Bonn: Galileo Press, 2009.

Bilder

Abb.2:
http://www.delamar.de/wp-content/uploads/2008/11/kurven-gleicher-lautstaerke.jpg

Abb.3:
Görne, Thomas: Tontechnik. 2., aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2008. S.254.

Abb.4:
http://masterclass-sounddesign.com/content_bonusmaterial/dynamischesmikrofon.htm

Abb.6:
http://1.bp.blogspot.com/_TtP6nGX3B9o/TSCrbkCGRTI/AAAAAAAAAC0/yW0F8-RvB-BA/s1600/cardioide.png

Abb.7:
http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Druckempf%C3%A4nger.png

Abb.8:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/Druckgradientenempf%C3%A4nger.png/380px-Druckgradientenempf%C3%A4nger.png

Abb.9:
Enders, Roland: das Homerecording Handbuch. Der Weg zu optimalen Aufnahmen. 3., überarb. Aufl. München: Carstensen Verlag, 2003. S.280.

Sämtliche anderen Grafiken und Bilder wurden selbst erstellt beziehungsweise fotografiert.

Programm und Daten