



Bachelorarbeit im Studiengang Audiovisuelle Medien

Studio Tutorials

-

Erklärungen zu wichtigen Bereichen der Studioproduktion Ton an der HdM,
Erstellung von Video Tutorials

vorgelegt von Tobias Van
an der Hochschule der Medien Stuttgart
am 23.10.2013

Erstprüfer: Prof. Oliver Curdt
Zweitprüfer: Prof. Jens-Helge Hergesell

Eidesstattliche Erklärung:

Hiermit versichere ich, Tobias Van, an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Studio Tutorials“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden. Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 23 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO der HdM) sowie die strafrechtlichen Folgen (gem. § 156 StGB) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Stuttgart, den 23.10.2013

Kurzfassung

In dieser Bachelorarbeit werden Teilaspekte der Studioproduktion Ton näher erklärt. Dabei wird gezielt auf Themen eingegangen, bei denen sich in vorangegangenen Studioproduktionen ein erhöhtes Fehlerpotential gezeigt hat. Studenten der Studioproduktion Ton sollen mit Hilfe der schriftlichen Erklärungen dieser Bachelorarbeit, sowie mit zusätzlich erstellten Video Tutorials, wichtige Themen selbstständig wiederholen können, um bereits Erlerntes zu festigen. Nach Grundlagen zu Mikrofonen und essentiellen Werkzeugen der Audibearbeitung, wird der Signalfuss des HdM Tonstudios behandelt. Der Schwerpunkt liegt auf der Erläuterung wichtiger Funktionen des Studer Vista 7 Digitalmischpults. Die diversen Aufgaben während einer Studioproduktion im Tonstudio werden beleuchtet. Die Video Tutorials greifen einzelne Themen des schriftlichen Teils noch einmal auf, gehen aber auch darüber hinaus.

Abstract

In this thesis some aspects of the sound studio production are explained in detail. It deals specifically with issues which have shown an increased potential for error in previous studio productions. With the written explanations of this thesis, as well as with additionally created video tutorials, students of the sound studio production can repeat important topics to consolidate already learned topics. After microphone basics and essential tools of audio processing, the signal flow of the HdM studio is treated. The focus is on explaining important features of the Studer Vista 7 digital mixing console. The various tasks during a studio production in the studio will be described. The video tutorials show explanations to specific topics on the written part but also show additional tasks.

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung.....	S. 8
2. Mikrofongrundlagen.....	S. 8
2.1 Grundbegriffe.....	S. 10
2.1.1 Übertragungsbereich und Frequenzgang.....	S. 10
2.1.2 Empfindlichkeit, Übertragungsfaktor, Übertragungsmaß.....	S. 11
2.1.3 Grenzschalldruckpegel.....	S. 12
2.1.4 Ersatzgeräuschpegel.....	S. 12
2.1.5 Dynamikbereich, Geräuschpegelabstand.....	S. 13
2.2 Richtcharakteristiken.....	S. 13
2.2.1 Anwendung.....	S. 13
2.2.2 Druckempfänger.....	S. 14
2.2.3 Druckgradientenempfänger	S. 16
2.3 Nahbesprechungseffekt.....	S. 18
3. Essentielle Werkzeuge der Audibearbeitung.....	S. 19
3.1 Der Kompressor.....	S. 19
3.2 Der Equalizer.....	S. 22
4. Hilfestellungen zur Studioproduktion Ton.....	S. 24
4.1 Mikrofon- und Spurenplan.....	S. 24
4.2 Signalfluss HdM-Studio.....	S. 27
5. Das Studer Vista 7 Digitalmischpult.....	S. 30
5.1 Analog vs. Digital.....	S. 30
5.2 Der eigene Title.....	S. 31
5.3 Das Routing.....	S. 31
5.4 Das Strip Setup.....	S. 35
5.5 Snapshots.....	S. 38
5.6 Der Vistonic Screen und die Kanalzüge.....	S. 39
5.7 Einbinden externer Effekte (Inserts).....	S. 43

6. Jobs im Laufe der Studioproduktion Ton.....	S. 45
6.1 Der Produktionsleiter.....	S. 45
6.2 Der Aufnahmeleiter.....	S. 46
6.3 Der Pult Operator.....	S. 47
6.4 Der Sequoia Operator	S. 47
6.5 Der Aufnahmeassistent.....	S. 48
7. Die Video Tutorials.....	S. 49
8. Quellen.....	S. 52
8.1 Literaturverzeichnis.....	S. 52
8.2 Abbildungsverzeichnis	S. 53
9. CD Inhalt.....	S. 54

1. Einleitung

Mikrofone sind das erste Glied in der Kette der akustisch-elektrischen Wandlung und somit eines der wichtigsten Instrumente im Tonstudio. Das HdM-Tonstudio bietet eine Vielzahl an verschiedenen (Studio-) Mikrofonen. Deswegen möchte ich zunächst allgemeine Begriffe zur Beschreibung von Mikrofoneigenschaften und Grundlagen der Mikrofontechnik erklären, um das Verständnis für den gezielten Umgang mit Mikrofonen zu verbessern. Die weiteren Erklärungen, sowie die Tutorial Videos, beschränken sich bewusst auf einige wichtige Themen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ziel ist die Unterstützung von Studenten beim Wiederholen dieser Themen, die in vergangenen Studioproduktionen nämlich erhöhtes Fehlerpotential zeigten.

2. Mikrofongrundlagen

Mikrofone sind, genau wie Lautsprecher, Schallwandler. Die Aufgabe eines Mikrofons ist die Umwandlung von Schallenergie in elektrische. Nur so können akustische Signale gespeichert, weiter bearbeitet, dupliziert und sinnvoll übertragen werden. Unterschieden werden muss zwischen Empfängerprinzip und Wandlerprinzip. Das Empfängerprinzip beschreibt die Umwandlung von akustischen in mechanische Schwingungen. Die anschließende Wandlung in elektrische Wechselspannung erfolgt durch das Wandlerprinzip.

Beschrieben wird das Empfängerprinzip hauptsächlich durch Membran-/Kapselaufbau. Es ist verantwortlich für die Richtcharakteristik, Reaktion des Systems auf Änderung des Winkels des Schalleinfalls und des Abstands von Signalquellen, beeinflusst so natürlich auch den Frequenzgang maßgeblich mit. Druckempfänger reagieren ausschließlich auf den Schalldruck, was eine Kugelcharakteristik zur Folge hat. Druckgradientenempfänger reagieren dagegen auf den Druckunterschied zwischen Membranvorderseite und Membranrückseite. So entsteht je nach Aufbau eine der vielen möglichen mehr oder

weniger gerichteten Charakteristiken Acht, Niere bzw. eine ihrer Zwischenformen. Der Zusammenhang von Empfängerprinzip und Richtcharakteristik wird im Unterkapitel Richtcharakteristik näher beschrieben.

Von den verschiedenen Wandlerprinzipien kommen im Studio fast ausschließlich das elektrostatische und das elektrodynamische Wandlerprinzip zum Einsatz. Ersteres kommt bei Kondensatormikrofonen zum Einsatz, letzteres bei dynamischen Mikrofonen (Tauchspulmikrofone, Bändchenmikrofone). Die eben erwähnten sollen kurz beschrieben werden:

Elektrostatische Wandler gehören zu den Elongationswandlern. Die abgegebene Wechselspannung ist hier proportional zur Membranauslenkung. Sie funktionieren nach dem Prinzip des Plattenkondensators, wobei hier die Elektrode als eine feste Platte ausgeführt ist, die Gegenelektrode allerdings als bewegliche Membran. Je nach Abstand der Membran zur Elektrode ändert sich nun die Kapazität C des (Luft-)Kondensators. Die Ladung Q ist konstant durch konstante elektrische Vorspannung.

Elektrodynamische Wandler zählen zu den Geschwindigkeitswandlern. Die abgegebene Spannung ist hier der Geschwindigkeit der Membran proportional (was in einem Phasenversatz von 90° der abgegebenen Wechselspannung in Bezug zum Elongationswandler resultiert). Sie funktionieren nach dem Prinzip der Induktion. Hier bewegt sich der Leiter, von der Membran angetrieben, in einem Magnetfeld und induziert so eine Spannung.

2.1 Grundbegriffe

Die Folgenden Grundbegriffe werden oft zur Beschreibung von Mikrofonen verwendet. Ihre Bedeutung soll deshalb jeweils kurz erläutert werden.

2.1.1 Übertragungsbereich und Frequenzgang

Der Übertragungsbereich, also die vom Mikrofon wandelbaren Frequenzen, wird meist eher plakativ angegeben mit Aussagen wie „20Hz bis 20 kHz“ und hat an sich recht geringe Aussagekraft, da Informationen über Art der Messung oder Toleranzen in der Regel ausbleiben.

Aufschlussreicher ist der Frequenzgang oder die Frequenzkurve. Sie zeigt das Übertragungsmaß in Abhängigkeit von der Frequenz. Diesbezügliche Messungen beziehen sich auf den Direktschall. Sie werden also im Schalltoten Raum durchgeführt und beziehen sich auf senkrecht auf die Membran auftreffenden Schall (ebene Welle). Auch hier hängt die Vergleichbarkeit natürlich auch immer davon ab, welche Toleranzen beim erstellen der Kurve angesetzt wurden. Außerdem verändert sich der Frequenzgang mitunter erheblich, wenn Schall nicht nur senkrecht, sondern auch seitlich auf die Membran trifft. Dies entspricht allerdings der realen Aufnahmesituation, da immer auch Diffusschall zusätzlich zum Direktschall auftritt. Je weiter die Schallquelle vom Mikrofon entfernt ist, desto mehr Diffusschall trifft auf. So erklärt sich (wenn auch nicht ausschließlich), warum Mikrofone mit augenscheinlich gleichem Frequenzgang in der realen Aufnahmesituation deutlich unterschiedlich klingen können. Der Diffusfeldfrequenzgang kann

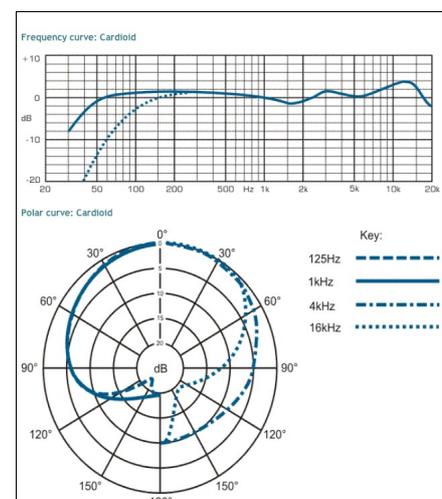


Abb. 1: Frequenzgang und Polardiagramm eines AKG C 214 Kondensator-Großmembranmikrofons mit Nierencharakteristik

zwar aus dem Polardiagramm abgeleitet werden, ist aber mit etwas Aufwand verbunden und auf die im Polardiagramm angegebenen Frequenzen beschränkt. Das Polardiagramm zeigt die Empfindlichkeit für bestimmte Frequenzen in Abhängigkeit vom Einfallswinkel und ist auf 0° normiert (Angegebener Frequenzgang). Hieraus lässt sich also die Richtcharakteristik ablesen.

2.1.2 Empfindlichkeit, Übertragungsfaktor, Übertragungsmaß

Häufig wird bei Mikrofonen die Empfindlichkeit angegeben. Dieser Begriff ist allerdings etwas ungenau und kann entweder den Übertragungsfaktor oder das Übertragungsmaß beschreiben. In jedem Fall wird die Ausgangsspannung des Mikrofons in Bezug zum Schalldruck am Mikrofon angegeben. Wenn nicht anders angegeben beträgt dieser 94 dB bei einer Frequenz von 1 kHz. Der Übertragungsfaktor wird in mV/Pa angegeben, das Übertragungsmaß in dB, bezogen auf einen Übertragungsfaktor von normalerweise 1 V/Pa. Ein Mikrofon mit einem Übertragungsfaktor von 20 mV/Pa hat ein Übertragungsmaß von etwa -34 dBV re 1 V/Pa (re = „in Bezug auf“). Typische Werte für den Übertragungsfaktor sind

- bei dynamischen Mikrofonen: ca. 1-3 mV/Pa
- bei Kondensatormikrofonen: ca. 10-40 mV/Pa.

AKG: C214



Electrical Characteristics

Frequency Response	20Hz - 20kHz
Output Sensitivity	20.0mV/Pa
Max SPL	136dB - 0.5% THD
Self Noise (CCIR)	
Self Noise (DIN/IEC)	13dB-A
Output Impedance	200 Ω
Recommended Load	1.0 k Ω
Powering	Phantom 12-48
Supply Current	2.0mA
Alternative Powering	

Abb. 2: Technische Daten am Beispiel des AKG C 214

2.1.3 Grenzschalldruckpegel

Der Grenzschalldruckpegel gibt an, ab welchem Schalldruck mit einem bestimmten Klirrfaktor zu rechnen ist. In den meisten Fällen bezieht sich die Angabe auf einen Klirrfaktor von 0,5%, teilweise aber auch auf 1% (der entsprechende Grenzwert kann so oft um ca. 6 dB angehoben werden). Für gewöhnlich liegt die Begrenzung eher in der elektrischen Schaltung als in der Kapsel. Bei dynamischen Mikrofonen wird auf die Angabe eines Grenzschalldruckpegels oft verzichtet, da sie extrem hohe Schalldrücke ohne entsprechende Verzerrung verarbeiten können.

2.1.4 Ersatzgeräuschpegel

Der Ersatzgeräuschpegel beschreibt den Pegel, bei dem Signal- und Rauschpegel eines Mikrofons gleich groß sind. Entsprechend leise Signale können zwar gehört werden, werden aber eben vom Eigenrauschen des Mikrofons überlagert. Er steht immer in Bezug zum Übertragungsfaktor des Mikrofons. Er stellt das Rauschen des Mikrofons als den Pegel dar, den ein äquivalentes, nicht rauschendes Mikrofon abgeben würde, würde es mit dem Ersatzgeräuschpegel beschallt werden. Bei den Herstellerangaben stellt sich außerdem die Frage, ob und wie die entsprechenden Angaben bewertet wurden. A-bewertete Pegel stimmen zwar zum einen auch eher mit unserem Hören überein, lassen die Datenblätter aber auch besser aussehen, da tieffrequente Anteile weitgehend vernachlässigt werden. Eine weitere gebräuchliche Bewertung ist z.B. die nach CCIR.

2.1.5 Dynamikbereich, Geräuschpegelabstand

Der Dynamikbereich eines Mikrofons berechnet sich aus der Differenz von Grenzschalldruckpegel und Ersatzgeräuschpegel. Der Geräuschpegelabstand bezieht sich stattdessen auf den Vergleichspegel 94dB. 94dB minus Ersatzgeräuschpegel ergibt den Geräuschpegelabstand. Am Beispiel des AKG C 214 (Abb. 2) wären das:

- Dynamikbereich: 136 dB (Max SPL) – 13 dB (Self Noise, A-bewertet) = 123 dB-A
- Geräuschpegelabstand: S/N re 94 dB = 94 dB – 13 dB-A = 81 dB-A

Max SPL steht für Maximum Sound Pressure Level (= Grenzschalldruckpegel), Self Noise = Ersatzgeräuschpegel. Da der Ersatzgeräuschpegel hier A-gewertet angegeben ist, ist diese Bewertung auch auf das Ergebnis zu übertragen. Wäre der Grenzschalldruckpegel für 1% THD (Total Harmonic Distortion = Klirrfaktor) angegeben, müssten vom entsprechenden Wert 6 dB abgezogen werden, um ihn mit dem bei 0,5% THD zu vergleichen.

2.2 Richtcharakteristiken

2.2.1 Anwendung

Als Grundformen der Richtcharakteristiken werden Kugel, Niere und Acht bezeichnet. Die verbreitetsten Zwischenformen sind Breite Niere, Superniere, Hypernieren und Keule. Die Verwendung von Mikrofonen mit unterschiedlich richtender Wirkung macht Sinn, wenn man beeinflussen will, wie viel Diffusschall im Vergleich zum Direktschall aufgenommen werden soll. Im Zusammenspiel mit dem Raum und dem Abstand zur Signalquelle können Richtcharakteristiken also bewusst (und kreativ) eingesetzt werden. Die Ausblendung von Störschall ist umso besser, je näher das Mikrofon an der Signalquelle ist. Der Hallradius, also der Abstand zur Schallquelle, an dem Direkt- und Diffusschall gleich laut sind, hängt natürlich von der Umgebung (dem Raum) ab.

Richtmikrofone (Richtcharakteristik Keule) können selbst bei dreifachem Hallradius teilweise noch effektiv Diffusschall ausblenden. Bei gleichem Abstand zur Signalquelle lassen sie die verschiedenen Richtcharakteristiken unterschiedlich weit entfernt wirken.

Das bedeutet auch man kann gerichtete Mikrofone weiter von der Schallquelle entfernt aufstellen als ein Mikrofon mit Kugelcharakteristik, ohne den Anteil von Direkt- und Diffusschall zu verändern.

Abbildung 3 zeigt die relativen

Abstandsfaktoren, bezogen auf die

Kugelcharakteristik mit dem Wert 1. Zu ergänzen wäre hier noch die

Keulencharakteristik, die stark abhängig von der Frequenz einen Faktor von 1,7 bis 3,3 hat.

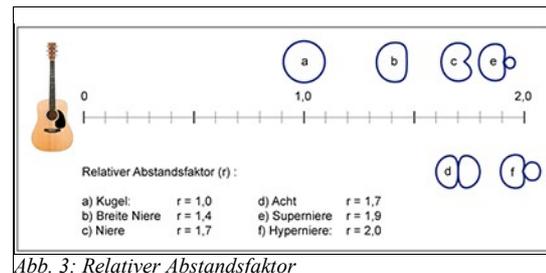


Abb. 3: Relativer Abstandsfaktor

2.2.2 Druckempfänger

Abbildung 4 zeigt den schematischen Aufbau einer Kapsel als Druckempfänger.

Die Rückseite der Membran (4) befindet sich in einem schalldichten Gehäuse (2).

Im Gehäuse herrscht der äußere Luftdruck, was durch eine kleine Öffnung zum Druckausgleich sichergestellt wird (6).

Diese reicht allerdings nicht aus, um die schnellen Änderungen des Schalldrucks auszugleichen. Die Membran wird in

Schwingung versetzt, sobald eine

spontane Schalldruckänderung ein Abweichen vom in der Kapsel herrschenden Druck bewirkt. Nun ändert sich der Druck bei auftreffenden Schallereignissen von vorne, aber

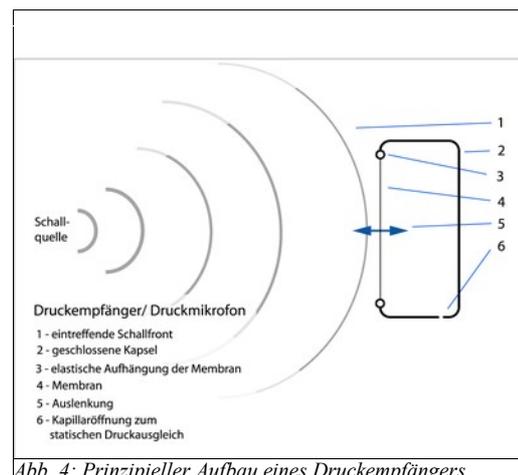


Abb. 4: Prinzipieller Aufbau eines Druckempfängers

auch Schallereignisse von der Seite und von hinten bewirken eine Änderung des Schalldrucks vor der Membran und somit ein Auslenken derselben. Der Druckempfänger hat somit immer eine Kugelcharakteristik und ist auch die einzige Reinform der Kugelcharakteristik. Allerdings weicht diese in der Realität immer von der idealen Richtcharakteristik ab. Dies hat die folgenden drei Ursachen:

- Schallabschottung:

Von hinten auftreffende Schallereignisse bewirken zwar eine Auslenkung der Membran, da sich Schall um Hindernisse beugen kann. Dies funktioniert jedoch nur für Wellenlängen, die im Vergleich zum Hindernis groß sind. Frequenzen, deren Wellenlänge also zunehmend kleiner als der Membrandurchmesser ist und die von der Rückseite der Membran kommen, werden auch immer stärker ausgeblendet. Ein Druckempfänger ist also zu hohen Frequenzen hin immer gerichteter.

- Interferenz:

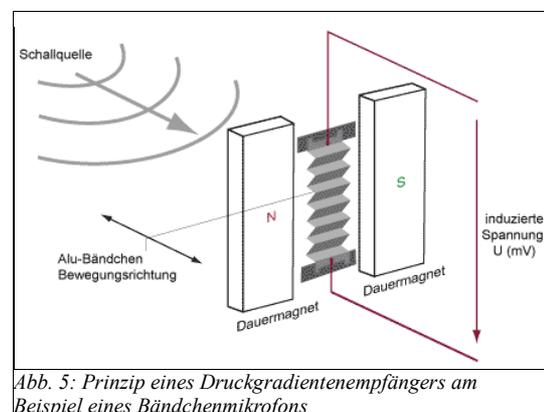
Während von vorne auf die Membran auftreffender Schall gleichphasig auftrifft, bringt seitlich auftreffender Schall zwangsweise immer auch einen Phasenversatz beim Auftreffen auf die verschiedenen Teilbereiche der Membran mit sich. So kommt es zu einer teilweisen Auslöschung des Signals, die Membran gerät ins „Taumeln“. Entspricht die Wellenlänge eines genau im 90° Winkel auftreffenden Schalls genau dem Membrandurchmesser, bewirkt dies eine exakte Auslöschung der Frequenz. Wollte man Schallabschottung und Interferenz vermeiden, müsste man eine so kleine Kapsel bauen, dass die jeweiligen Effekte erst bei Frequenzen auftreten, die nicht mehr übertragen werden sollen. Je kleiner die Kapsel, desto kleiner aber auch ihre Empfindlichkeit. Folglich steigt der Eigengeräuschpegel, was das Mikrofon irgendwann unbrauchbar macht, da das Nutzsignal nicht mehr ausreichend störfrei übertragen wird. In der Praxis haben Kleinmembran Studiomikrofone deshalb einen minimalen Membrandurchmesser von etwa 15mm.

- Druckstau:

Ein Druckstau entsteht, wenn Schallereignisse von einem Hindernis reflektiert werden (in dem Fall von der Membran). Der auftreffende und der reflektierte Schall überlagern sich direkt am Hindernis phasengleich und Erzeugen so einen Pegelanstieg von 6 dB. Der Effekt tritt ab der Frequenz auf, deren Wellenlänge kleiner als die des Hindernisses ist. So entsteht bei Druckempfängern also eine „natürliche“ Höhenanhebung. Bei Druckgradientenempfängern tritt dieser Effekt nicht auf. Der Effekt ist am stärksten bei senkrecht auftreffendem Schall und tritt bei einem Einfallswinkel von 90° nicht mehr auf. Auch dies bewirkt also eine Richtwirkung hin zu hohen Frequenzen.

2.2.3 Druckgradientenempfänger

Ein Druckgradientenempfänger reagiert nicht nur auf den Schalldruck von der Vorderseite der Membran, auch die Rückseite der Membran ist hier dem Schalldruck ausgesetzt. So überträgt ein Druckgradientenempfänger den Druckunterschied von Membranvorder- zu Membranrückseite. Die abgegebene Spannung ist somit der Schallschnelle proportional. Abb.5 zeigt den



schematischen Aufbau der Kapsel eines Bändchenmikrofons. Die Richtcharakteristik eines Druckgradientenempfängers ist die Acht. Der Druckunterschied bei senkrecht auf die Membran auftreffendem Schall ist maximal, und wird bei seitlichem Einfall geringer, da der Schall weniger Umweg um die Membran zurücklegen muss, der Phasenversatz und somit der Druckunterschied also immer kleiner werden. Bei einem Schalleinfallswinkel von 90° erfolgt keine Membranauslenkung, da der Schall sowohl

vorne als auch hinten zur gleichen Zeit eintrifft.

Weitere Richtcharakteristiken wie die Niere können durch ein Laufzeitglied erreicht werden, das den Weg von Membranvorderseite zu Membranrückseite verlängert und den hinten ankommenden Schall somit verzögert. Auch die geschickte Kombination von zwei Richtcharakteristiken kann zu einer neuen Richtcharakteristik führen

(Doppelmembranmikrofon). Hierbei werden zwei der drei

Richtcharakteristiken Kugel, Niere, Acht addiert oder subtrahiert. Idealerweise steigt

Auslenkung der Membran bei zunehmender Frequenz zunächst an und erreicht bei einem Phasenversatz von 180° zwischen Vorder- und Rückseite ein Maximum

(Wegdifferenz = halbe Wellenlänge), wird dann wieder geringer bis sie bei 360°

Phasenversatz 0 erreicht, um dann wieder anzusteigen und so weiter. Die mittlere

Wegdifferenz ist von der Konstruktion der Kapsel abhängig. Wenn die Laufzeit bzw. die

Wegdifferenz so gewählt wird, dass die Übergangsfrequenz (halbe Wellenlänge = mittlere Wegdifferenz) der höchsten zu übertragenden Frequenz entspricht, erreicht man eine

stetig steigende Empfindlichkeit bei ansteigender Frequenz (siehe Abb. 6). Um nun

einen möglichst geraden Frequenzgang zu erreichen, wird das Prinzip der Dämpfung

eingesetzt. Diese Dämpfung sollte zu hohen Frequenzen hin stärker werden, um dem

bisherigen Frequenzgang entgegenzuwirken. Dies kann beispielsweise durch

Massehemmung und Reibungshemmung erreicht werden. Massehemmung entsteht

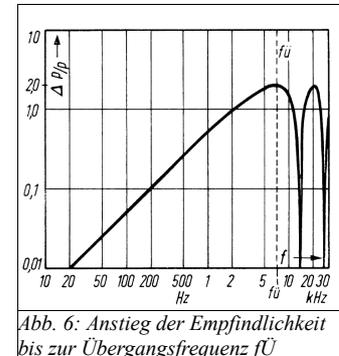
allein durch die Eigenmasse und die damit verbundene Trägheit der Membran. Diese

nimmt bei ansteigender Frequenz zu.

Ebenfalls bei höherer Geschwindigkeit und somit steigender Frequenz nimmt der

Widerstand durch Reibungshemmung zu. Sie entsteht durch die Luftbewegung, die die

Membran bewirkt. Genauer durch die Reibung der Luftmoleküle beim Austritt durch die Öffnungen der Rückseite der Kapsel.



2.3 Nahbesprechungseffekt

Ein sehr bekanntes und dennoch schwer zu erklärendes Phänomen bei Druckgradientenmikrofonen ist der Nahbesprechungseffekt. Es gibt viele Ansätze zur Beschreibung des Effekts. Unbestritten ist das Vorhandensein, das sich durch Anhebung tiefer Frequenzen in der Nähe der Schallquelle bemerkbar macht. Er setzt etwa ab der Wellenlänge der entsprechenden Frequenz ein und verstärkt sich bei Verkleinerung des Abstands. Er ist außerdem vom Einfallswinkel des Schalls abhängig. Die Richtcharakteristik der Niere ist eine Zwischenform der beiden Reinformen Kugel und Acht. Sie hat einen Anteil der beiden Charakteristiken von jeweils 50%. Der Nahbesprechungseffekt tritt nur bei Gradientenempfängern (Acht) auf, nicht jedoch bei Druckempfängern (Kugel). Der Anteil des Gradientenempfängers ist bei der Niere bei genau seitlichem Schalleinfall ($\pm 90^\circ$) 0. Dies veranschaulicht das Abnehmen des Nahbesprechungseffekts bei seitlichem Schalleinfall im Bezug auf genau senkrecht eintreffenden Schall.

Eine Erklärung für den Nahbesprechungseffekt ist die zunehmende Bedeutung des Druckunterschieds im Nahfeld. Hier bewirkt also nicht nur der Phasenversatz eine Auslenkung der Membran, sondern ebenfalls ein Unterschied der Amplitude. Wir befinden uns somit nichtmehr in der idealisierten Betrachtungsweise der ebenen Schallwelle im Fernfeld. Bei zunehmender Annäherung an die Schallquelle und bei tieferen Frequenzen nähert sich die Schallausbreitung immer mehr einer Kugelwelle. Bei einer Kugelwelle existiert ein Pegelabfall von etwa 6 dB pro Abstandsverdopplung und nicht, wie im Fernfeld, von etwa 3 dB. Je Näher sich also die Schallquelle am Mikrofon befindet, desto größer der Weg von Membranvorder- zu Membranrückseite. Somit kommt auch der Pegelunterschied bei der Membranauslenkung immer mehr zum tragen. Es gibt auch die Erklärung, dass der Abstand der Schalleinlässe des Druckgradientenempfängers die Ausprägung des Nahbesprechungseffekts proportional mitbestimmt. Es gibt noch einige weitere Erklärungsversuche die zunehmend komplexer und schwieriger nachzuvollziehen sind. So zum Beispiel die Krümmung der Wellenfront im Nahfeld, die zu einer Überhöhung der Schallschnelle im Vergleich zum Schalldruck.

Dies könnte zum Beispiel mit einem Phasenversatz von Schallschnelle und Schalldruck im Nahfeld begründet liegen. Auch eine feste Größe der „Krümmung“ kann angenommen werden, die besagt das höhere Frequenzen sich schneller einer ebenen Welle nähern als tiefe Frequenzen, von denen dann im Nahfeld mehr Wellenlängen in den Kreisumfang des Einheitskreises passen würden. Weitere Betrachtungen führen aber auch zu Widersprüchen. Die Vielzahl der Ansätze zur Erklärung des Nahbesprechungseffekts und ihre teilweise hohe Komplexität macht ihn zu einem interessanten und viel diskutierten Thema im Bereich der Mikrofontechnik.

3. Essentielle Werkzeuge der Audiotbearbeitung

Durch den heutigen Stand der digitalen Signalspeicherung und -bearbeitung stehen dem Nutzer in jedem professionellen Programm zur Audiotbearbeitung etliche Werkzeuge zur Verfügung. Dies kann für in diesem Bereich noch unerfahrene Studenten der Studioproduktion Ton schnell unübersichtlich werden. Dabei bedarf es zum Erstellen einer gelungenen Mischung von Aufnahmen neben Lautstärke- und Panoramaeinstellungen oft nur drei wesentlicher Werkzeuge. Dem Kompressor, dem Equalizer (auch Equalizer oder EQ) und der Raumsimulation. Gerade aber bei Kompressor und EQ sollten einige Grundkenntnisse zur gezielten Anwendung besonders verinnerlicht werden. Man sollte dann optimaler Weise bewusst Probleme beheben oder gewollt bestimmte Merkmale eines Signals hervorheben.

3.1 Der Kompressor

Ein Kompressor wird hauptsächlich eingesetzt, um die Dynamik eines Signals einzuschränken oder auf gewisse Weise zu „formen“. Dabei wird das Signal stets bei Überschreiten eines Schwellenwertes (Threshold) um einen gewissen Anteil (Ratio)

abgesenkt. Je niedriger der Threshold eingestellt ist, desto früher wird das Signal im Pegel reduziert. Je höher die Ratio eingestellt ist, desto stärker wird das Signal beim Überschreiten des Threshold im Pegel reduziert. Der Threshold wird in dB angegeben, die Ratio von 1:1 bis maximal 1:∞. Überschreitet ein Signal beispielsweise den Threshold um 8 dB und ist eine Ratio von 1:2 eingestellt, wird das Signal durch den Kompressor um 4 dB reduziert. Je näher die Einstellung der Ratio Richtung 1:∞ geht, desto eher wird der Kompressor zu einem Limiter. Das bedeutet, dass der Kompressor quasi kein Überschreiten des Thresholds zulässt, Pegelspitzen also regelrecht abschneidet.

Durch Einstellung von Attack und Release Zeit, also Ansprech- und Abklingzeit, kann die Arbeitsweise eines Kompressors weiter verändert werden. Die Attack Zeit legt fest, wann der Kompressor, nach dem der Threshold überschritten wurde, anfängt, den Pegel des Signals zu reduzieren. Die Release Zeit legt fest, über welchen Zeitraum der Kompressor, nachdem der Threshold wieder unterschritten wurde, die Pegelreduktion wieder aufhebt.

Die meisten Kompressoren verfügen über eine „Make Up Gain“ Funktion. Hiermit kann das Signal nach durchlaufen des Kompressors im Pegel wieder angehoben werden. Denn der Kompressor hat die Dynamik des Signal ja eingeschränkt, es also leiser gemacht. Wird das Signal so wieder auf (subjektiv) gleichen Pegel gebracht, kann beispielsweise durch An- und Ausschalten des Kompressors schnell seine Wirkung mit dem unbearbeiteten Signal verglichen werden. Das angleichen der Lautstärke macht deswegen Sinn, da lautere Signale in der Praxis meist auch als klanglich besser empfunden werden.

Einige Kompressoren bieten die das Umschalten zwischen „Soft Knee“ und „Hard Knee“ (evtl. auch Zwischenstufen). Im Hard Knee Modus setzt der Kompressor genau entsprechend den Einstellungen von Threshold, Ratio, Attack und Release ein. Im Soft Knee Modus fängt der Kompressor bereits vor Erreichen des Threshold an, mit einer niedrigeren Ratio zu komprimieren, komprimiert aber gleichzeitig später als im Hard Knee Modus erst mit der eingestellten Ratio. So wird also ein „weicher“ Übergang beim Einsetzen geschaffen, mit dem Ziel eine „unauffälligere“, „musikalischere“ Kompression

zu erzielen. Dies muss aber je nach Signal nicht unbedingt wünschenswert sein. Die „Sidechain“ Funktion erlaubt bei einigen Kompressoren das Ansteuern des Kompressors mit einem anderen Signal, als dem zu bearbeitenden. Die eingestellten Parameter reagieren dann also nichtmehr auf das Signal, dass die eigentliche Pegelreduktion durch die Bearbeitung erfährt, sondern auf das Signal, das dem Sidechain zugewiesen wird.

Inzwischen gibt es auch immer mehr Kompressoren, die es ermöglichen, das Verhältnis zwischen bearbeitetem und unbearbeitetem Signal zu mischen. Dieses Verfahren nennt sich Parallelkompression. Oft werden auf diese Weise Instrumente in einem Mix sehr stark komprimiert. Dieses „plattgedrückte“ Signal wird dem unbearbeiteten dann anteilig zugemischt. Dies kann einem Element im Mix unter Umständen gefühlt mehr „Durchsetzungskraft“ verleihen, aber das Signal auch subjektiv schlechter klingen lassen, was natürlich tendenziell für jede Art der Audibearbeitung gilt.

Einige typische Verwendungszwecke eines Kompressors bei der Musikmischung zur Veranschaulichung:

- Eine Gesangsspur hat eine zu große Dynamik. Der Gesang ist meistens gut in der Mischung zu hören, an manchen leiser gesungenen Passagen ist er aber kaum auszumachen. Durch den Einsatz eines Kompressors können die lauten Gesangspassagen im Pegel reduziert werden. Das Gesangssignal wird nun zwar erst einmal leiser, hat aber weniger Dynamik und kann insgesamt im Pegel angehoben werden, sodass die leiseren Passagen im Optimalfall nun gut zu hören sind, die lauterer aber trotzdem nicht unbedingt lauter sind, als vor dem Einsatz des Kompressors
- Das Schlagzeugsignal soll insgesamt „knalliger“ wirken, die Anschlaggeräusche der Trommeln (die Transienten) sollen also herausgearbeitet werden. Wird die Attack Zeit des Kompressors so eingestellt, dass der Kompressor erst nach den Transienten beginnt, den Pegel zu

reduzieren, wird tatsächlich erst der Ausklang der Trommeln im Pegel reduziert. Die Transienten treten also deutlicher hervor und das Schlagzeug klingt „knalliger“.

- „Konkurrieren“ Bass und Bassdrum in einer Mischung zu sehr, kann es sein, dass die Bassdrum leiser wahrgenommen wird, sobald der Bass zur gleichen Zeit spielt. Setzt man einen Kompressor auf dem Basssignal ein, der vom Signal der Bassdrum über den Sidechain geregelt wird, kann der Bass im Pegel reduziert werden, sobald die Bassdrum gespielt wird, um ihr mehr „Platz“ in der Mischung zu verschaffen.

3.2 Der Equalizer

Ein Equalizer wird genutzt, um gezielt einzelne Frequenzbereiche eines Signal anzuheben oder abzusenken. Dabei gibt es verschiedene wichtige Filtertypen für unterschiedliche Einsatzzwecke.

Bei Glockenfiltern (auch Peak oder Bell Filter) erfährt die sogenannte Mittenfrequenz (auch Center Frequenz) die größte Anhebung bzw. Absenkung. Je nach Einstellung der Filtergüte (auch Quality Factor oder kurz Q Factor), ist ein mehr oder weniger großer Bereich um die Center Frequenz ebenfalls von der Bearbeitung betroffen. Dabei werden die nächst höhere und nächst tiefere Frequenz, bei denen die Anhebung bzw.

Absenkung jeweils um 3 dB geringer als bei der Center Frequenz ist, als Grenzfrequenzen bezeichnet (nur aussagekräftig bei Anhebungen/Absenkungen von mehr als 3 dB). Je höher die Filtergüte, desto näher liegen die Grenzfrequenzen an der Mittenfrequenz. Bei hoher Filtergüte wird ein Glockenfilter auch als Kerb- oder Notchfilter bezeichnet. Man redet bei hohen Filtergüten von einer schmalbandigen Bearbeitung, bei niedrigen Filtergüten von einer breitbandigen Bearbeitung.

Kuhschwanzfilter (häufiger Shelffilter genannt) bearbeiten alle Frequenzen über oder unter der eingestellten Grenzfrequenz gleichermaßen. Ein Highshelffilter hebt oder senkt die Frequenzen über der ausgewählten Frequenz an bzw. ab. Hier bestimmt die

Filtergüte, inwieweit Frequenzen unterhalb der ausgewählten Frequenz mit bearbeitet werden. Umgekehrtes gilt für den Lowshelffilter.

Highcutfilter (auch Tiefpass oder Lowpass) dienen dazu, die Frequenzen über der eingestellten Grenzfrequenz (hier beträgt die Absenkung 3 dB) sehr stark abzusenken. Ein Lowcutfilter (auch Hochpass oder Highpass) senkt dementsprechend tiefe Frequenzen sehr stark ab. Die Ordnung n eines solchen Filters gibt an um wieviel dB pro Oktave (doppelter bzw. halber Frequenz) der entsprechende Frequenzbereich abgesenkt wird. Erste Ordnung = 6 dB/Oktave, zweite Ordnung = 12 dB/Oktave, dritte Ordnung = 18 dB/Oktave usw. Ein Highcutfilter erster Ordnung, dessen Grenzfrequenz (-3 dB) bei 1000 Hz liegt, senkt bei 2000 Hz um 9 dB ab, bei 4000 Hz um 15 dB etc. Jeder Filter hat immer auch einer Veränderung der Phasenlage von Teilen des Signals zur Folge, was sich zusätzlich auf den Klang des Signals auswirken kann. Es gibt jedoch auch (digitale) lineare Filter, die diese Eigenschaft minimieren oder garnicht mehr haben.

Bemerkt man bei einem Signal störende Resonanzen oder ist mit der Klangfarbe nicht zufrieden, weiß aber nicht welche Frequenzen man bearbeiten soll, kann man eine Technik anwenden, die sich Sweeping nennt. Hierzu stellt man einen schmalbandigen Glockenfilter am Equalizer ein und hebt mit diesem eine Frequenz stark an (welche ist erstmal nicht so wichtig). Man sollte jedoch darauf achten, die Abhörlautstärke vorher ggf. etwas herunter zu regeln. Nun kann man sich durch ändern der Mittenfrequenz des Filters auf die „akustische Suche“ nach dem gewünschten Frequenzbereich begeben (sweepen). So lässt sich beispielsweise eine störende Resonanz leichter identifizieren, und durch Absenken des so gefundenen Frequenzbereichs effektiv reduzieren.

Lowcutfilter werden oft in Mikrofone oder Mikrofonvorverstärker integriert, um dort etwa Tieffrequentes rumpeln durch Trittschall herausfiltern (deshalb auch Trittschallfilter genannt). Diese Filter haben meist eine Grenzfrequenz um 80-100Hz.

4. Hilfestellungen zur Studioproduktion Ton

4.1 Mikrofon- und Spurenplan

Jeder Studioaufnahme sollte zum möglichst reibungslosen Ablauf eine Phase der Planung und Vorbereitung vorausgehen. Maßgebende Faktoren sind dabei vor allem die zur Verfügung stehende Zeit, die Möglichkeiten der Aufnahmeräume und des Equipments. Wie viele Songs sollen in welcher Zeit eingespielt werden? Wie viele Instrumente/Musiker gibt es? Können sie zusammen einspielen? Können alle gemeinsam aufgenommen werden? Was steht mir an Mikrofonen und Aufnahmekanälen zur Verfügung?

Aber auch Kopfhörerrückwege müssen eingeplant werden, um den Musikern ein gutes Monitoring zu ermöglichen, ihnen also evtl. einen Klick im entsprechenden Songtempo zuspielen zu können, sowie eventuell ein Playback. Vor allem aber das, was sie selbst und ihre Mitmusiker spielen, im für den jeweiligen Musiker angenehmen Lautstärkeverhältnis. Nur so kann eine gute musikalische Darbietung der Musiker gewährleistet werden.

Ebenso wichtig für einen möglichst reibungslosen Ablauf ist die Kommunikation zwischen den Musikern im Studio und dem Pult-Operator bzw. dem Aufnahmeleiter in der Regie. Oft ist die Sprachverständlichkeit der Musiker im Aufnahmeraum durch die für die Aufnahme an sich wichtigen Mikrofone nicht automatisch gewährleistet. Für die Kommunikation müssen also eventuell weitere Mikrofone, sogenannte Spione einkalkuliert werden.

Um möglichst viele Fragen im Voraus zu klären, kann man einen Spuren- und Mikrofonplan, sowie einen Zeitplan für die Aufnahmen erstellen. So wird geklärt, welches Instrument mit welchem Mikrofon auf welcher Spur aufgezeichnet wird. Der Zeitplan hilft außerdem den Überblick im Verlauf der Produktion zu behalten.

	Instrument	Mikrofon
1	BD	BETA52
2	BD_sub	Subkick / BETA91
3	SN_top	C414
4	SN_bottom	C414
5	HH	MK 41
6	T1	BETA56
7	T2	BETA56
8	Perc (Cowbell/Glockenspiel)	BETA56
9	OH_L	MK5
10	OH_R	MK5
11	BASS_DI	DI-Box
12	BASS_Amp	M88 TG
13	E_GIT_DI	DI-Box
14	E_GIT_SM57	SM57
15	E_GIT_MK4	MK4
	Git 2 DI (Overdub)	
	Git 2 SM57 (Overdub)	
	Git 2 MK4 (Overdub)	
	Git 3 DI (Overdub)	
	Git 3 SM57 (Overdub)	
	Git 3 MK4 (Overdub)	
16	KEYS_1_L	DI-Box
17	KEYS_1_R	DI-Box
18	KEYS_2_L	DI-Box
19	KEYS_2_R	DI-Box
20	VOCALS	Brauner Valvet / KSM44
21	VOCALS_Overdub	TLM 170 R
	Voc3 (Overdub)	
	Voc4 (Overdub)	
22	Dave_Drums (Spion)	BETA58A
23	Alex_Bass (Spion)	BETA58A
24	Timo_Git (Spion)	BETA58A
25	Robin_Vox (Spion)	BETA58A
	AUX1_Dave_Drums (Kopfhöremix)	Stereo-AUX
	AUX2_Alex_Bass (Kopfhöremix)	Stereo-AUX
	AUX3_Timo_Git (Kopfhöremix)	Stereo-AUX
	AUX4_Robin_Vox (Kopfhöremix)	Stereo-AUX
	AUX5_FX	M7
	AUX6_FX	TC6000
	BackingTrack	Kopfhörer: Drums
	Klicktrack	Kopfhörer: Drums

Abbildung 7: Beispiel für einen Spurenplan aus der HdM Studioproduktion WS12/13

Abbildung 7 zeigt einen typischen Spurenplan aus der Studioproduktion des Wintersemesters 12/13. In der linken Spalte sind die Spurnummern bzw. der jeweils zu verwendende Kanal eingetragen. In der zweiten Spalte steht das aufzunehmende Instrument (und gleichzeitig die Beschriftung des entsprechenden Kanals am Mischpult und in der DAW). In der dritten Spalte findet sich die (Kurz-)Bezeichnung für das eing geplante Mikrofon bzw. eine DI-Box. In diesem Beispiel sind bei E-Gitarre und Vocals außerdem noch Overdubs eing geplannt. Für diese würde man am Studerpult die entsprechenden virtuellen Kanäle zusätzlich beispielsweise auf einer der unteren Ebenen bereitstellen. Diese zusätzlichen Kanäle greifen auf die selben Mikrofonvorverstärker

zu, die auch bei der ursprünglichen Aufnahme verwendet werden. In diesem Fall also jeweils Kanal 13-15 für die E-Gitarren Overdubs, sowie jeweils Kanal 21 für die Gesang Overdubs. Diese müssen dann aber auf bisher nicht belegte Ein- und Ausgänge der DAW gelegt werden, hier sollen ja zusätzliche Spuren aufgenommen werden. In der DAW müssen die entsprechenden Spuren natürlich ebenfalls erstellt werden. Man kann erkennen, dass für jeden der vier Musiker ein Spion zur Kommunikation eing geplannt wurde, außerdem jeweils ein Stereo Rückweg für das Kopfhörer Monitoring.

Wenn man an der Beschriftung dieser Kanäle die Namen und das Instrument der Musiker erkennen kann, erleichtert dies die Kommunikation zusätzlich. Für die Spione müssen in der DAW keine Spuren erstellt werden, da diese ja nicht aufgezeichnet werden müssen. Des Weiteren sind zwei Aux-Wege für Raumsimulationen/Hallgeräte eingeplant (M7, TC6000), die bei Bedarf den Musikern zum Monitorweg während der Aufnahme zugespielt werden können, wodurch sich diese aufgrund des nicht so „rohen“/trockenen Klangs teilweise wohler fühlen. Und je wohler sich der Künstler fühlt, desto bessere Leistungen kann er abrufen.

Es findet sich am Ende des Spurenplans außerdem ein Vermerk, dass der Schlagzeuger in diesem Fall einen eigens mitgebrachten Klicktrack sowie ein Playback mit bereits bestehenden Songelementen zur Orientierung mit auf die Kopfhörer bekommen soll.

Um den Spurenplan effizient umsetzen zu können, empfiehlt sich ein durchgehendes „1zu1-Routing“. Dies bedeutet eine konsequente Beibehaltung der Kanalbelegung vom Mikrofoneingang, bis zur Kanalbelegung in der DAW. Dies verhindert, dass während des weiteren Verlaufs der Aufnahme „um die Ecke“ gedacht werden muss und bedeutet in der Praxis den Ausschluss einer potentiellen Fehlerquelle. Dies klingt zwar Banal, ist aber in der Tat in der Praxis sehr hilfreich, da beim (virtuellen) Verdrahten während des Aufnahmeprozesses, also höchst wahrscheinlich unter einem gewissen Zeitdruck, schnell mal eine falsche Verknüpfung aufgrund von undurchsichtiger Signalführung erstellt ist. Dies führt dann gegebenenfalls zu weiterer Verwirrung und Fehlersuche usw...

Dies würde für obiges Beispiel bedeuten: Das XLR-Kabel des Shure Beta52 Mikrofons für die Bassdrum wird in der „Studerbox“ in den Vorverstärker-Kanal 1 gesteckt. Am Studer Pult wird entsprechend der Kanal „BD“ erstellt und mit dem Signal aus Preamp1 belegt. Ausgegeben wird dieser Kanal an den ersten Ausgang zur DAW (ProTools oder Sequoia). Dort wiederum erstellt man eine Audiospur mit Beschriftung „BD“, die von Input1 gespeist wird. Ihr Ausgang ist entsprechend Output1, welcher wiederum am bestehenden „BD“-Kanal am Studer Pult als DAW-Rückweg eingestellt wird.

Wenn so also für alle Kanäle verfahren wird, kann ein übersichtlicher Signalfluss geschaffen werden, der bei der dem Arbeitsablauf Produktion nicht unnötig im Weg ist.

4.2 Signalfloss HdM-Studio

Zur Umsetzung des vorher ausgearbeiteten Spurenplans ist es natürlich wichtig, den Signalfloss eines Studios (in unserem Fall den des HdM Tonstudios) zu kennen und nachvollziehen zu können. Grundsätzlich ist das HdM-Studio so konstruiert, dass man von jedem der Räume in jeden anderen Raum im Studio - teilweise sogar darüber hinaus - ein Signal legen kann. Hierzu ist irgendwo in jedem der Räume eine sogenannte Plugbox verbaut, also ein Steckfeld mit diversen Anschlüssen für aus- und eingehende Signale. Jedem einzelnen Anschluss ist durch eine Beschriftung anzusehen, an welchem Steckfeld (in welchem der Räume) sich sein anderes Ende befindet. Die Beschriftung ist aus Platzgründen sehr kurz gehalten, sie bedarf deswegen einer kurzen Erklärung. Das Studio beherbergt sechs Räume, deren jeweilige Bezeichnung aus ihrem Verwendungszweck und einem nachfolgenden Buchstaben von A bis F besteht. Abbildung 8 zeigt den skizzierten Aufbau des Studios mit der jeweiligen Raumbezeichnung.



Abbildung 8: Skizze der Raumaufteilung und -benennung im HdM Tonstudio

Die Plugboxen selbst haben eine Benennung wie z.B.: „PB D1“ für die Plugbox 1 in Studio D. Neben diesen Plugboxen gibt es noch ein großes Steckfeld in Technik F (auch Schaltraum), sowie die Studerbox (ebenfalls in Studio D), welche Mikrofonverstärker und weitere Ein- und Ausgänge des Studer Pults (in Regie A) beinhaltet. Deren Beschriftung ist jedoch nach dem gleichen Prinzip gestaltet. Die Anschlussbuchsen sind immer in Reihen angeordnet, die mit fortlaufenden Buchstaben gekennzeichnet sind. Die einzelnen Anschlussbuchsen sind nun durchnummeriert und/oder haben noch eine zusätzliche Beschriftung, die oft zusammenfassend für mehrere Buchsen ausgeführt ist.

Ein Beispiel anhand von
Abbildung 9:

Die ersten acht
Anschlussbuchsen der
Reihe A in Plugbox
„PB D1“ sind Eingänge
für den
Mikrofonvorverstärker
„PRE B1“ in Regie B.
Die entsprechenden
Signale können dort
dann beispielsweise via
Pro Tools aufgezeichnet

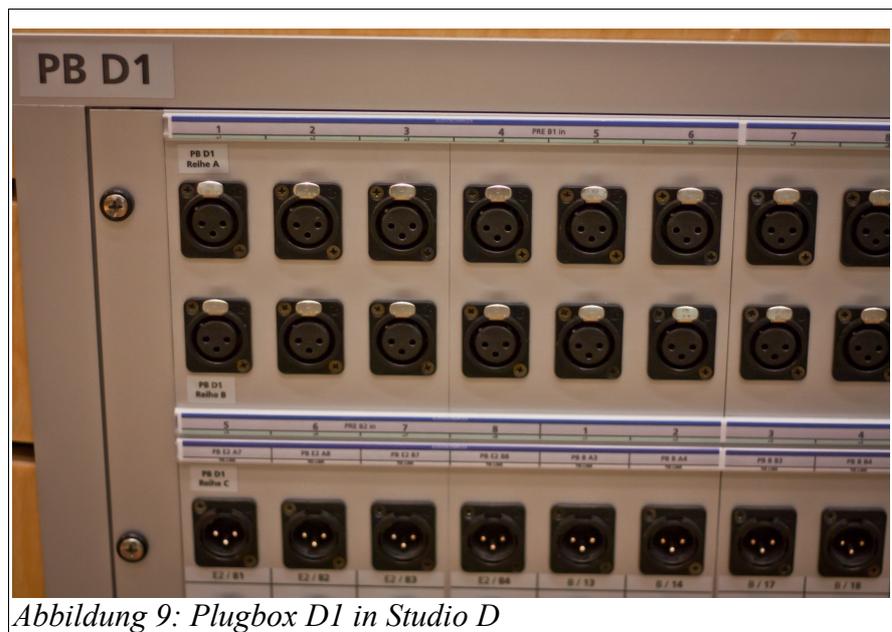


Abbildung 9: Plugbox D1 in Studio D

werden. Eine Ausnahme bei der Bezeichnung bildet das Steckfeld in Technik F, welches mit der Abkürzung „AP 4“ referenziert wird. Auch hier gibt es aber die Unterteilung in Reihen und eine jeweilige Beschriftung der Buchsen. Sollte eine Plugbox in einem der Studios oder Regien keine direkte Querverbindung zur gewünschten „Adresse“ zulassen, so kann immer der Umweg über das große Steckfeld in Technik F gemacht werden. Hier können diverse Signale hingeführt, abgegriffen und weitergeleitet werden. Hier finden sich auch diverse andere Abkürzungen, deren Bedeutung sich aber in Verbindung mit den den anderen Räumen zugeteilten Buchstaben A-E aus dem Kontext erschließen

lassen. „PB D1 QV“ sind Querverbindungen mit der Plugbox D1 in Studio D. An den Buchsen „PT B(1) out“ kann das Ausgangssignal von Pro Tools aus Regie B abgegriffen werden. Das Steckfeld in Technik F erlaubt also das Verschalten vieler Ausgänge und Eingänge miteinander. Sowohl analoge, als auch digitale Signale laufen hier an. Hierfür werden eigene Patch Kabel verwendet, die hinter der Eingangstür zum Technikraum zur Verfügung stehen. Wenn man dort für ein Projekt Querverbindungen gesteckt hat, passiert es leicht, diese nach getaner Arbeit zu vergessen. Dies könnte nachfolgenden Studenten unter Umständen vor eine müßige Fehlersuche stellen, da Signale unerwartet garnicht oder an anderen Stellen zu hören sind. Man sollte also möglichst daran denken, auch hier „aufzuräumen“.

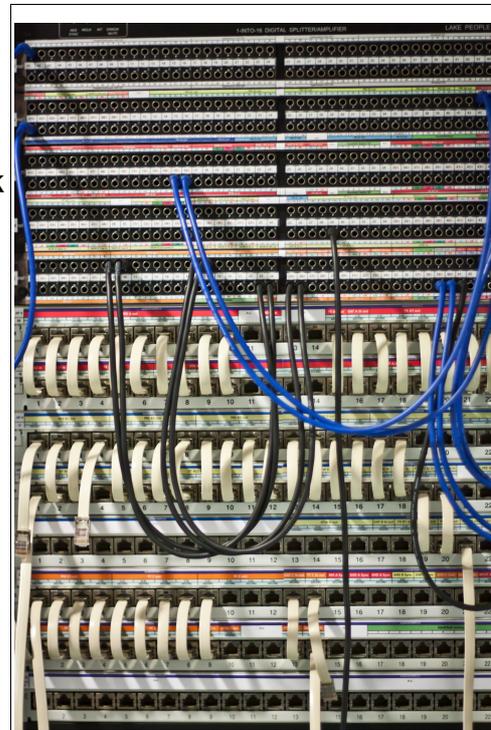


Abbildung 10: Das Steckfeld im Schaltraum (Technik F)

5. Das Studer Vista 7 Digitalmischpult

Das Studer Vista 7 ist ein komplexes Digitalmischpult und ist sozusagen das Herzstück des HdM Studios, da hiermit die Mehrheit aller Aufnahmen in der großen Regie A bewerkstelligt werden. Mit seiner Vielzahl an Funktionen kann es auf den ersten Blick etwas undurchsichtig wirken. Dieser Abschnitt soll deswegen die wichtigsten Funktionen des Pults erklären, die zum erfolgreichen Durchführen einer Aufnahme benötigt werden, um den Einstieg in das Arbeiten mit der Vista 7 Konsole während der Studioproduktion Ton zu erleichtern. Grundlagen eines analogen Mischpultes werden jedoch vorausgesetzt.

5.1 Analog vs. Digital

Ein analoges Mischpult hat eine bestimmte Anzahl an Kanälen mit Eingängen, um Signale zu empfangen, sie aufzubereiten und auf verschiedene Ausgänge gemischt oder einzeln wieder auszugeben. Im Wesentlichen stehen jedem Kanal dabei folgende Glieder zur Verfügung: Eingangssektion mit Vorverstärker, Entzerrer (Equalizer), evtl. Kompressor, Aux Sends (bzw. „FX Sends“), Panorama Regler und schließlich der Fader für die Regelung der Lautstärke, mit der das Signal des Kanals auf die (Stereo-) Summe ausgegeben wird. Im Grunde sind diese Aufgaben und Werkzeuge auch die eines digitalen Mischpultes wie dem Studer Vista 7. Es entstehen durch den digitalen Aufbau des Systems jedoch viele zusätzliche Möglichkeiten, die es gegenüber dem analogen Pendant vielseitiger, aber auch komplexer machen. Hier kann vieles den individuellen Ansprüchen eines Projektes oder des jeweiligen Benutzers angepasst werden. Sämtliche Einstellungen können zudem einfach gespeichert, kopiert und geladen werden. „Total Recall“ heisst hier das Stichwort, eines der schlagkräftigsten Argumente für digitale Systeme.

5.2 Der eigene Title

Nachdem der Spurenplan steht und das Prinzip des Signalflusses im Studio bekannt ist, soll das nächste Ziel sein, die Signale der eingeplanten Mikrofone etc. im Pult empfangen und regeln zu können. Ist das Pult hochgefahren, werden die zuletzt verwendeten Einstellungen geladen. Jeder Nutzer sollte sich seinen eigenen „Title“ erstellen (falls noch nicht geschehen), unter dem sämtliche Einstellungen gespeichert werden können, die man selbst während der Arbeit am Pult vornimmt. Auf dem Hauptbildschirm in der Mitte des Pultes einfach unter „File → New Title“ auswählen, um einen eigenen Title zu erstellen. Dieser sollte im Ordner des aktuellen Semesters (z.B. „WiSem13“) unter dem eigenen Namen (z.B. „Tobias Van“) gespeichert werden. Jedes mal, wenn man also selbst am Pult zu arbeiten beginnt, öffnet man zu allererst seinen eigenen Title („File → Open Title“). Nicht nur eigene Einstellungen können hier gespeichert und geladen werden, auch aus anderen Titles können Einstellungen importiert werden. Es können während einer Studioproduktion also beispielsweise auch alle Einstellungen zu einer bestimmten Aufnahme unter dem Title eines Studenten (etwa dem jeweiligen Projektleiter) gespeichert werden. Bei der späteren Mischung der Songs durch verschiedene Studenten können diese dann die benötigten Einstellungen als Ausgangspunkt für die weitere (eigene) Arbeit in ihren eigenen Title importieren und von dort aus beliebig individuell anpassen. Die Grundeinstellungen der Aufnahme stehen weiterhin auch allen anderen unverändert zur Verfügung.

5.3 Das Routing

Die Studerbox in Studio D beinhaltet die benötigten Ein- und Ausgänge des Studer Pults. Alle Mikrofone, DI Boxen, Kopfhörerverstärker etc. müssen also (banaler Weise) hier per XLR Kabel anlaufen, um am Pult angesteuert werden zu können. Der Spurenplan gibt die Reihenfolge der Anschlussbelegung vor. Gerade bei vielen helfenden Händen kann so Klarheit geschafft werden. Auch im Pult sollte nun die

entsprechende „digitale Verdrahtung“ durchgeführt werden. Solche Grundlegenden Einstellungen werden fast ausschließlich am großen Bildschirm der Konsole durchgeführt. In diesem Teil der Konsole befinden sich auch sämtliche wichtigen Taster, wie etwa für globale (das gesamte Pult betreffende) Einstellungen, Talkback usw. Zur Bedienung des Bildschirms sind, neben der Tastatur, die in Abbildung 11 gezeigten Elemente wichtig („Graphical Controller“). Der Trackball dient zum bewegen des Mauszeigers auf dem Bildschirm, sowohl die beiden unbeschrifteten Taster darüber, als auch die unteren, fungieren pro Paar als linke und rechte Maustaste. Meist ist für die komfortablere Bedienung auch eine kleine kabellose Maus an das Pult angeschlossen, welche zusätzlich genutzt werden kann. Über dem Trackball befinden sich Fünf Taster, mit denen jeweils ein dediziertes Fenster auf dem Bildschirm aufgerufen werden kann. Für das Einrichten des Routings benötigen wir zunächst nur den Taster mit der Aufschrift „Global Patch“. Mit den beiden Tastern „Make Clear Connect“ und „Clear Connect“ können im Global Patch Fenster mit einem Knopfdruck Verbindungen erstellt oder gelöst werden, was aber mit der Maus ebenfalls möglich ist.



Abbildung 11: Bedienfeld zum Hauptbildschirm des Pults

Die Bedeutung der anderen Taster wird im weiteren Verlauf der Arbeit erklärt. Im Global Patch Fenster können sämtliche Eingänge und Ausgänge des Pultes (ob analog oder virtuell) frei miteinander verschalten werden. Dies bestimmt also maßgeblich die Funktionsweise des Pultes und bedeutet, dass es auch hier lohnt, sich zur Vermeidung von Fehlern an den Spurenplan zu halten und eine möglichst transparente Beschriftung zu wählen. Das Global Patch Fenster zeigt auf der Y-Achse immer die Signallerkunft, die Quelle, an, auf der X-Achse stets das Ziel des Signals. Welches Signal soll also wohin geführt werden?

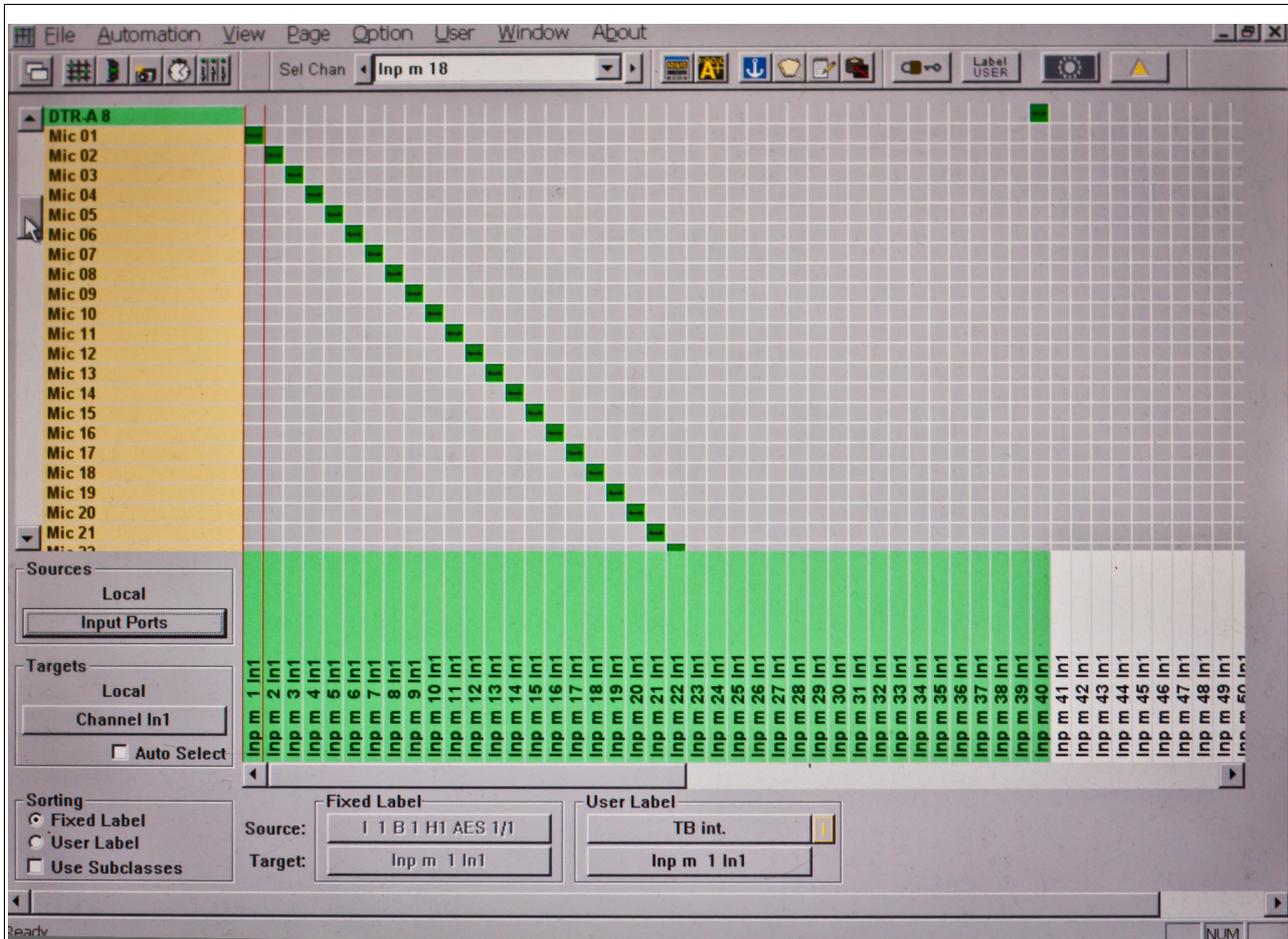


Abbildung 12: Das "Global Patch" Fenster, die Schaltzentrale des Studer Pults

Unter den angezeigten Signalquellen (bzw. links neben den angezeigten Zielen) befinden sich Schaltflächen, mit denen die Art der Quellen und der Ziele ausgewählt werden kann. Das Pult kann jeden Kanal mit zwei Signalen belegen, zwischen denen man dann entweder pro Kanal oder global für alle Kanäle umschalten kann. Die Mikrofonsignale sollen im „Channel In1“ der Kanäle, die Ausgänge der DAW in der zweiten Eingangsbank „Channel In2“ landen. Unter „Sources“ sollten also die „Input Ports“ ausgewählt sein. Unter „Targets“ zunächst „Channel In1“. Die Mikrofoneingänge sind standardmäßig der Reihe nach mit „Mic 01“ usw. benannt. Auf der X-Achse ist die erste Bank an Eingängen der virtuellen Pultkanäle zu sehen. Wählt man nun den Knotenpunkt „Mic 01“ ↔ „Inp m 1 In1“ an und drückt am Pult den Taster „Make Connect“, entsteht

unsere erste Verbindung zwischen dem ersten Mikrofonvorverstärker und dem ersten virtuellen (Mono-) Kanal des Pultes. Zieht man bei gedrückter Maustaste eine Markierung auf, die mehrere Knotenpunkte beinhaltet, kann man anschließend mit dem „Make Connect“ Taster ein durchgehendes Routing zwischen den beteiligten Kanälen erstellen. Zieht man also eine Markierung vom Knotenpunkt „Mic 01“ ↔ „Inp m 1 In1“ nach rechts bis zur Spalte des vierzigsten Kanals „Inp m 16 In1“, erstellt man eine Verbindung jeweils zwischen den ersten 16 Mikrofoneingängen und den ersten 16 Kanaleingängen der Bank „In1“. Die jeweilige Verbindung wird durch einen grün ausgefüllten Knotenpunkt visuell bestätigt. Natürlich können über den Taster „Clear Connect“ auf gleiche Weise bereits erstellte Verbindungen wieder gelöscht werden. Nun sollten die Mikrofoneingänge noch, dem Spurenplan entsprechend, beschriftet werden, da dieser Name später auch am jeweiligen Kanalzug angezeigt wird. Ein Klick auf die erste Schaltfläche unter „User Label“ öffnet ein Fenster, das die Eingabe einer neuen Beschriftung des ausgewählten Mikrofonkanals zulässt. Über die Tastatur des Pultes kann nun ein Name eingegeben werden, durch Klick auf „Next“, oder Drücken auf „Enter“ auf der Tastatur, kommt man zur Beschriftung des Nächsten Kanals. „OK“ bestätigt die letzte Eingabe und schließt das Fenster zur Beschriftung.

Nach dem gleichen Prinzip müssen nun noch die Ausgänge der DAW (z.B. „Sequoia 01“ usw.) mit der zweiten Eingangsbank der eben verwendeten virtuellen Kanaleingänge verknüpft werden. Bei den angezeigten Quellen muss lediglich weiter nach unten gescrollt werden, unter „Targets“ muss nun „Channel In2“ ausgewählt werden. Auch hier müssen die Quellen wieder entsprechend dem Spurenplan umbenannt werden.

Verwendet man für die Beschriftung der Mikrofoneingänge ausschließlich Kleinbuchstaben, für die Beschriftung der DAW Rückwege aber auch Großbuchstaben, so kann später an der Beschriftung der Kanäle schnell abgelesen werden ob das Mikrofonsignal oder der DAW Rückweg abgehört wird. Ist der erste Kanal für die Basedrum des Schlagzeugs vorgesehen würde man also „Mic 01“ in „bd“ umbenennen und „Sequoia 01“ in „Bd“ oder „BD“. Wird nun später über den ersten Kanal „In1“ abgehört, also das Mikrofonsignal, erscheint bei der Beschriftung „bd“. Ist aber „In2“ angewählt, also der DAW-Rückweg, ändert sich die Kanalbeschriftung zu „Bd“ bzw. „BD“.

Aux-Wege, die für das Monitoring und das Einbinden von beispielsweise einem Halleffekt essentiell sind, sollten ebenfalls im Global Patch Fenster eingerichtet werden. Hierzu werden als Quellen die „Direct Outs“ gewählt und als Ziele die „Output Ports“. Die Ausgänge der Aux Wege für die Kopfhörermixe sollen auf die physischen Ausgänge der Studerbox gelegt werden, um dort die Kopfhörerverstärker für die Musiker anzuschließen. In der Spalte der Direct Outs findet sich „Aux s 1 DirOut“, der Stereo Ausgang des ersten Stereo Aux Weges. Diesen wollen wir auf die (Mono-) Ausgänge 1 und 2 der Studerbox routen. Mit einem Rechtsklick auf den Knotenpunkt „Aux s 1 DirOut“ ↔ „Stagebox CH 01“ erscheint eine Auswahl, mit der der linke oder der rechte Kanal des Stereo Aux Weges auf den ersten Ausgang der Studerbox gelegt werden. Wir verbinden auf diese Weise den linken Ausgang mit „Stagebox CH 01“, den rechten mit „Stagebox CH 02“. Die weiteren drei Stereo Aux Wege für die Kopfhörermixe werden auf die folgenden sechs Ausgänge der Studerbox geleitet.

Das Pult kann noch weitere vier Stereo Aux Wege zur Verfügung stellen, welche auf gleiche Weise auf die Ausgänge zu den verfügbaren Hallgeräten geschickt werden können. Die Output Ports zum Bricasti M7 Hallgerät sind hier standardmäßig mit „M7 L“ bzw. „M7 R“ benannt. Das M6000 System von t.c. Electronic bietet zudem weitere acht Eingänge („M6000 CH 1“ ff.). Nun müssen noch die Rückwege der verwendeten Hallgeräte eingerichtet werden, um den Hall später auch abhören zu können. Diese sind wieder unter den „Input Ports“ zu finden („M7“ + „M7 R“, „TC1“ + „TC1 R“ usw.). Sie sollen, anders als die Mikrofoneingänge, auf Stereokanäle unter „Channel In 1“ geroutet werden („Inp s 1 In1“ ff.).

5.4 Das Strip Setup

Während im Global Patch Fenster die wichtigsten Einstellungen „unter der Haube“ vorgenommen werden können, dient das Strip Setup dazu, die visuelle Oberfläche der Studer Vista 7 Konsole zu gestalten. Hier kann man also festlegen welche Kanäle man

tatsächlich über die Kanalzüge des Pults bedienen möchte. Drückt man den Taster „Strip Setup“, der sich ebenfalls im Sektor „Graphical Controller“ befindet, öffnet sich ein Fenster mit der Repräsentation aller auf dem Pult belegbaren Kanalzüge. Das Studer Pult hat zwar „nur“ 30 haptisch bedienbare Kanalzüge, das Strip Setup erlaubt aber die Belegung von 180 Kanalzügen. Dies kommt durch die Aufteilung in 6 virtuelle Ebenen zustande. Jede Ebene beinhaltet also 30 Kanalzüge. Zwischen den Ebenen kann am Pult via Taster umgeschaltet werden. Es lassen sich somit trotz der physischen Beschränkung auf 30 Kanalzüge, die gleichzeitig bedient werden können, bis zu 180 Kanalzüge aufrufbar machen. Es kann nicht nur zwischen Ebene 1 – 6 direkt gewählt werden (in Blöcken von 30 Kanalzügen), auch Zwischenstufen sind möglich, so lassen sich durch die Pfeilförmigen Taster (unter den Tastern für die Ebenen und am unteren linken Rand jedes Zehnerblocks) die Kanalzüge auch in Zehnerblocks weiter schalten. Es können also beispielsweise Kanalzug 11-30 (Ebene 1) auf den zwei linken physischen Zehnerblöcken angezeigt werden und Kanalzug 31-40 (Ebene 2) auf dem rechten. Ein und derselbe physische Kanalzug kann bei diesem digitalen Mischpult somit die Bedienung unterschiedlicher Kanäle gestatten.

Ein Beispiel:

Angenommen wir haben im Global Patch Fenster alle Mikrofonkanäle und AUX-Wege entsprechend dem Spurenplan von Abbildung 7 geroutet und beschriftet. Jetzt wollen wir die Belegung der Kanalzüge ebenfalls unserem Projekt anpassen. Zunächst sollen alle benötigten Mikrofonkanäle sichtbar gemacht werden. In diesem Fall sind Kanal 1 bis 25 in Verwendung. Wir klicken hierzu auf den ersten Kanalzug im Strip Setup und ziehen eine Markierung bis Kanalzug 25. Mit einem Rechtsklick auf einen der markierten Kanalzüge öffnet sich die Kanalauswahl. Der Mauszeiger muss nun über „Input“ bewegt werden, um die zur Verfügung stehenden Eingangskanäle angezeigt zu bekommen. Wird jetzt der erste Kanal „Bd“ ausgewählt, werden die ersten 25 Kanalzüge automatisch aufsteigend mit den ersten 25 Kanälen belegt. Wurden für Overdubs zusätzliche Spuren vorgesehen, müssen diese auf gleiche Weise sichtbar gemacht werden. Auch die eingerichteten Aux Wege für Monitoring und Halleffekte müssen auf diese Weise sichtbar gemacht werden. Sie befinden sich nach Rechtsklick auf einen der gewählten Kanalzüge

unter „Aux Master“. Hier müssen die Stereo Aux Wege 1 – 6 ausgewählt werden. Im Strip Setup können die Aux Master auch individuell benannt werden (etwa mit den Namen der Musiker, für deren Kopfhörermix der jeweilige Aux Weg angelegt wurde). Mit Rechtsklick auf den entsprechenden Aux Master und auswählen von „Edit User Label“ kann die Beschriftung geändert werden. Alternativ kann dieses Fenster für den angewählten Kanal auch mit „Strg+E“ aufgerufen werden. Auch die eingerichteten Rückwege der Hallgeräte müssen im Strip Setup (unter „Input“) als Kanalzüge sichtbar gemacht werden. Als letztes wollen wir noch den Stereo Master Kanal sichtbar machen (Rechtsklick → „Master“ → „Mst s 1“). In diesen Kanal münden die Signale aller anderen Spuren, er entspricht der Stereo Summe eines analogen Mischpultes.

Es macht Sinn, bei der Verteilung der Kanalzüge auf die Ebenen darauf zu achten, dass auf der ersten Ebene alle häufig verwendeten Kanalzüge liegen. Alle anderen können auf der zweiten bis sechsten Ebene abgelegt werden. Zu den häufig verwendeten Kanalzügen zählen alle bei der Aufnahme benötigten Mikrofonkanäle (bzw. DAW-Rückwege) und Hallrückwege. Sämtliche Master Aux Kanäle werden in der Regel während der Aufnahme kaum benötigt, da sie von den Kanalzügen der Eingangssignale aus angesteuert werden können. Der Stereo Master Kanal kann auf der ersten Ebene platziert werden, hier kann immer die Ausgangslautstärke des Pults abgelesen werden und eventuelles Übersteuern visuell erkannt werden.

Mit diesen drei Kanalarten (Input, Aux Master, Master) hat man die wichtigsten zur Durchführung einer Aufnahme bereits erstellt. Die Kanalart „DAW Control“ wird in der Regel während einer Studioproduktion nicht benötigt. Oft von Nutzen ist dagegen die Kanalart „Control Group Master“. Ein solcher Kanal ist in der Lage die Faderstellung mehrerer anderer Kanäle gleichzeitig zu steuern. Es können bis zu 16 Control Master erstellt werden. Eine typische Verwendung eines Control Masters ist das Regeln der Lautstärke aller Schlagzeugmikrofonkanäle gleichzeitig. Es wäre mühsam, um ein bereits abgemischtes Schlagzeug in der Gesamtmischung leiser oder lauter zu machen, wenn man jeden Kanal einzeln bedienen müsste. Man kann jedoch alle Kanäle des Schlagzeugs einfach einem Control Master zuweisen, indem wie folgt vorgeht. Man drückt einmal den Taster „Setup“ im kleinen Sektor „Ctrl Grp“. Der Auswahl-taster

„Link/Sel“ eines jeden Control Masters ist nun leicht Blau hinterleuchtet, durch das drücken des Tasters des gewünschten Control Masters wird dieser ausgewählt. Jeder Auswahl-taster eines dem ausgewählten Control Master zuweisbaren Kanals ist nun leicht Blau hinterleuchtet und kann durch Betätigung hinzugefügt (oder auch wieder abgewählt) werden. Die Nummer des entsprechenden Control Masters wird nun zur Visualisierung neben den Fadern der hinzugefügten Kanäle angezeigt. Zum Abschluss dieses Prozesses muss noch einmal der „Setup“ Taster unter „Ctrl Grp“ gedrückt werden. Im Strip Setup kann der Control Master individuell benannt werden. Wurde also eine Schlagzeuggruppe auf diese Weise erstellt, kann von nun an weiterhin jeder Fader eines Schlagzeugkanals weiterhin einzeln bewegt werden, der Control Master erlaubt jetzt aber auch das gemeinsame bewegen der Fader aller Schlagzeugkanäle. Die Kanalart „Control Group Master“ ist also quasi nur eine Fernsteuerung mehrerer Fader, durch Control Group Kanäle führt aber selbst kein Signal. Möchte man die Signale mehrerer Kanäle zusammen bearbeiten, benötigt man einen „Group Master“. Ein solcher Kanal macht etwa während des Abmischens Sinn, wenn man beispielsweise die Schlagzeugsignale nicht nur gemeinsam in der Lautstärke verändern will, sondern auch sonstige Bearbeitungen an dem zusammengefassten Signal aller zugehörigen Einzelkanäle vornehmen möchte (Kompressor, Equalizer, Raumeffekt etc.). Die Signalzuweisung zu einem Control Group Master kommt im folgenden Kapitel zur Sprache.

Im Strip Setup Fenster kann die individuelle Anordnung der Kanalzüge jederzeit gespeichert oder geladen werden.

5.5 Snapshots

Snapshots bieten die Möglichkeit, die Einstellung des Global Patch Fensters, sowie alle Einstellungen der Kanalzüge zu speichern, während im Strip Setup lediglich die Anzeige und Verteilung der Kanalzüge auf dem Pult gespeichert wird. Snapshots können

entweder mit den Tastern unter „Graphical Controller“ (siehe Abbildung 11) schnell gespeichert und abgerufen werden, oder umfangreich auf dem Hauptbildschirm verwaltet werden, nach drücken des „Snapshot“ Tasters. Auf den vier nummerierten Snapshot Tastern unter „Graphical Controller“ kann durch drücken jeweils ein Snapshot schnell abgelegt werden. Hält man vorher den „Recall Snapshot“ Taster gedrückt, können diese Snapshots wieder aufgerufen werden. So lassen sich verschiedene Einstellungen schnell miteinander vergleichen. „Make Snapshot“ speichert einen Snapshot mit einer fortlaufenden Nummerierung, der sich im Snapshot Fenster auf dem Hauptbildschirm wiederfindet. Dort sind alle Snapshots zu sehen, die im eigenen Title gespeichert wurden. Über „File → Import → Snapshot“ können auch Snapshots aus anderen Titles kopiert werden. Ein Klick auf den Preview Button zeigt die Faderstellungen des im Fenster markierten Snapshots im Vergleich zu denen des gerade aktiven. Hierzu wird eine kleine Grafik neben der Beschriftung der Kanalzüge auf dem Vistonic Screen angezeigt. In grau wird die aktuelle Faderstellung gezeigt, in rosa die des markierten Snapshots. Bei erneutem Klick auf „Preview“ wird diese Vorschau wieder ausgeblendet. Über „Recall“ und „Undo“ lassen sich Änderungen im Snapshot Fenster wiederherstellen oder rückgängig machen. „Make“ kreiert einen neuen Snapshot, ebenso wie der Taster „Make Snapshot“. „Update“ überschreibt den aktuell ausgewählten Snapshot mit den aktuellen Einstellungen. Mit „Name“ können Snapshots benannt, mit „Delete“ gelöscht werden. „Info“ zeigt ein Fenster mit dem Namen des aktuell ausgewählten Snapshots, sowie Datum und Uhrzeit seiner Erstellung und der letzten gespeicherten Änderung. Die Snapshot Funktion ist sowohl bei der Aufnahme, als auch beim Abmischen eines Songs sehr nützlich und sollte lieber einmal zu viel, als einmal zu wenig genutzt werden.

5.6 Der „Vistonic Screen“ und die Kanalzüge

Die Einstellungen im Global Patch Fenster und im Strip Setup sind gemacht, nun können die angelegten Kanäle über die Kanalzüge des Pults angesteuert und bearbeitet werden. Jeder Zehnerblock der 30 Kanalzüge beherbergt mittig einen Bildschirm, den

sogenannten Vistic Screen. Dieser besteht im Prinzip aus zwei Bereichen. Im oberen Bereich befinden sich 40 Endlosdrehregler mit jeweils einem zugehörigen Taster. Die

erlauben jeweils die Bedienung der über ihnen angezeigten Parameter. Der untere Teil des Bildschirms ist

berührungsempfindlich, also ein Touchscreen. Hier werden vier Elemente angezeigt. In Grün wird die Kennlinie des Kompressors des jeweiligen Kanals dargestellt, in Rot die Einstellungen des Equalizers, in Gelb die Panoramaposition.

Darunter findet sich die Beschriftung der einzelnen Kanäle und eine farbig unterlegte Anzeige der jeweiligen Kanalart (Grau für Input Kanäle, Orange für Aux Wege, Blau für Control Groups, Grün für Group Master und Rot für Master Kanäle). Werden Kompressor, Equalizer und/oder Panoramaeinstellung von einer Kanalart nicht unterstützt, wird die entsprechende Übersicht nicht angezeigt. Berührt man eine der drei Anzeigen, werden alle zugehörigen Parameter auf

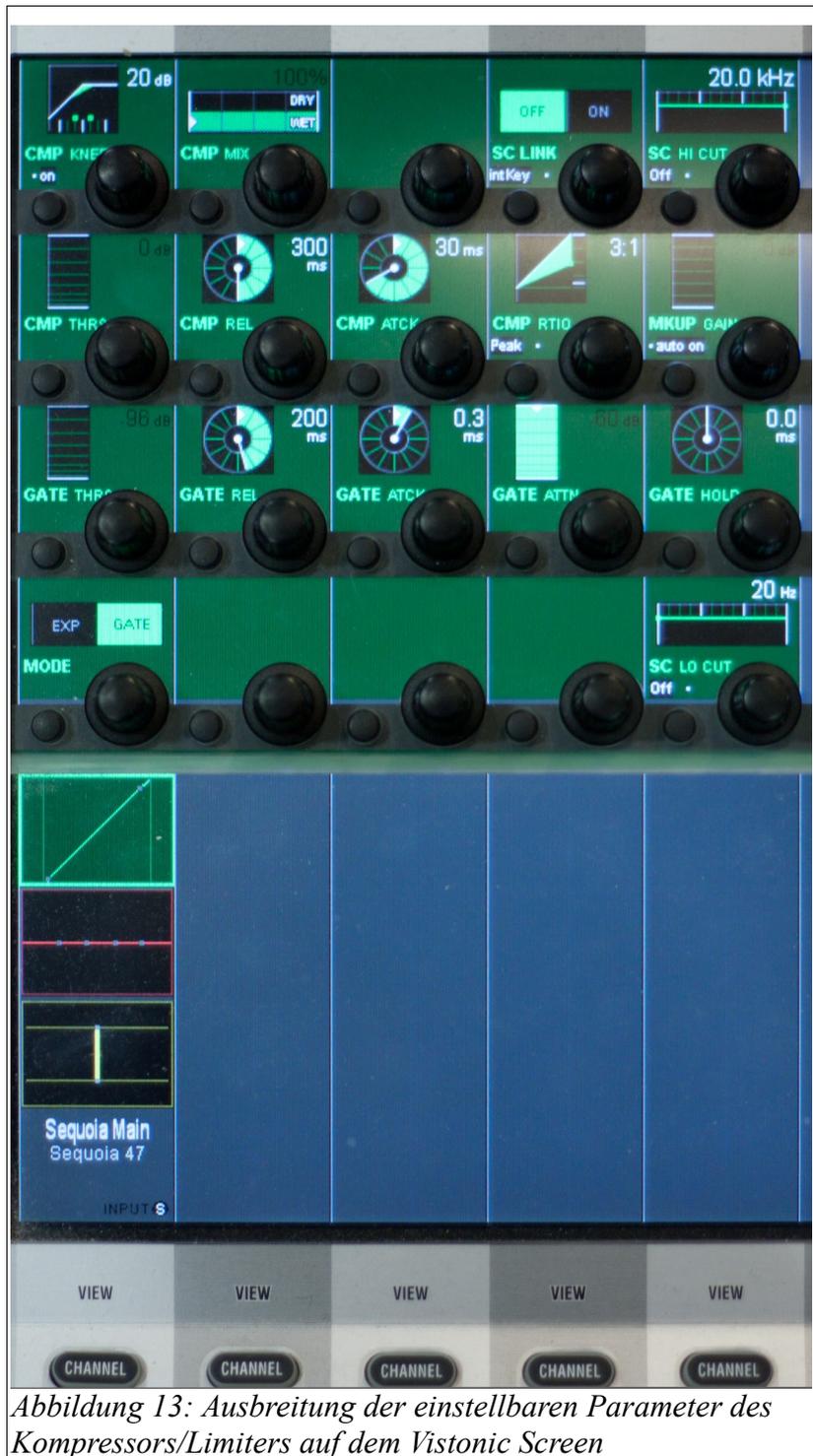


Abbildung 13: Ausbreitung der einstellbaren Parameter des Kompressors/Limiters auf dem Vistic Screen

der oberen Hälfte des Vistonics Screens angezeigt und können durch die Drehregler und Taster verändert werden. Hierfür werden nicht nur die vier Drehregler eines Kanalzugs genutzt, sondern bei Bedarf auch die der umliegenden Kanalzüge, um auf alle Parameter direkten Zugriff zu erhalten. Bei erneutem Berühren der Übersicht verschwinden die Parameter wieder vom oberen Bereich des Bildschirms. Hier werden nun die zuvor dargestellten Elemente sichtbar.

Auf Abbildung 13 ist zu sehen, wie die Parameter des Kompressors eines Kanals, auf den Bildschirmbereich der umliegenden Kanalzüge erweitert wird. Das erfordert zwar ein gewisses Umdenken, da die optische vertikale Grenze der einzelnen Kanalzüge gewissermaßen für einen Moment aufgehoben wird, erlaubt dann aber ein schnelleres Arbeiten. Für die meisten Einstellungen reichen jedoch die vier Drehregler eines Kanals aus, man kann also die gewohnte „vertikale Denkweise“ bei der Bedienung eines Kanalzugs für die meiste Zeit beibehalten. Der Vistic Screen erlaubt auf diese Weise die Einstellung aller wichtigen Parameter eines Kanalzugs. Es muss immer erst der gewünschte Bereich sichtbar gemacht werden, um dann Einstellungen vorzunehmen. Dazu befinden sich unter dem Vistic Screen weitere Taster, um Einstellungen eines Kanalzugs anzuzeigen. Neben jedem Zehnerblock lässt sich die Darstellung aller Kanalzüge global umschalten. Hier können zum Beispiel auch die Aux Sends für die Kopfhörermischungen und die Halleffekte auf dem Vistic Screen sichtbar gemacht werden.

Eine weitere nützliche Funktion verbirgt sich hinter dem Antippen der Beschriftung eines Kanalzugs. Dadurch kann man auf dem Hauptbildschirm der Konsole schnell den ersten Knotenpunkt im Global Patch Fenster aufrufen, der für den entsprechenden Kanal existiert. Bei jedem weiteren Berühren der Beschriftung, wird (falls vorhanden) der nächste Knotenpunkt des Kanals angezeigt, was eine schnelle Überprüfung des Routings erlaubt.

Der Bereich über dem Vistic Screen gliedert sich in eine Pegelanzeige (die auch die Pegelreduktion des Kompressors/Limiters darstellt), einen Drehregler zum Einstellen der Mikrofonvorverstärkung und einige Taster:

- Eingangswahlschalter für Input 1 und Input 2

- „Gen“ aktiviert einen Signalgenerator
- „CLR“: wird dieser Taster gedrückt, kann die Einstellung eines Kompressors, Equalizers etc. zurückgesetzt werden, indem nachfolgend eine der unteren, nun leicht hinterleuchteten, Taster gedrückt wird. Wird stattdessen ein Fader berührt, springt dieser auf den Wert 0.
- Neben dem „CLR“ Taster befindet sich ein Taster um das letzte Löschen rückgängig macht, oder es ggf. auch wieder herstellt.
- Darüber befindet sich ein Taster, mit dem alle Einstellungen eines Kanalzugs kopiert werden können. Durch anschließendes drücken des gleichen Tasters eines anderen Kanalzugs, können diese Einstellungen dorthin übertragen werden. Auch dies kann, wie das Löschen, rückgängig gemacht werden. Wird diese Kopiertaste nach dem Betätigen des „CLR“ Tasters gedrückt, werden alle Einstellungen des Kanalzugs zurückgesetzt, der Fader springt auf den Wert 0.
- „HI CUT“ und „LO CUT“ aktivieren den Tief-, Hochpassfilter des Kanalzugs. Ihre Einstellung lässt sich über den nebenliegenden Taster kopieren.
- „DELAY“ aktiviert die Verzögerung des Signals des Kanalzugs (je nach Einstellung in Millisekunden oder Samples). Die Einstellung lässt sich über den nebenliegenden Taster kopieren.
- „INS“ aktiviert den Insertweg eines Kanalzugs.
- „COMP LIMIT“ und „EXP GATE“ aktivieren den Kompressor/Limiter bzw. den Expander inkl. Noisegate. Ihre Einstellung lässt sich über den nebenliegenden Taster kopieren.
- „EQ“ aktiviert den Equalizer des Kanalzugs. Seine Einstellung lässt sich über den nebenliegenden Taster kopieren.
- „PAN“ aktiviert die Panoramaeinstellung. Auch diese lässt sich über den nebenliegenden Taster kopieren.

Unter dem Vistonic Screen befinden sich zwei Taster für die Darstellung von Kanalzeigeeinstellungen auf dem Vistonic Screen. Der Taster „BUS ASN“ öffnet als

einzigere eine Anzeige auf dessen unterem Bereich. Hier kann der Ausgang des Kanalzugs per Touchscreen den Master Kanälen und den Group Master Kanälen zugewiesen werden. Die zwei Taster darunter („Punch Out“, „Auto Mode“) finden nur bei aktiver Automation des Pultes Verwendung, (ebenso wie die beiden Taster zwischen Mute und Fader, sowie die beiden unter dem „PAN“ Taster). Desweiteren finden sich Taster für Solo und Mute, sowie der Fader. Der Auswahltaster „Link/Sel“ ist der unterste eines jeden Kanalzugs. Er dient zum auswählen eines Kanalzugs. Hält man ihn gedrückt, kann man, durch zusätzliches betätigen eines weiteren Auswahltasters (eines anderen Kanalzugs), alle Kanäle zwischen den beiden Kanälen (zusätzlich zu den beiden) auswählen. So können Einstellungen einfach an mehreren Kanalzügen gleichzeitig vorgenommen werden oder kodierte Einstellungen auf mehrere Kanalzüge übertragen werden. Möchte man mehrere Kanalzüge auswählen, die nicht nebeneinander liegen, kann dabei der Taster „MULTI SEL“ gedrückt und gehalten werden, der sich links neben jedem Zehnerblock befindet. Der darunter liegende Taster „LINK ALL“ wählt alle Kanalzüge über alle Ebenen hinweg an. Drückt man diesen Taster, muss nachfolgend der Auswahltaster eines beliebigen Kanalzugs (leicht hinterleuchtet) betätigt werden, um die Auswahl aller Kanalzüge gewissermaßen zu bestätigen. Unter diesen beiden Tastern befindet sich der Sektor „SWAP FADER“, zudem die folgenden fünf Taster gehören („Row 1“...). Hat man auf dem oberen Teil des Vistonic Screens zwei der Stereo Aux Sends bzw. vier der Mono Aux Sends angezeigt, kann man mit dem untersten der fünf Taster die Einstellung der Fader aller markierten Kanalzüge in den Zwischenspeicher laden. Wählt man nun einen der vier darüberliegenden Taster aus, kann man diese Einstellungen direkt auf eine der vier Reihen der entsprechend angezeigten Aux Sends kopieren.

5.7 Einbinden externer Effekte (Inserts)

Neben dem Einbinden der Halleffekte über Aux Sends, bietet das Pult außerdem die Möglichkeit, externe Effekte per Insert in einen Kanalzug einzubinden. Hierbei wird nicht

wie bei Aux Sends ein gewisser Anteil des Signals auf einen weiteren Kanal (Aux Weg) zur weiteren Bearbeitung geleitet. Ein Insert schleust das gesamte Signal eines Kanalzugs durch einen Effekt und von dort aus, nach der Bearbeitung, wieder zurück in den Kanalzug. Eingebaute Insert Effekte sind hier z.B der Kompressor und der Equalizer. Im HdM Studio können aber auch externe Effekte wie der „SPL Transient Designer“ oder der „Avalon Vt 747sp“ Kompressor/EQ eingebunden werden. Über den Taster „Channel Patch“ (siehe Abb. 11) öffnet sich das Fenster zur Bearbeitung der Signalkette eines Kanalzugs auf dem Hauptbildschirm. Es ist darauf zu achten, dass auch der richtige Kanal (per Auswahltaster) angewählt ist. Die Beschriftung des ausgewählten Kanalzugs wird im Fenster angezeigt. Neben der Schaltfläche „Insert Point“ befinden sich die zwei Felder „Snd“ und „Ret“. Ein Doppelklick auf das „Snd“ Fenster öffnet das Global Patch Fenster. Hier ist auf der Y-Achse bereits der entsprechende Send Ausgang des Kanals ausgewählt, auf der X-Achse kann nun beispielsweise der erste Kanal des SPL Transient Designer ausgewählt („SPL CH 1“) und ein Knotenpunkt erstellt werden. Ein erneutes drücken des Channel Patch Tasters bringt uns zurück zum vorherigen Fenster. Doppelklick auf „Ret“ öffnet erneut das Global Patch Fenster. Jetzt ist auf der X-Achse bereits der Insert Return des gewählten Kanalzugs markiert. Auf der Y-Achse muss jetzt ein Knotenpunkt mit dem Input Port „SPL 1“ erstellt werden. Nun haben wir den Transient Designer als zur Bearbeitung des Signals in den Kanalzug eingebunden. Er kann nun über den „INS“ Taster des Kanalzugs aktiviert oder deaktiviert werden (vorausgesetzt der Transient Designer selbst ist auch eingeschalten). Das Pult bietet außerdem die Möglichkeit, das Verhältnis zwischen unbearbeitetem und bearbeitetem Signal einzustellen. Der Taster „DLY – INS“ (rechts neben jedem Kanalzug Zehnerblock) zeigt den „Insert Mix“ auf dem Vistonic Screen, wo er aktiviert und eingestellt werden kann. „Dry“ zeigt den Anteil des unbearbeiteten Signals, „Wet“ sowie die Prozentanzeige entsprechen dem Anteil des bearbeiteten Signals.

Mit den bisher erklärten Funktionen lässt sich mit dem Pult im Verbund mit einer DAW eine Aufnahme bewerkstelligen und in eine Mischung erstellen. Auch im folgenden Kapitel kommen noch einige zur Studioproduktion wichtige Funktionen zur Sprache.

6. Jobs im Laufe der Studioproduktion Ton

Während der Studioproduktion Ton sind verschiedene Posten zu besetzen. Für eine gelungene Aufnahme ist gute Zusammenarbeit nötig. Jeder der Studenten sollte sich möglichst vorher mit den Aufgaben seines Postens auseinandergesetzt haben. Denn eine laufende Produktion birgt auch immer ein gewisses Stresspotential. Natürlich dürfen auch Fehler gemacht werden, dazu ist eine Studioproduktion ja auch da, aber eine gewisse Souveränität sollte beim Bedienen des jeweiligen Geräts bzw. bei der Umsetzung des Jobs schon gegeben sein. Die wichtigsten Aufgaben der einzelnen Jobs will ich deshalb kurz aufzählen.

6.1 Der Produktionsleiter

Für jede der Produktionen während der Studioproduktion wird ein Produktionsleiter gewählt. Dieser sollte sich um alle organisatorischen Aufgaben kümmern und den Überblick über die Produktion behalten. Während dieser Job von nur einem Studenten pro Produktion besetzt wird, werden alle anderen Posten auf zwei Schichten pro Aufnahmetag verteilt. Der Produktionsleiter

- macht Termine mit der Band aus und ist für den Zeitplan der Aufnahmen zuständig.
- sollte die Instrumentierung der Band kennen und damit den Spurenplan erstellen und verteilen.
- sollte möglichst an allen Aufnahmetagen vor Ort sein.
- kümmert sich ggf. um die Verpflegung während der Produktion (soweit nicht anderweitig verteilt).
- sollte nach jedem Aufnahmetag seinen Kommilitonen per E-Mail den aktuellen

Stand der Produktion mitteilen, sowie den weiteren Zeitplan.

- muss sich nach den Aufnahmen darum kümmern, dass alle aufgenommenen Titel abgemischt werden. Fertige Mixes ggf. der Band zum Anhören zur Verfügung stellen und deren Kritik an die Kommilitonen weitergeben.
- kann „Abhörtermine“ im Studio vereinbaren, bei denen die Band den Stand der Mischungen im HdM Studio angehören und direktes Feedback geben kann.
- sollte eine Deadline für die Abgabe der fertigen Mischungen setzen um das Projekt rechtzeitig abzuschließen.
- kann selbstverständlich bei Bedarf auch weitere Posten während den Aufnahmen besetzen.

6.2 Der Aufnahmeleiter

Der Aufnahmeleiter ist der sozusagen der Leiter der aktuellen Schicht. Er sitzt in der Regel an einem Tisch hinter dem Pult Operator (siehe unten) und hat eine eigene Talkbackvorrichtung. Er

- sorgt dafür, dass der angesetzte Zeitplan möglichst eingehalten wird und hat in seiner Schicht „das letzte Wort“.
- sollte einen Bezug zur aufzunehmenden Musik haben bzw. in der Lage sein, diese konstruktiv zu kritisieren. Falls nötig, sollte er in der Lage sein, eine Partitur mitzuverfolgen.
- kann (je nach Band) auch kreative Vorschläge einbringen.
- ist die Kommunikationsschnittstelle zwischen Aufnahmeraum und Regie und macht – mit dem nötigen Feingefühl – klare Ansagen an Musiker und Kommilitonen (Talkback nutzen!).
- sollte sich Notizen zu den einzelnen Aufnahme Takes machen, um entscheiden zu können, wann genug gutes Material zusammengetragen ist.

6.3 Der Pult Operator

Die Bedienung der Studer Konsole während der Aufnahme obliegt dem Pult Operator. Hier können sich durch den recht komplexen Aufbau des Pults auch viele „Stolpersteine“ verstecken. Weswegen auch der Schwerpunkt dieser Bachelor Arbeit auf der Erklärung der wichtigsten Funktionen des Pults liegt. Der Pult Operator

- sollte sich deshalb vorher schon einige Male mit dem Pult auseinandergesetzt haben, um ein Grundverständnis für die Funktion der Konsole bzw. eine gewisse Routine zu entwickeln, falls während der Produktion einige Änderungen am Setup vorgenommen werden müssen.
- darf auch gerne auch Gebrauch von der Talkback Funktion machen. Sollte er beispielsweise kurz Zeit brauchen, um etwas einzustellen, sollte er einfach kurz allen anderen, vorallem aber den Musikern im Aufnahmerraum, bescheid geben. Diese sind meist sehr umgänglich, zumal sie sich ja in einer Lehr- bzw. Lernanstalt befinden. Es ist jedoch ein komisches Gefühl für eine Band, wenn sie nicht weiß, was in der Regie vor sich geht. Sie ist deswegen in der Regel sehr froh um kleine Informationen über das dortige Vorgehen.

6.4 Der Sequoia Operator¹

Ist für die Bedienung der DAW verantwortlich und somit auch für die tatsächliche Aufnahme. Der Sequoia Operator

- sollte die Aufnahme immer rechtzeitig starten. Als Hilfestellung kann das Pre- und Post-Recording in den Erweiterten Aufnahmeoptionen aktiviert und eingestellt werden („Shift“ + „R“ für das Öffnen der Aufnahmeoptionen, dann

¹: Im HdM Studio wird entweder Sequoia oder Pro Tools zur Aufnahme verwendet. Mit Sequoia sind die meisten Studenten jedoch weniger vertraut, deswegen beziehen sich meine Erklärungen auf diese DAW.

Klick auf „Erweiterte Optionen...“) Hier reichen jeweils einige Sekunden aus. Startet man die Aufnahme aus Versehen etwas zu spät, oder bricht sie ab, bevor alle Instrumente ausklingen konnten, können die Aufnahmeobjekte im Nachhinein zu beiden Seiten hin noch aufgezoogen werden.

- sollte sicherstellen, dass die Funktion „Cursor an das Aufnahmeende setzen – nächste Aufnahme startet an dieser Stelle“ aktiviert ist. Ebenfalls zu finden unter den Erweiterten Aufnahmeoptionen.
- sollte an wichtigen Punkten der Aufnahme Marker erstellen, um schnell an diese Stellen zurückspringen zu können, wenn ein Anhören bestimmter Teile der Aufnahme gewünscht wird. Es können Schnellmarker mit „Shift“ + eine der Ziffern 1 bis 0 gesetzt werden. So können bis zu zehn Schnellmarken gesetzt werden, die mit den jeweiligen Zifferntasten wieder aufgerufen werden können. Mit „#“ wird ein Marker erstellt, der danach frei benannt werden kann. Marker machen Sinn zu Beginn eines Takes, beim Übergang in Strophe, Refrain, Bridge eines Songs oder beim Seitenwechsel in einer Partitur.
- Sollte auf dem rechten der beiden Bildschirme die Zeitanzeige (Fenster → Zeitanzeige) so platzieren, dass der Aufnahmeleiter gut erkennen kann, welcher Take gerade aufgenommen (zur besseren Orientierung kann zusätzlich die Anzeige der Aufnahmeposition in Minuten/Sekunden oder Takten/Schlägen eingeblendet werden)

6.5 Der Aufnahmeassistent

Dieser posten kann besetzt werden, um bei Bedarf z.B. Änderungen an einer der Mikrofonpositionen durchzuführen, oder den Musikern im Umgang mit sonstigem Studioequipment (im Aufnahmeraum) behilflich zu sein. Er kann ggf. auch als „Ersatzmann“ für eine der anderen Posten einspringen.

7. Die Video Tutorials

Die Idee der Video Tutorials zu dieser Bachelorarbeit ist es, Erklärungen zu einigen Themen der Studioproduktion Ton zu erstellen, die sich in der Vergangenheit als besonders wichtig für einen möglichst reibungslosen Ablauf der Aufnahmen im Studio erwiesen haben.

Während meiner Recherchen habe ich diverse solcher Tutorials angeschaut, gerade auf der Videoplattform YouTube finden sich diese zu unterschiedlichsten Themen. Am hilfreichsten erschienen mir dabei die Tutorials, die eine Länge von etwa zehn Minuten nicht überschritten haben. Der Videos zeigen die erklärende Person und bei Bedarf die Aufnahme des Computerbildschirms. Prinzipiell also ein recht simpler Aufbau. Ich setzte mir also zum Ziel, auf ähnliche Art recht kurze Video Tutorials zu erstellen, die die wichtigsten Punkte der zu behandelnden Themen erklären. Ich ging dabei davon aus, das die Videos zur Wiederholung dieser Themen angeschaut werden, diese also bereits innerhalb der Einführungsveranstaltungen der Studioproduktion behandelt wurden. Die kurzen Erklärungen sollen dabei teilweise nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung dienen. Aus meiner persönlichen Erfahrung reichten oft kurze Denkanstöße aus, um mich beispielsweise an bestimmte Funktionen des Studer Pults und dessen Bedienung wieder zu erinnern.

Ich habe (nach Absprache mit Herrn Curdt) folgende Themen für die Videos ausgesucht:

- Global Patch Menü (Studer Pult)
- Strip Setup (Studer Pult)
- Einrichten einer Control Gruppe (Studer Pult)
- Einrichten eines Group Master (Studer Pult)
- Einrichten eines (Hardware) Insert Effekts (Studer Pult)
- Erstellen von Kopfhörer Mischungen für Musiker (Studer Pult)
- Source/Destination Schnitt (Sequoia)
- Take Composer (Sequoia)
- Automation (Studer Pult)

Um eine gewisse Struktur in die Reihenfolge der Videos zu bringen, habe ich versucht, die Themen nach zeitlichem Auftreten während einer Studioproduktion Ton zu gliedern. Um einige der Themen auch anhand von Beispielen gut erklären zu können, habe ich für diese Drehs befreundete Musiker eingeladen, um quasi die Realbedingungen einer Band-Produktion zu schaffen. Als Kameramann konnte ich einen Kommilitonen (David Lackovic) begeistern, der sich um die Aufnahme der Videos kümmern sollte. Um bei den Erklärungen zu Sequoia den Bildschirm nicht mit der Kamera abfilmen zu müssen, habe ich außerdem nach einem Programm zum „Screen Recording“ gesucht, mit dem man alles, was sich auf dem Bildschirm abspielt, rechnerintern aufzeichnen kann. Ich kannte für das Mac Betriebssystem bereits ein verbreitetes Programm namens „Screen Flow“. Da Sequoia aber ein Programm für Windows ist, habe ich nach einer entsprechenden Alternative für den PC gesucht, dass sowohl die Bildschirmaktivität, als auch abgespielte Audiosignale vom Rechner aufnehmen kann. Als erstes stieß ich auf das kostenlose Programm „CamStudio“, dass diese Funktionen bietet. Hier kam es aber des öfteren zu Problemen mit der Audioaufzeichnung. Außerdem war die Dateigröße der aufgenommenen Videos sehr groß und es ließ sich nur ein funktionierendes Format einstellen. Fündig wurde ich letztendlich bei dem Programm „BB Flash Express“. Hier funktionierte die Audioaufnahme problemlos. Videos werden erst in einem eigenen Format mit geringer Datenmenge gespeichert, die mit dem Programm später als weiterverwertbare Videos in verschiedene Formate exportiert werden können. Ich musste die mit diesem Programm aufgenommenen Videos aus Kompatibilitätsgründen allerdings in einem anderen Format exportieren, als die Kameravideos.

Bei der Produktion der Videos ist mir bewusst geworden, wie stark ich beim Reden vor der Kamera darauf achten musste, präzise auszudrücken, was ich eigentlich zu erklären vor hatte. Ich habe trotzdem versucht, die Erklärungen nicht zu steif vorzutragen, quasi „von Student zu Student“. Um selbst den roten Faden innerhalb eines der vergleichsweise längeren Tutorials nicht zu verlieren, habe ich diese Videos in mehreren Takes aufgenommen und diese später zusammengeschnitten. Es war eine Herausforderung, die richtige Balance zwischen kurzen aber doch ausreichend

Ausführlichen Erklärungen zu halten und es ist mir vielleicht nicht bei jedem der Tutorials gleichermaßen gelungen. Trotzdem denke ich, dass die Video Tutorials ihren Zweck als unterstützende Stoffwiederholung erfüllen und einigen Studenten den evtl. nötigen Anstoß bei der Rekapitulation der behandelten Themen geben können.

Da ich die Videos in möglichst guter Qualität beifügen wollte, haben sie ein Datenvolumen von ca. 8 Gigabyte.

8. Quellen

8.1 Literaturverzeichnis

Stand aller Internetquellen: 22.10.2013

Alle genutzten PDF Dateien befinden sich auf der beigelegten CD.

- Handbuch der Tonstudioteknik, Dickreiter, 7. Auflage 2008, Band 1
- Mikrophone, Boré/Peus, aufgerufen als PDF unter:
<http://www.neumann.com/download.php?download=docu0003.PDF>
- www.sengpielaudio.com/Rechner-sensitivity.htm
- <http://www.sengpielaudio.com/DruckstauBeiMikrofonenMitKugelcharakteristik.pdf>
- http://www.ingwu.de/index.php?option=com_phocagallery&view=category&id=2:mikrofone-verstehen&Itemid=60&lang=de (Videos 01 – 12)
- „Überblick über verschiedene Erklärungsansätze für das Zustandekommen des Nahbesprechungseffekts und Verifizierung derselben anhand der physikalischen Gegebenheiten im Schallfeld“, aufgerufen als PDF unter:
<http://www.sengpielaudio.com/Nahbesprechungseffekt-Mariano.pdf>
- <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-grenzfrequenzen.htm>
- Audio-Mastering-Guide, Michael Horn (e-book, PDF auf beigefügter CD)
- Sequoia Manual (PDF auf beigefügter CD)
- Studer Vista Operating Instructions (PDF auf beigefügtem USB Stick)

8.2 Abbildungsverzeichnis

Stand aller Internetquellen: 22.10.2013

- Abbildung 1, 2: <http://microphone-data.com/microphones/c214/> (Anmeldung erforderlich)
- Abbildung 3: <http://masterclass-sounddesign.com/bilder/bilder%20leseproben/39-relativer-abstandsfaktor.png>
- Abbildung 4:
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1a/Druckempfänger.png/400px-Druckempfänger.png>
- Abbildung 5: <http://masterclass-sounddesign.com/bilder/bilder%20bonusmaterial%20und%20specials/baendchenmikrofon.gif>
- Abbildung 6: Mikrophone, Boré/Peus, Seite 14 (PDF auf beigefügter CD)
- Alle weiteren Abbildungen: Tobias Van

9. Anhang:

Inhalt CD:

- Bachelorarbeit im PDF Format
- Alle in den Quellenangaben genannten PDF Dateien

Inhalt USB Stick:

- Die Video Tutorials „Studio Quick Tips“