
BACHELORARBEIT

Herr
Oliver Berberich

und

Herr
Manuel Hermann

**Vergleich von analoger und
digitaler Audiotechnik
anhand einer Produktion**

2014

BACHELORARBEIT

Vergleich von analoger und digitaler Audiotechnik anhand einer Produktion

1. Autor:
Herr Oliver Berberich

Studiengang:
Angewandte Medien – Musikmanagement/-produktion

Seminargruppe:
AM11wU1-B

2. Autor:
Herr Manuel Hermann

Studiengang:
Angewandte Medien – Musikmanagement/-produktion

Seminargruppe:
AM11sU1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

Zweitprüfer:
Jörg Schmidt M.A., MBA

Einreichung:
Stuttgart/Mittweida, 8. Juli 2014

BACHELOR THESIS

Comparison of analogue and digital audio technology based on a production

1st author:
Mr. Oliver Berberich

course of studies:
AM11wU1-B

seminar group:
**Applied Media – Music management/
production**

2nd author:
Mr. Manuel Hermann

course of studies:
AM11sU1-B

seminar group:
**Applied Media – Music management/
production**

first examiner:
Prof. Dr.-Ing. Michael Hösel

second examiner:
Jörg Schmidt M.A., MBA

submission:
Stuttgart/Mittweida, 8th of July 2014

Bibliografische Angaben

Berberich, Oliver
Manuel Hermann:

Vergleich von analoger und digitaler Audiotechnik anhand einer Produktion

Comparison of analogue and digital audio technology based on a production

73 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2014

Abstract

Die nachfolgende Arbeit soll einen intensiven Einblick in die heutigen Audiotechniken der Tonstudios geben. Dabei sollen die Unterschiede von analoger und digitaler Audiotechnik erörtert und dargestellt werden. Dies erfolgt mit Hilfe einer Audioproduktion, die im Tonstudio *Atlantis 3.0* durchgeführt wird. Es werden nicht nur die klanglichen Differenzen, sondern auch die Unterschiede in Verfahren, Kosten und Aufwand beleuchtet. Abschließend werden die resultierenden Vor- und Nachteile beider Systeme benannt und ein Fazit erstellt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
Danksagung	IX
1 Einleitung	1
1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	1
1.2 Vorgehensweise	2
2 Grundlagen der Audiotechnik	3
2.1 Grundlagen der analogen Audiotechnik	3
2.1.1 Bandmaschine.....	4
2.1.2 Analoge Outboardeffekte	10
2.2 Grundlagen der digitalen Audiotechnik.....	14
2.2.1 Abtastung	14
2.2.2 Quantisierung.....	20
2.2.3 Grundlegende digitale Audio-Komponenten	22
3 Methoden und Durchführung der Audioproduktion	28
3.1 Tonstudio <i>Atlantis 3.0</i>	28
3.2 Musiker und Instrumentenwahl.....	28
3.3 Vorbereitung der Aufnahme.....	29
3.3.1 Aufbau des Studios	29
3.3.2 Mikrofonierung.....	31
3.3.3 Signalkette.....	34
3.4 Aufnahmeprozess.....	36
3.5 Mixing	37
3.5.1 Analoges Mischen	37
3.5.2 Digitales Mischen	38
4 „Abhör“-Umfrage	39
4.1 Vorgehensweise	39
4.2 Testpersonen.....	40
4.2.1 Profis	40
4.2.2 Junge Konsumenten	42
4.2.3 Ältere Konsumenten.....	43

4.3 Fragebogen	43
5 Unterschiede der beiden Audiotechniken	46
5.1 Aufwand	46
5.2 Aufnahmeverfahren	47
5.3 Mixing	49
5.4 Klang.....	52
5.5 Kosten.....	57
6 Schluss	59
Literaturverzeichnis	XI
Anlagen	XIII
Eigenständigkeitserklärung.....	XIV

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bandlaufwerk einer professionellen Studiobandmaschine (Friesecke, 2007, S.597).....	5
Abbildung 2: Schematische Anordnung der Köpfe (Friesecke, 2007, S.598).....	6
Abbildung 3: Magnetlupenbild eines 2" 24 Spur Bandes (Friesecke, 2007, S.604).....	8
Abbildung 4: Plattenhall (http://www.beavisaudio.com/Projects/Plate_Reverb)	11
Abbildung 5: Quantec 2404/F (http://img.audiofanzine.com/image.php?lang=en&identifier=id &size=normal&module=product&product_id=14630)	12
Abbildung 6: Summit Audio TLA 100 A Röhren Kompressor (Operation Manual, 2003).....	13
Abbildung 7: Schaltung einer Sample & Hold Stufe (Friesecke, 2007, S.497).....	15
Abbildung 8: Aliasing (Görne, 2011, S.161).....	17
Abbildung 9: Anti-Aliasing-Filter ohne und mit Oversampling (Friesecke, 2007, S.503).....	18
Abbildung 10: Spannungsquantisierung mit 4-Bit (Friesecke, 2007, S.507).....	20
Abbildung 11: Signal-Rauschabstände (Friesecke, 2007, S.508)	22
Abbildung 12: Audio Interface mit Firewireanschluss (http://tyfordaudiovideo. blogspot.de/2012/06/focusrite-saffire-pro-40-firewire.html)	23
Abbildung 13: Arbeitsfläche der Software Avid Pro Tools (Screenshot: Atlantis 3.0 Studio)	25
Abbildung 14: Aufbau eines FIR-Filters mit acht Taps (Friesecke, 2007, S.561)	26
Abbildung 15: Aufbau eines IIR-Filters (Friesecke, 2007, S.559).....	27
Abbildung 16: Aufnahmezimmer des Atlantis 3.0 (Foto: Oliver Berberich)	30
Abbildung 17: Regieraum des Atlantis 3.0 (Foto: Oliver Berberich)	30
Abbildung 18: Schlagzeug-Mikrofonierung (Foto: Oliver Berberich).....	32
Abbildung 19: Mikrofonierung von Gitarre und Bass (Foto: Oliver Berberich).....	33
Abbildung 20: Vocals-Mikrofonierung (Foto: Oliver Berberich).....	33
Abbildung 21: Metric Halo Lio-8 (http://www.sonux.it/shop/index.php?manufacturers_ id=178).....	34
Abbildung 22: Wolfgang Fuhr bei der ersten Hörprobe der „Profis“ (Foto: Oliver Berberich).....	41
Abbildung 23: Hörumfrage der jungen Konsumenten (Foto: Oliver Berberich)	42
Abbildung 24: Pegelverluste durch den Abstand zwischen Kopf und Band (Friesecke, 2007, S.601).....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bandlaufgeschwindigkeiten (Friesecke, 2007, S.599)	7
Tabelle 2: Pflege der Bandmaschine (Friesecke 2007, S. 843).....	10
Tabelle 3: Zusammenfassende Auswertung der „Profis“	53
Tabelle 4: Zusammenfassende Auswertung der jungen Konsumenten	54
Tabelle 5: Zusammenfassende Auswertung der älteren Konsumenten	55
Tabelle 6. Exemplarische Darstellung der Kosten	57

Danksagung

Zunächst möchten wir uns an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die uns während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt und motiviert haben.

Ganz besonders gilt dieses Dank Prof.Dr.-Ing. Michael Hösel und Jörg Schmidt M.A., MBA, die unsere Arbeit und somit auch uns betreut haben. Ebenso danken wir von Herzen Sven Samson Geiger und Ulrich „James“ Herter für das Realisieren dieser Arbeit, für die etlichen Tage in ihrem Tonstudio *Atlantis 3.0* und für die Zeit, die sie für uns geopfert haben. Nur mit ihrer Hilfe war es möglich, die Tonaufnahmen durchführen zu können. Zudem standen sie uns den kompletten Zeitraum für Fragen und Probleme zur Verfügung.

Wir möchten auch dem Unternehmen *Metric Halo* für das kostenlose Bereitstellen drei ihrer *Metric Halo Lio-8* Audio Interfaces danken. Nur so waren wir in der Lage, den exakt parallelen Vergleich der Produktionen durchzuführen.

Weiter gilt unser Dank And.Ypsilon für die Vermittlung zum *Atlantis 3.0* Studio, Vassilios "Vasi" Parashidis für den Videodreh der Produktion, Wolfgang Fuhr, David Hill und allen weiteren Personen, die uns bei der Auswertung der Aufnahmen unterstützt haben.

Daneben gilt unser Dank unseren Freundinnen Ella Abele und Luisa Trunk, die beide in zahlreichen Stunden Korrektur gelesen haben. Sie wiesen auf Schwächen hin und konnten als Fachfremde immer wieder zeigen, wo noch Erklärungsbedarf bestand.

Nicht zuletzt gebührt unseren Eltern Dank, da Sie während des Studiums nicht nur finanziell, sondern vor allem auch emotional immer für uns da waren.

1 Einleitung

Verfasser: Oliver Berberich, Manuel Hermann

In der heutigen Zeit ist digitale Musik selbstverständlich geworden. Binnen zwanzig Sekunden kann das aktuelle Album der Lieblingsband auf ein Smartphone geladen und überall mit hingenommen werden. Schon kurz darauf wird es für gewöhnlich einfach weggewischt und durch ein neues ersetzt. Selten verschwenden die Konsumenten einen Gedanken daran, wie diese Musiktitel überhaupt entstanden sind. Dabei sind wir, die wir noch den Plattenspielern mit seinen empfindlichen Schallplatten, die Bandmaschinen und Grammophonen und letztendlich auch den Walkman miterleben durften, Zeitzeugen der Entwicklung der Musik und ihrer Aufnahmetechnik. Vor unseren Augen spielte sich das Ende der analogen Ära ab und Schritt für Schritt nahm das digitale Zeitalter Einzug in unser Leben. In den heutigen Tonstudios hat sich die digitale Technik bereits fest etabliert. Doch jetzt im Jahr 2014 lässt sich immer häufiger ein Trend zurück zur (teil-)analogen Aufnahme erkennen.

Durch die Konfrontation in Studium und Freizeit mit diesem Thema wurde unser Interesse nach der Geschichte und den Eigenschaften der Audiotechniken geweckt. Dabei erkannten wir schnell, dass man unter keinen Umständen an der Erfindung und Entwicklung der Bandmaschine vorbeikommen kann. Die Motivation dieser Arbeit liegt in unseren Augen darin, dass wir aufzeigen wollen, welche Anerkennung für das Produzieren von Musik wirklich angebracht ist. Außerdem wollen wir unser Wissen im Bereich Musikproduktion um ein entscheidendes Stück erweitern und es gewissermaßen vervollständigen. Jede Technik hat eine Geschichte und dieser versuchen wir im Rahmen dieser Arbeit einen Schritt näher zu kommen.

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Frage, warum teils analog, teils digital in Tonstudios aufgenommen wird, bringt eine interessante Aufgabe und ein klares Ziel mit sich. Ziel soll es sein, einen Vergleich zwischen analoger und digitaler Audiotechnik zu ziehen. Mit Hilfe einer Musikproduktion sollen die Unterschiede und Möglichkeiten der Schallaufzeichnung, wie sie war und was aus ihr geworden ist, aufgezeigt und analysiert werden. So können sämtliche Vor- und Nachteile der beiden Audiotechniken erkennbar werden und dem Leser einen tiefen, nachvollziehbaren Blick in den Bereich der professionellen Schallaufzeichnung geben.

Zusätzlich sollen die Erfahrungen von Anfang bis Ende der Produktion dargestellt und erklärt werden. Das Ergebnis soll neben den klanglichen Unterschieden auch Differenzen in Kosten, Verfahren, zeitlichem und materiellem Aufwand widerspiegeln. Ab-

schließlich sollen die Vor- und Nachteile beider Techniken gegenübergestellt und ein Fazit gezogen werden.

1.2 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit soll dem Leser im ersten Kapitel die Grundlagen beider Audio-techniken näher bringen. Anschließend wird eine analoge und digitale Produktion zusammen mit der Band *Mad H* durchgeführt. Die Aufnahmen hierfür werden im Tonstudio *Atlantis 3.0* zusammen mit Sven Samson Geiger und Ulrich James Herter stattfinden. Um einen möglichst repräsentativen Vergleich vornehmen zu können, wird ein Song der Band zeitgleich in ein analoges und ein digitales System eingespielt. Diese parallele Aufnahmemethode wird mit einem Signalsplitter ermöglicht, welcher die aufgenommenen Eingangssignale zum einen in eine Bandmaschine, zum anderen in einen Computer weiterleitet. Im nächsten Schritt sollen beiden Aufnahmen separat analog und digital gemischt und anschließend von mehreren Personengruppen abgehört und beurteilt werden. In der Folge können danach die Unterschiede zwischen analoger und digitaler Technik ausgewertet und gegenübergestellt werden. Das Fazit der Arbeit soll abschließend die Möglichkeiten und Vorteile beider Systeme darlegen und einen Ausblick in den zukünftigen Weg der Aufnahmetechniken geben.

Da die folgende Arbeit in Zusammenarbeit von zwei Studierenden verfasst wurde, wird, um eine Differenzierung zu gewährleisten, der jeweilige Autor eines Abschnitts neben der Überschrift des Kapitels genannt.

2 Grundlagen der Audiotechnik

Verfasser: Oliver Berberich, Manuel Hermann

Um auf den bereits erwähnten Kernpunkt der Arbeit eingehen zu können, müssen sich selbstverständlich erst einmal die Grundlagen des Audiorecordings bzw. der Schallaufzeichnung vertraut gemacht werden. Da die Arbeit ja bekannterweise den Vergleich zwischen analoger und digitaler Audiotechnik zeigen soll, müssen folglich auch die technischen Grundlagen beider im Vorfeld erläutert werden.

2.1 Grundlagen der analogen Audiotechnik

Verfasser: Manuel Hermann

Wird heutzutage von analoger Aufnahmetechnik gesprochen, so müsste eigentlich genauer definiert und von der analog, magnetischen Schallaufzeichnung gesprochen werden (vgl. Friesecke 2007, S. 569). Genauer deswegen, weil sie in keinem Fall mit der mechanischen oder der Lichtton-Schallaufzeichnung verwechselt werden darf (vgl. Webers 2007, S. 468/499). Zwar war unabhängig des Schallaufzeichnungsprozesses das Abspielmedium, die Schallplatte, lange Zeit das selbe, doch waren die Wege bis sich die Platte dann schließlich beim Endverbraucher zu Hause auf dem Plattenspieler drehte sehr verschieden.

Da es bei dieser Arbeit um den Vergleich von analog und digital geht, werden die anderen beiden Verfahren außer Acht gelassen und die analog magnetische Schallaufzeichnung wird in Zukunft nur noch mit analoge Schallaufzeichnung oder analogem Recording abgekürzt.

In den folgenden Abschnitten der Arbeit werden die nötigen Bestandteile einer analogen Produktion dargestellt und ihre wichtigsten Aufgaben so wie relevante Ausschnitte ihrer Geschichte gezeigt. Das Herzstück einer jeden analogen Produktion stellt ohne Frage die Bandmaschine dar. Jedoch kann die beste Bandmaschine ohne das passende Pult und die richtigen Outboardeffekte wie z.B. Hall, Kompressoren, Vorverstärker u.v.a. auch keine in vollem Maße zufriedenstellende Produktion bieten.

2.1.1 Bandmaschine

Verfasser: Manuel Hermann

Das Herz einer jeden analogen Produktion stellt ohne Frage die Bandmaschine dar. Der Ursprung der analogen Schallaufzeichnung geht bis ins Jahr 1878 zurück. Kurz vorher stellte Thomas Edison seinen Phonographen¹ vor und brachte den Amerikaner Obelin Smith dazu Experimente mit magnetischer Schallaufzeichnung zu beginnen. Allerdings dauerte es weitere zehn Jahre, bis Smith seine Erfindung in einer Fachzeitschrift vorstellte. Da allerdings zu dieser Zeit kein Vorführgerät existierte war das Interesse an der magnetischen Schallaufzeichnung sehr gering bis nichtig. Selbst als der Däne Valdemar Poulsen im Jahre 1900 seinen Telegraphen vorstellte war das Interesse sehr gering (vgl. Friesecke 2007, S. 596). „Dies lag in erster Linie daran, dass die magnetische Schallaufzeichnung noch bis 1907 ohne die Erfindung der Verstärkerröhre auskommen musste und die erreichbaren Lautstärken sehr gering waren“ (Friesecke 2007, S. 596). Damals wurde der Schall auch nicht wie heute auf Bändern mit Beschichtung, sondern auf Stahldraht, Stahlbändern oder sogar Stahlplatten aufgezeichnet. Der erste richtige Vorläufer der heutigen Bandmaschinen wurde 1928 vom Österreicher Fritz Pfeumer vorgestellt und patentiert. Jedoch kamen damals auch noch kein Band sondern mit Eisenpulver beschichtetes Papier als Speichermedium zum Einsatz (vgl. Friesecke 2007, S. 596). Vier Jahre später begann BASF Tonbänder mit einer Trägerfolie aus Acetylcellulose anstatt Papier herzustellen. Die Weichen für das erste richtige Tonbandgerät waren also gestellt, dass 1935 in Berlin von der Firma AEG vorgestellt wurde. Dies war praktisch der Beginn der analogen Schallaufzeichnung wie wir sie heute kennen. Zwar war zu dieser Zeit die mechanisch aufgenommene Schallplatte qualitativ immer noch hochwertiger, doch kam spätestens mit der glücklichen Entdeckung des Wechselstroms Bias (AC-Bias) 1940 von Walter Weber, der es plötzlich möglich machte verhältnismäßig rauscharm aufzunehmen, der eigentliche Durchbruch des Tonbandes (vgl. Friesecke 2007, S. 608). (siehe Kapitel 2.1.1.3 „Bias“)

Das Grundprinzip einer jeden Bandmaschine ist das gleiche. Kurz zusammen gefasst wandelt ein Mikrofon ein Schallsignal in ein elektrisches Signal um, schickt es an die Bandmaschine und diese überträgt das Signal mit Hilfe von Magnetkraft auf einen magnetisierbaren Datenträger, also das Band.

¹ Der Phonograph gilt als erstes Aufnahme-Wiedergabe-Gerät (vgl. Friesecke 2007, S. 587)

Natürlich stecken hinter dieser vermeintlich simplen Definition jede Menge technische Prozesse und jahrelange Weiterentwicklungen der verschiedenen technischen Komponenten.

In diesem Abschnitt wird unabhängig von der Signalerzeugung lediglich die Bandmaschine und ihre Funktionsweise betrachtet.

Im Laufe der Jahre gab es viele Hersteller von Bandmaschinen. *AEG*, *Studer* oder *Ampex*, um nur ein paar wenige zu nennen. Die Bandmaschine, die sich im späteren Verlauf der Arbeit beim Vergleich mit den heutigen Topmodellen der digitalen Aufnahmetechnik messen wird, ist die legendäre *Studer A800 MKIII*. Ein 24 Spur 2“ Gerät voll restauriert und funktionsfähig aus dem Jahre 1983. Um ein Verständnis für Bandmaschinen zu bekommen, muss zuerst die prinzipielle Funktionsweise der magnetischen Schallerzeugung erläutert werden.

Hierbei wird das elektrische Signal mit Hilfe der sogenannten Köpfe auf das jeweilige Band gespeichert. Damit dies möglichst gut funktioniert, spielen hierbei ein paar wichtige Faktoren eine Rolle. Zuerst ist wichtig, dass das Band in gleichmäßiger Geschwindigkeit und im passenden Winkel an den Köpfen vorbei läuft. Für die gleichbleibende Geschwindigkeit sorgen wie unten abgebildet verschiedene Rollen und Stifte (vgl. Friesecke 2007, S. 597).

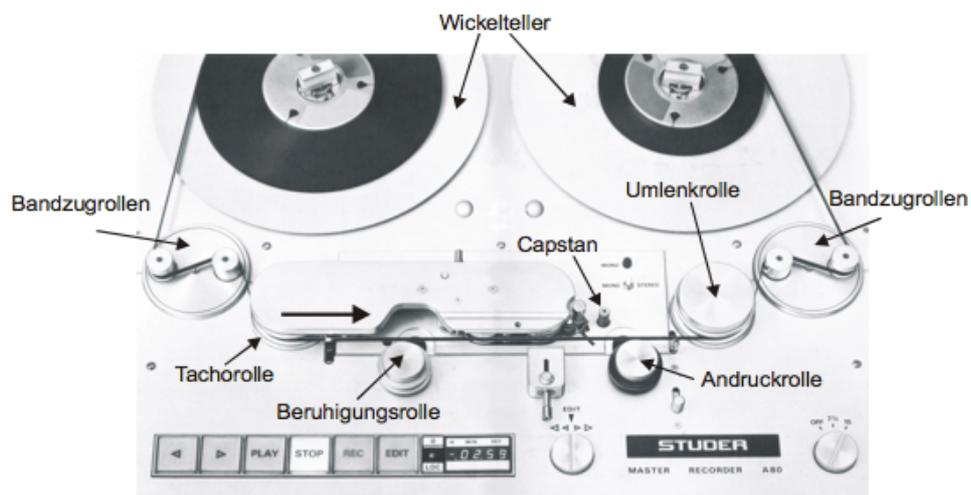


Abb. 1: Bandlaufwerk einer professionellen Studiobandmaschine

Das Wichtigste sind die drei verschiedenen Köpfe, die dafür sorgen, dass das Band magnetisiert werden kann und dass das Ergebnis auch später hörbar gemacht werden kann. Hierbei handelt es sich um den Löschkopf, den Aufnahmekopf und den Wiedergabekopf. Die verschiedenen Köpfe haben jeweils unterschiedliche Aufgaben und unterscheiden sich deswegen bauartbedingt auch zu gewissen Teilen, wie auf

Abb. 2 unten gut zu erkennen ist. Der Löschkopf ist wie der Name schon sagt zum Löschen bzw. Entfernen alter Signale auf dem Band zuständig. Um eine möglichst perfekte Löschung zu generieren ist der Kopfspalt bzw. der Abstand von Kopf und Band relativ gesehen sehr groß. Dies ermöglicht, dass der Löschkopf auch die außenliegenden Spuren auf dem Band erreicht. Der Aufnahmekopf weist andere Merkmale auf. Wie in Abb. 2 gekennzeichnet, kann beim Aufnahmekopf oben in der Mitte der sogenannte Scherspalt erkannt werden. Dieser dient zur Abschwächung des magnetischen Signals. Das Signal wird aufgrund des Übersteuerungsschutzes abgeschwächt. Durch den Scherspalt wird die Magnetkraft verteilt und somit das Signal am Kopfspalt verringert. Der Wiedergabekopf bedient sich an genau demselben physikalischen Effekt. Bewusst wird an ihm der Scherspalt weggelassen, um so ein stärkeres Magnetfeld zu erzeugen, was wiederum zur Folge hat, dass das Band und vor allem die Höhen genauer ausgelesen werden können.

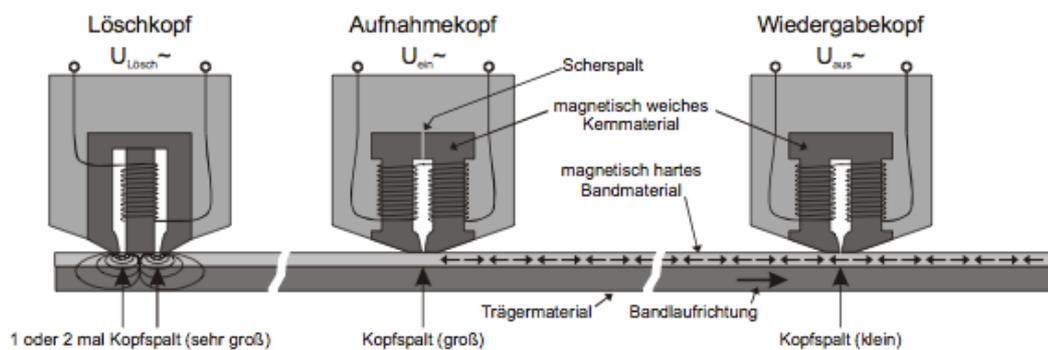


Abb. 2: Schematische Anordnung der Köpfe

Bei Maschinen aus dem Konsumentenbereich waren Aufnahme-, und Wiedergabekopf oft kombiniert. Dies macht aber für professionelle Aufnahmen keinen Sinn, weil dies bei der Aufnahme, so wie der Wiedergabe kompromisslose Abstriche mit sich bringt (vgl. Friesecke 2007, S. 597).

Wie oben bereits erwähnt spielt der Bandtransport eine sehr wichtige Rolle, um ein gutes Ergebnis erzielen zu können. Gut zu veranschaulichen ist dies anhand des Beispiels der Platte. Dreht sich diese langsamer oder schneller als vorgesehen auf dem Plattenspieler, so ändern sich unter anderem stark hörbar die Tonhöhen. Genau der gleiche Effekt würde entstehen, wenn sich das Tempo des Bandes während einer Aufnahme ändern würde. Jedoch mit dem Unterschied, dass im Nachhinein nichts mehr daran geändert werden könnte. Um dies zu vermeiden, sorgen die in Abb. 1 erkennbaren Capstan und Andruckrolle für den gleichbleibenden Bandtransport. Darum ist die richtige Pflege der Maschine und vor allem der Andruckrolle von enormer Wichtigkeit. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind die Bandzugrollen, welche jeweils vor

und nach den Köpfen und der Andruckrolle helfen, das Band gleichmäßig von und auf die Bandspulen zu befördern.

„Es gibt heute 5 Standardbandgeschwindigkeiten, die alle ein Vielfaches voneinander sind“ (Friesecke 2007, S. 599). Je höher die Geschwindigkeit desto besser die Qualität, jedoch reduziert die höhere Geschwindigkeit im Umkehrschluss auch das Speichervolumen des Bandes jeweils proportional um die Hälfte.

v (in cm/s)	v (in ips)	Anwendung
4,76	1,875	Cassette / HiFi Tonband
9,53	3,75	HiFi Tonband
19,05	7,5	Profi & HiFi Tonband
38,10	15	Profi Tonband
76,20	30	Profi Tonband

Tab. 1 : Bandlaufgeschwindigkeiten

2.1.1.1 Bänder

Verfasser: Manuel Hermann

Die Musik bzw. die Aufnahmen wurden nicht von Anfang an auf Band gespeichert. Zu Beginn des analogen Recordings wurde zum Beispiel auf Stahldraht, Stahlbändern oder sogar Stahlplatten aufgenommen. Erst als der oben erwähnte Papierhersteller Fritz Pfelemer 1928 ein mit pulverisiertem Eisen beschichtetes Papier entwickelte, kam das erste bandähnliche Speichermedium zum Einsatz. Später stellte *BASF* Bänder mit Acetylcellulose her. Über die Jahre hinweg änderten sich die Träger-, so wie die Metallmaterialien. Seit 1971 besteht mit einer Kombination aus Polyester als Trägerstoff und einer Beschichtung von Chromdioxid (CrO_2) wohl ein zufriedenstellendes Material (vgl. Friesecke 2007, S. 596).



Abb. 3: Magnetlupenbild eines 2" 24 Spur Bandes

Im Laufe der Jahre haben sich verschiedene Bandbreiten durchgesetzt. Angefangen bei 1/4" bis zu 2" Bändern. Wie oben bereits kurz erwähnt, wird im späteren Verlauf der Arbeit mit der *Studer A800* gearbeitet. Diese Maschine arbeitet mit 2" Bändern. Die Zollangaben (") beschreiben die Breite des Bandes auf dem aufgezeichnet wird. Dazu muss gesagt werden, dass es Bandmaschinen gibt, die mehr als eine Spur, genauer gesagt bis zu 24 Spuren, zeitgleich aufzeichnen können. Je breiter das Band auf dem aufgezeichnet wird, desto mehr Spuren haben nebeneinander Platz.

Um sich dies bildlich vorstellen zu können, soll mit Hilfe von Abbildung 3, welches einen Ausschnitt eines 2" Bandes mit 24 Spuren zeigt, dies veranschaulicht werden. In diesem Fall wurde auf alle Spuren Sinustöne aufgezeichnet. Aufgenommen wurde dieses Bild mit einer Magnetlupe. Deutlich zu sehen ist auch, dass zwischen jeder Spur ein gewisser Abstand besteht. Dieser ist enorm wichtig, denn würde dieser nicht bestehen, so würden sich die Spuren und Signale überlagern und das Ergebnis verfälschen.

2.1.1.2 Azimuth, Bandhöhe und Bandkontakt

Verfasser: Manuel Hermann

Genauso wichtig wie der gleichmäßige Bandlauf ist die Position des Bandes. Das Band muss möglichst exakt im 90° Winkel, auf der richtigen Höhe bzw. an der richtigen Stelle und mit möglichst geringem Abstand an den Köpfen vorbeilaufen. Dieser, im Optimalfall 90° Winkel, wird Azimuth genannt. Liegt dieser nicht bei 90°, so kommt es zu Pegelverlusten vor allem im Bereich der Höhen und der äußeren Spuren. Der Azimuth wird mit Hilfe eines sogenannten Bezugsbandes richtig eingestellt (vgl. *Friesecke 2007, S. 600*). Zu beachten ist, dass bei den richtigen Abständen von Mikrometern (in Zukunft mit μm abgekürzt) die Rede ist. Beispielsweise beträgt der Pegelverlust eines

10kHz Tons bei einem Abstand von vermeintlich geringen $2\mu\text{m}$ und einem Bandlauf von 15 ips schon $-2,9\text{dB}$. (vgl. Friesecke 2007, S. 601). Der optimale Abstand bei diesem Beispiel wären weniger als $0,25\mu\text{m}$. „Der Kopf ist nämlich ‚kurzsichtig‘ und kann nur unmittelbar vor ihm liegende Magnetfelder optimal abtasten“ (Friesecke 2007, S. 600).

2.1.1.3 Bias

Verfasser: Manuel Hermann

Jeder der einmal mit einer Bandmaschine gearbeitet hat oder Aufnahmen einer jenen gehört hat weiß, dass die Aufnahmen immer etwas rauschen. Irgendwie gehört dies aber auch einfach zu dem Charakter der analogen Schallaufzeichnung dazu. Gäbe es allerdings keinen Bias, so hätte sich die Bandmaschine auch wohl nicht durchgesetzt. Damit die Bänder optimal funktionieren und so verhältnismäßig „rauscharm“ sind, müssen sie vormagnetisiert werden. Dies geschieht mit Hilfe des Bias. „Die Magnetpartikel auf dem Band speichern leider auch ihren Ruhezustand auf einem leeren Band. Aus diesem Grund war eine gewisse Mindestfeldstärke nötig, um die Magnetpartikel neu auszurichten“ (Friesecke 2007, S. 608).

Deswegen wird vor der Benutzung jedes Band mit einem hochfrequenten Sinuston bespielt, damit die Magnetpartikel angeregt werden. Einen Standardwert, wie hoch dieser Ton ist, gibt es nicht, da sie von Hersteller zu Hersteller variieren. Bei der *Studer A800 MKIII* sind es 140kHz.

2.1.1.4 Pflege der Bandmaschine

Verfasser: Manuel Hermann

Anders als die digitalen Systeme, die in den anschließenden Kapiteln behandelt werden, handelt es sich bei der Bandmaschine um eine mechanisch komplexe und vor allem reelle Maschine. Wo es bei den digitalen Systemen meistens reicht einmal alle drei Jahre einen neuen Rechner zu kaufen, der dem Stand der Zeit entspricht, bedarf eine Bandmaschine Pflege, damit sie ihr volles Potential nutzen kann und nicht zum teuren „Staubfänger“ wird (vgl. Friesecke 2007, S. 843). An dieser Stelle die detaillierte Pflege einer Bandmaschine zu erläutern würde den Rahmen der Arbeit sprengen, darum erfolgt nur eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Punkte.

Die Tonköpfe müssen so eingestellt werden, dass diese exakt senkrecht zur Bandlaufrichtung stehen.
Die Höhenfrequenzgänge der Verstärker müssen justiert werden, um einem möglichen Höhenverlust durch abgeschliffene Tonköpfe entgegen zu wirken.
Die Aufnahme- und Wiedergabepegel müssen eingestellt werden, so dass der korrekte Bandfluss aufgezeichnet und der korrekte Studiopegel von der Bandmaschine verarbeitet wird.
Die Bias muss auf die verwendete Bandsorte eingestellt werden.

Tab. 2: Pflege der Bandmaschine

2.1.2 Analoge Outboardeffekte

Verfasser: Manuel Hermann

Wie oben bereits erwähnt, ist die Bandmaschine zwar das Herz und das Pult (zu dem später noch mehr gesagt wird) die Lunge der analogen Schallaufzeichnung, doch stehen ihnen alleine nicht der volle Tribut zu. Es gibt eine Vielzahl sogenannter Outboardgeräte oder Outboardeffekte. Der Begriff „Outboard“ ist im Prinzip selbsterklärend und bedeutet außerhalb des Pultes. Da sich bei den Aufnahmen bzw. bei dem Mixing auf ein paar wenige Effekte beschränkt wird, werden an dieser Stelle nur die Effekte erklärt, die später auch ihre Anwendung finden. Zusätzlich wird an dieser Stelle auch nur die jeweilige analoge Version vorgestellt. Der digitale Teil folgt später.

2.1.2.1 Halleffekte

Verfasser: Manuel Hermann

Der Hall ist letztendlich nichts anderes als eine Anhäufung von Echos. Das Wort Echo wird im Volksmund meistens mit großen Tälern und einem Schrei in Verbindung gebracht. Jedoch besteht jedes hörbare Signal zu einem Großteil aus Echos bzw. Hall. Da die Tonprofis schon früh feststellten, dass das Aufnehmen in sogenannten trockenen, d.h. sehr hallarmen, Räumen zu sauberen Ergebnissen führte, sie aber dennoch Resultate bieten wollten, die dem Hörempfinden der Menschen am nächsten kommen sollten, entwickelten sie die Halleffektgeräte.

Eines dieser Geräte wurde der Federhall genannt, der auch heute noch in vielen Gitarrenverstärkern zum Einsatz kommt. Das Prinzip eines solchen Federhalls ist relativ simpel. Zwischen zwei elektromagnetische Wandler wird eine Feder gespannt. Der eine Wandler bekommt das Eingangssignal, welches dann über die Feder an den anderen Wandler übertragen wird. Die mechanische Beschaffenheit der Feder sorgt für eine zeitliche Verzögerung des Signals und vor allem durch die anhaltende Schwin-

gung zu einem hin- und herschicken des Signals. Hierbei wird die zeitliche Verzögerung immer größer und das Signal immer schwächer. So entsteht ein hallähnlicher Effekt (vgl. Friesecke, 2007, S. 682).

Eine weitere Möglichkeit der Hallerzeugung stellt der Plattenhall dar. Das Prinzip ist dem des Federhalls sehr ähnlich, nur wird hier anstatt der Feder eine 1m² bis 2m² große Metallplatte oder Metallfolie in einen Holzrahmen gespannt. Die elektromagnetischen Wandler befinden sich dann jeweils in zwei gegenüberliegenden Ecken. Der große Vorteil gegenüber dem Federhall besteht darin, dass sich das Signal zweidimensional ausbreiten kann und somit das Ergebnis wesentlich natürlicher klingt. Je nach Spannung der Platte kann der Hall in Dauer und Stärke variiert werden. Später wurden sogar elektrische Motoren an die Spanner gebaut, sodass man das Effektgerät vom Pult aus steuern konnte, was sehr komfortabel war, da die Geräte aufgrund ihrer Größe meistens in einem externen Raum aufgestellt wurden (vgl. Friesecke, 2007, S. 682).



Abb. 4: Plattenhall

Eine weitere Möglichkeit Aufnahmen mit Hall zu versehen, ist natürlich die Aufnahme echten Halls. Bei dieser Methode handelt es sich weniger um ein Effektgerät als um eine Technik. Es wird lediglich ein Raum mit einem passenden Hall gesucht, ein Lautsprecher aufgestellt, aus dem dann das zu bearbeitende Signal schallt. Daraufhin wird das Hallsignal mit Hilfe von Mikrofonen aufgezeichnet und später dem Original beigemischt. „Der Raum selber sollte so gewählt werden, dass er von vornherein bereits einen schönen Hall liefert. Große, leere Räume, wie zum Beispiel eine

Tiefgarage, eine leere Lagerhalle oder ein Treppenhaus sind dazu besonders gut geeignet“ (Friesecke, 2007, S. 682f).

Allerdings kommen solche, tatsächlich analogen Hallgeräte heute nur noch sehr selten zum Einsatz. Da das *Atlantis 3.0* Studio, in dem die Aufnahmen gemacht werden leider nicht über Effekte dieser Art verfügt, sind wir auf einen Quantec 2404/F ausgewichen, der allerdings mit digitalen Logarithmen arbeitet.



Abb. 5: Quantec 2404/F

2.1.2.2 Kompressoren

Verfasser: Manuel Hermann

Kompressoren sind zusammen mit dem Hall wohl die meist genutzten Effekte. Wie der Name schon sagt komprimiert bzw. verdichtet der Kompressor ein Signal. Dies bedeutet vereinfacht gesagt, dass leise Stellen lauter gemacht werden. Darum werden diese Art von Effekte auch dynamikbearbeitende Geräte genannt (vgl. Friesecke, 2007, S.675).

Um die Funktionsweise der Kompressoren aus elektronischer Perspektive erklären zu können, müssen zunächst die Begriffe Threshold, Attack und Release kurz erläutert werden. Beim Threshold handelt es sich um den Schwellenwert, welcher bestimmt ab welcher Signalstärke der Kompressor eingreift. Dies gilt sowohl für hohe als auch geringe Pegel. Attack beschreibt die Zeit, die der Kompressor braucht, um beim Überschreiten des Threshold einzugreifen. Das Gegenstück zum Attack ist der Release. Dieser regelt die Zeit wie lange der Kompressor wirkt nachdem das Signal bereits wieder im Bereich des Thresholds liegt (vgl. Friesecke 2007, S. 675 f). Beim analogen Kompressor wird das Eingangssignal zuerst in einen Sidechain² gegeben, mit dem der Threshold zeitgleich verglichen wird. Sobald der am Gerät eingestellte Wert des Threshold überschritten wird, greift dieser ein und das Signal wird über einen VCA³

² Sidechain ist ein separater Kanal, auf dem das elektrische Audiosignal durchgeschleift wird und der Kompressor nicht wirkt.

³ VCA steht für Voltage Controlled Amplifier was auf Deutsch soviel bedeutet wie Spannungsgesteuerter Verstärker. Der VCA funktioniert durch elektrische Spannung. Er kann so eingestellt werden, dass er ab einem bestimmten Schwellenwert (Threshold) reagiert und eingreift.

geschickt, der dieses entsprechend verstärkt und weiter an den Ausgang leitet. Zeitgleich bestimmen Attack und Release wie lange diese Veränderung auf das Signal wirkt (vgl. Friesecke 2007, S. 676).



Abb. 6: Summit Audio TLA 100 A Röhren Kompressor

2.2 Grundlagen der digitalen Audio-technik

Verfasser: Oliver Berberich

Nachdem nun die analogen Grundlagen dargestellt wurden, sollen in den folgenden Abschnitten die digitalen Bestandteile der Audiotechnik erläutert werden. Seit nun mehr als zehn Jahren hat sich die digitale Tontechnik selbst in den meisten professionellen Tonstudios durchgesetzt. Sie wird von vielen Tonstudiobetreibern als kostengünstiger, zeiteffizienter und flexibler beschrieben. Das Aufnahmeverfahren ermöglicht vielen Musikschaaffenden das Aufzeichnen von Musik, da die Kosten der digitalen Komponenten im Vergleich zur Analogtechnik sehr gering sein können (vgl. Kapitel 5.5). Auch die Handhabung der sogenannten „Digital Audio Workstation“ (DAW) wurde mit der Zeit immer benutzerfreundlicher und übersichtlicher, sodass auch Laien schnell in der Lage sind, ihre Musik aufzunehmen, zu bearbeiten und zu vermarkten. Den Anwendern ist dabei jedoch nicht klar, welche Technologie und welcher Aufwand hinter dieser Audio-technik stehen. Im Folgenden sollen die Schritte vom analogen zum digitalen Signal beschrieben und die dazugehörigen Komponenten aufgezeigt werden.

2.2.1 Abtastung

Verfasser: Oliver Berberich

Um ein Signal digital verarbeiten zu können, findet im ersten Schritt eine zeitliche Rasterung des analogen, zeitkontinuierlichen Eingangssignals statt. Dazu entnimmt der A/D-Wandler (meist im Audio Interface verbaut) impulsartige Proben aus dem analogen, sinusförmigen Signal. Die Frequenz dieser Abtastung wird als Abtastfrequenz oder auch Samplingrate bezeichnet. Sie definiert die Anzahl der Werte, die pro Sekunde aus dem analogen Signal entnommen werden (vgl. Friesecke 2007, S.497). Später werden durch Spannungsquantisierung diesen Abtastzeitpunkten Zahlenwerte zugeordnet (siehe Kapitel 2.2.2).

2.2.1.1 Sample & Hold Stufe

Verfasser: Oliver Berberich

Die Sample & Hold Stufe entnimmt die oben genannten impulsartigen Proben aus dem analogen Eingangssignal und hält diese, bis der A/D-Wandler ihnen einen Zahlenwert zugewiesen hat. Um Jitter⁴ zu vermeiden, müssen die Proben (= Samples) dabei in gleichen Abständen entnommen werden (vgl. Friesecke 2007, S.497).

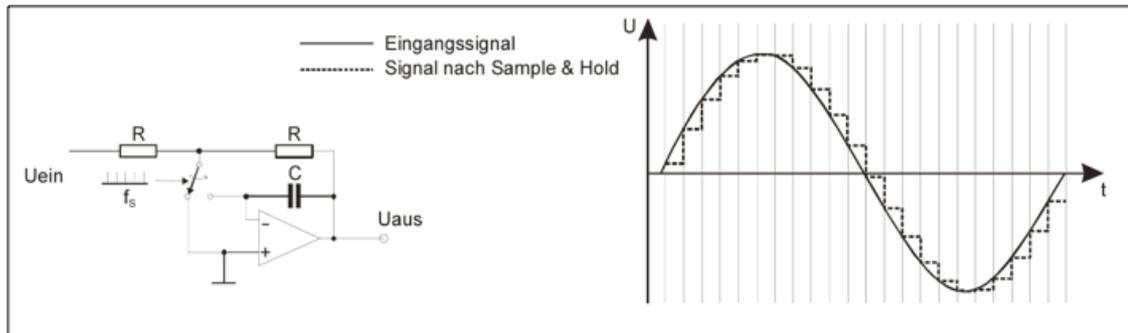


Abb. 7: Schaltung einer Sample & Hold Stufe

Die Eingangsspannung U_{ein} wird durch einen Schalter impulsartig (= Abtastfrequenz f_s) auf den Kondensator C geschaltet. Dieser speichert durch Halten der entnommenen Proben dieses Signal bis die nächste Spannungsprobe auf den Kondensator geschaltet wird.

Auf der rechten Seite der Abbildung wird ein analoges, zeitkontinuierliches Eingangssignal als durchgezogene Linie dargestellt. Die gestrichelte Linie zeigt das abgetastete, zeitdiskrete Signal nach der Sample & Hold Stufe, welches jedoch immer noch als analoges Signal zu betrachten ist, da den einzelnen Stufen noch keine Zahlenwerte zugeordnet worden sind. Erst in der A/D-Wandlung werden den zeitquantisierten Signalen Werte zugeteilt (siehe Kapitel 2.2.2).

⁴ „Unter Jitter versteht man geringfügige Schwankungen in der Abtastfrequenz. Dabei ist nicht gemeint, dass die Abtastfrequenz höher oder tiefer wird, sondern, dass manche Abtastwerte ein wenig früher oder später ausgegeben werden, als sie es eigentlich müssten. Dies führt dazu, dass nicht mehr alle Abtastwerte in gleichen Abständen zueinander stehen. [...] Das Signal mit Jitter hat eine etwas geringere Tiefenstaffelung sowie eine etwas unpräzisere Lokalisation.“ (Friesecke 2007, S.544-545)

2.2.1.2 Abtasttheorem

Verfasser: Oliver Berberich

Durch die Abtastung mit einer bestimmten Frequenz werden nicht alle Werte des analogen Signalverlaufs in ein digitales Signal umgewandelt. Aus diesem Grund muss gewährleistet sein, dass durch die Abtastung jedoch genügend Informationen erhalten bleiben, um das Originalsignal rekonstruieren zu können. 1928 formulierte Harry Nyquist dazu das Abtasttheorem, welches 1948 von Claude Shannon bestätigt wurde und Folgendes besagt:

„Ein abgetastetes Signal lässt sich ohne Informationsverlust rekonstruieren, wenn die Abtastfrequenz f_s mehr als doppelt so hoch ist wie die höchste im Signal vorkommende Frequenz f_{max} .“ (Weinzierl 2008, S.788).

Hochwertige Audiosignale sollten einen Frequenzbereich von 0Hz bis 20kHz übertragen ($f_{max}=20\text{kHz}$). Nach Nyquist und Shannon muss daher die Abtastrate doppelt so hoch wie 20kHz (f_{max}), also mindestens 40kHz sein. Dies bedeutet, dass der Nutzbereich der Audiosignale zwischen 0Hz und der halben Abtastrate f_s liegt. Die halbe Abtastrate f_s wird auch die Nyquist-Frequenz genannt. Unterhalb der Nyquist-Frequenz ist das Abtasttheorem erfüllt. „Die Einhaltung des Theorems von Shannon und Nyquist verhindert, einfach gesagt, dass zwischen zwei Abtastzeitpunkten mehr als ein Nulldurchgang des Signals vorkommen kann.“ (Friesecke 2007, S.499). Wird dieses Theorem nicht eingehalten, kommt es zu weiteren Nulldurchläufen zwischen zwei Abtastzeitpunkten und so zur Unterabtastung des Signals. Dadurch entstehen Verschiebungen und Spiegelungen der Frequenzen. Dieser Effekt wird Aliasing bezeichnet (vgl. Friesecke 2007, S.499).

2.2.1.3 Aliasing

Verfasser: Oliver Berberich

Liegt die halbe Abtastrate f_s unter der Nyquist-Frequenz (f_{\max}), wird das Abtasttheorem verletzt und es kommt zum Aliasing-Effekt (= Unterabtastung). Durch diesen Effekt werden die Signale oberhalb der Nyquist-Frequenz gespiegelt und in den Nutzbereich übertragen. Diese gespiegelten Frequenzen erzeugen hörbare Störgeräusche, welche als nichtharmonische Verzerrungen wahrgenommen werden.

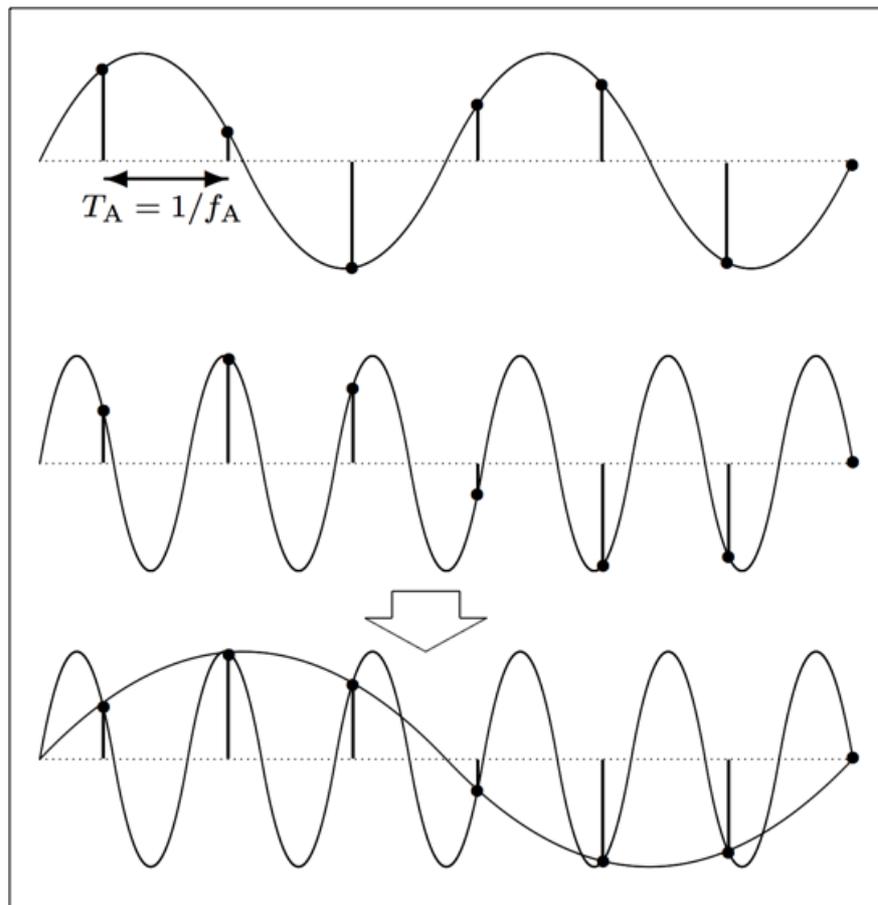


Abb. 8: Aliasing

Abbildung 8 zeigt im oberen Signal eine korrekte Abtastung, da zwischen zwei Abtastzeitpunkten das Signal nur einen Nulldurchgang besitzt. Das Theorem von Nyquist und Shannon ist somit erfüllt. Die mittlere Signalkurve zeigt eine höhere Frequenz, welche mit einer zu niedrigen Samplingrate erfasst wird. Die Werte werden fehlinterpretiert und es entsteht im unteren Teil der Abbildung ein Signal, welches eine tiefere Frequenz als das Eingangssignal aufweist. Zum Beispiel kann bei einer Abtastrate von $f_s=48\text{kHz}$ eine unhörbare Signalquelle von 30kHz als 18kHz Frequenz ($48\text{kHz} - 30\text{kHz}$) hörbar werden. Diese Fehlinterpretation wird Aliasing bezeichnet (vgl. Görne 2011, S.161).

2.2.1.4 Anti-Aliasing-Filter

Verfasser: Oliver Berberich

Um oben beschriebenen Effekt zu vermeiden, muss das analoge Eingangssignal vor der Abtastung gefiltert werden. Hierfür kommt ein analoges Tiefpassfilter zum Einsatz, welches das Signal bandbegrenzt, indem es die Frequenzen oberhalb der Nyquist-Frequenz sperrt. Da diese Tiefpassfilter nicht mit einer unendlichen Flankensteilheit konstruiert werden können, arbeiten digitale Systeme mit Abtastraten von 44,1kHz oder 48kHz, um Signale über 20kHz bis zur Nyquist-Frequenz mit einem Tiefpassfilter abzdämpfen. Der Aliasing-Effekt kann somit verhindert werden. Allerdings bringen diese Tiefpassfilter mit hoher Flankensteilheit einige Nachteile mit sich. Sie sind sehr materialaufwendig und somit teuer, sie verschlechtern die Lokalisation und Tiefenstaffelung durch Phasenverschiebung und sind nur für eine Abtastrate optimierbar (vgl. Friesecke 2007, S.503). Um diese Nachteile zu umgehen, wurde das Oversampling entwickelt. Dadurch ist es möglich, analoge Tiefpassfilter mit geringer Flankensteilheit einzusetzen.

2.2.1.5 Oversampling

Verfasser: Oliver Berberich

Unter Oversampling wird das Überabtasten des analogen Eingangssignals verstanden. Es werden dabei mehr Abtastwerte bearbeitet, als eigentlich nach dem Abtasttheorem benötigt werden. Durch dieses Verfahren erhöhen sich Abtastrate und somit auch die Nyquist-Frequenz. Dadurch ist es möglich die Steilheit des Anti-Aliasing-Filters zu reduzieren, da das Filter nun mehr Platz hat, die Frequenzen oberhalb des Nutzbereichs abzdämpfen.

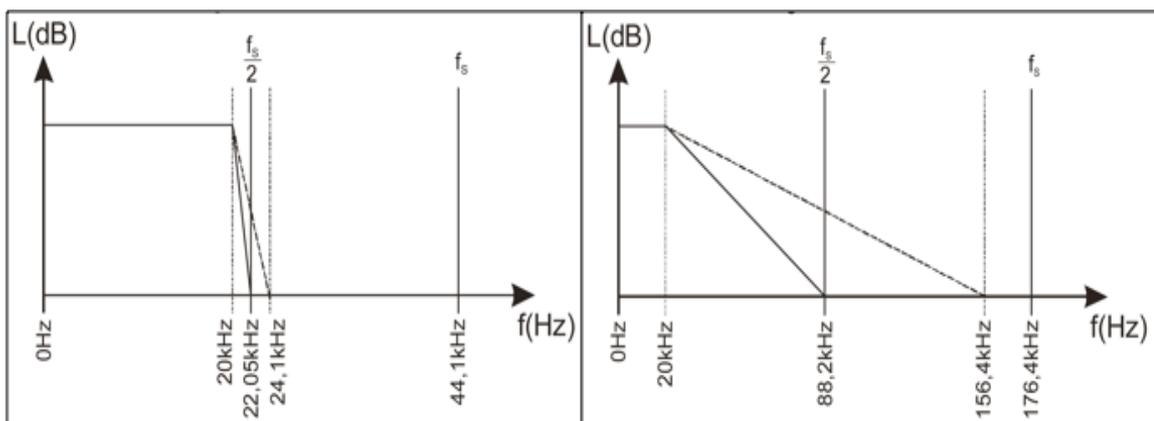


Abb. 9: Anti-Aliasing-Filter ohne und mit Oversampling

In Abbildung 9 wird gezeigt, dass ohne Oversampling (links) ein sehr steiles Filter eingesetzt werden muss, um Aliasing zu vermeiden. Durch 4-faches Oversampling erhöht sich die Abtastrate f_s von 44,1kHz auf 176,4kHz. Dadurch hat das Filter bis zur Nyquist-Frequenz von 88,2kHz Platz, um das Signal zu dämpfen (vgl. Friesecke 2007, S.503). Generell gilt: „Je höher das Oversampling ist, desto niedriger ist der Aufwand für das Anti-Aliasing-Filter“ (Friesecke 2007, S.503f). In der heutigen Zeit wird in den meisten Fällen mit einem 128-fachen Oversampling gearbeitet.

Durch Oversampling sind mehr Abtastwerte vorhanden, als nach dem Abtasttheorem benötigt werden. Würde man die überschüssigen Werte einfach entfernen, um wieder auf eine Abtastrate von 44,1kHz zu gelangen, käme es im Bereich von 22,05kHz bis 88,2kHz, bezogen auf das obere Beispiel, zu Aliasing. Um diesen Frequenzbereich zu filtern wird ein sehr steiles Filter benötigt, das alle Frequenzen ab 22,05kHz sperrt. Diese Aufgabe übernimmt das sogenannte „Dezimationsfilter“. Dieses Filter arbeitet digital, da das Signal an dieser Stelle bereits digital vorliegt. (vgl. Friesecke 2007, S.504).

2.2.2 Quantisierung

Verfasser: Oliver Berberich

Im vorangegangenen Kapitel 2.2.1 wurde das analoge Signal mit einer bestimmten Frequenz abgetastet (= Zeitquantisierung). Allerdings war das Signal nach diesem Vorgang immer noch analog. Im folgenden Kapitel werden diesen Abtastwerten sogenannte Amplitudenwerte zugeordnet (= Amplituden- oder Spannungsquantisierung). Erst jetzt kann von einer A/D-Wandlung oder auch Digitalisierung gesprochen werden.

2.2.2.1 A/D-Wandlung

Verfasser: Oliver Berberich

Hierzu wird der Amplitudenwert des Audiosignals in gleich große Spannungsstufen eingeteilt. Das Zahlenraster dieser Stufen besteht dabei aus 2^N . N beschreibt dabei die Wortbreite, das bedeutet die Anzahl der Bits pro Zahlenwert, des A/D-Wandlers (vgl. Weinzierl 2008, S.790). Das heißt je höher die Anzahl der Bits und somit der Wortbreite, desto mehr Quantisierungsstufen sind möglich und die Auflösung des Signals wird höher. Bei einem 24-Bit Wandler stehen somit 16.777.216 ($=2^{24}$) Spannungsstufen zur Verfügung.

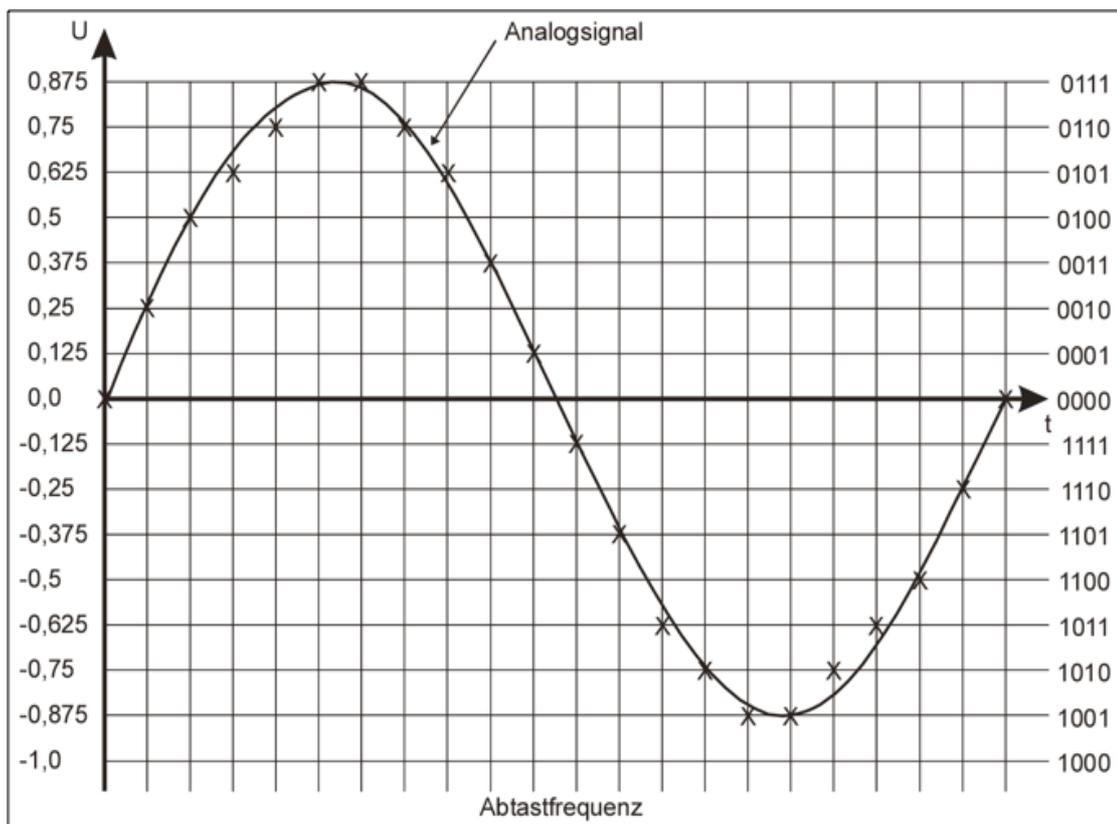


Abb. 10: Spannungsquantisierung mit 4-Bit (16 Spannungsstufen)

Die Abbildung zeigt ein analoges Eingangssignal, welches mit einem 4-Bit A/D-Wandler quantisiert wird. Hierbei wird dem Signal zum Abtastzeitpunkt ein Amplitudenwert zugeordnet, der dem Analogsignal am nächsten liegt. Je mehr Stufen, also Bits, vorhanden sind, desto genauer kann der Wert des digitalen Signals bestimmt werden. Jedoch ist es nicht möglich, eine verlustfreie Spannungsquantisierung durchzuführen.

2.2.2.2 Quantisierungsfehler

Verfasser: Oliver Berberich

„Die Differenz zwischen der Amplitude des ursprünglichen Analogsignals und der nächstgelegenen Stufe der Quantisierungs-Kennlinie ist der Quantisierungsfehler.“ (Görne 2011, S.170).

Da dieser Fehler aus einem weißen Rauschen (= zufällige Störspannung) besteht, wird er auch Quantisierungsrauschen genannt. Je niedriger die Anzahl an Spannungsstufen (Bits) ist, desto tonaler wird das Rauschen, da bestimmte Frequenzen überbetont werden. Dies hat einen, für das Ohr, störenden Effekt im Nutzsinal zur Folge. Deshalb werden hohe Bitraten angestrebt und zusätzlich Dither⁵ und Noise-Shaping⁶ eingesetzt, um diesen Fehler einzuschränken.

Das Ausmaß dieses Fehlers wird mit Hilfe des Signal-Rauschabstandes definiert. Der Signal-Rauschabstand (engl. Signal-to-Noise-Ratio) ergibt sich aus dem Verhältnis von Nutzsinal und Störsignal (vgl. Weinzierl 2008, S.791). Das Verhältnis ist von der Wortbreite N und dem Quantisierungsrauschen abhängig und wird in Dezibel angegeben.

⁵ „Dither bedeutet, dass dem Signal vor dem Entstehen eines Quantisierungsfehlers ein künstliches Rauschen hinzuaddiert wird. [...] Nunmehr können Signale abgetastet werden, die eigentlich bereits unter der Erfassungsschwelle eines A/D-Wandlers liegen und die Verzerrungen, die bei der Quantisierung entstehen, werden durch das Ditherrauschen verdeckt.“ (Friesecke 2007, S.546)

⁶ „Hinter Noise-Shaping steckt prinzipiell die gleiche Idee, wie beim Dithering. Ein Rauschen wird zum Signal addiert, bevor die Quantisierung stattfindet. Allerdings ist das Rauschen kein weißes Rauschen mit gleichförmiger Frequenzverteilung, sondern ein ‚geformtes‘ Rauschen (engl. ‚Shaped Noise‘). Dies bedeutet, dass die hohen Frequenzen des Rauschens meist deutlich stärker vorhanden sind als die mittleren oder tiefen Frequenzen. [...] Das hinzugefügte Rauschen ist kaum oder gar nicht hörbar, da es in einem Frequenzbereich geschoben wurde, der nicht wahrgenommen wird. [...] Der Quantisierungsvorgang erfolgt besser, da durch das zusätzliche Rauschsignal auch bei leisen Nutzsinalen immer ausreichend Bit für die Quantisierung verwendet werden können.“ (Friesecke 2007, S.546f)

Wortbreite	Signal-Rauschabstand
1-Bit	7,78 dB
8-Bit	50 dB
16-Bit	98 dB
20-Bit	122 dB
24-Bit	146 dB

Abb. 11: Signal-Rauschabstände

Der Sigma-Delta-Wandler ist der am häufigsten eingesetzte A/D-D/A-Wandler, da er sehr linear arbeitet und keinen externen Nullabgleich benötigt. Er wandelt das Eingangssignal nicht sofort in einen Zahlenwert um, sondern errechnet die Differenz zum vorangegangenen Wert. Da der Wandler meist mit einem 128-fachen Oversampling arbeitet, wird am Ende mit einem Dezimationsfilter der Mittelwert aus 128 Werten gebildet (vgl. Friesecke 2007, S.512f).

Das Signal liegt somit nun digital vor und wird mit Hilfe eines Zahlencodes aus Nullen und Einsen über eine Schnittstelle des A/D-D/A-Wandler auf den Computer übertragen.

2.2.3 Grundlegende digitale Audio-Komponenten

Verfasser: Oliver Berberich

In nachfolgenden Absätzen sollen die elementaren Komponenten der digitalen Audio-technik kurz aufgezeigt und erläutert werden. Neben dem Computer, auf welchen hier nicht näher eingegangen werden soll, gehört dazu das Audio Interface, welches die Schnittstelle zum Computer bildet und in dem meist die A/D-D/A-Wandlung stattfindet. Des Weiteren sind die Audio Software (auch „Digital Audio Workstation“ - DAW) und digitale Filter (= Plug-in) zur Signalbearbeitung wichtige Bestandteile der digitalen Ton-technik.

2.2.3.1 Audio Interface

Verfasser: Oliver Berberich

In der heutigen Zeit gibt es viele verschiedene Arten von Interfaces (= Schnittstellen). Grundsätzlich hat das Audio Interface die Aufgabe das digitale Signal, meist nur über ein Kabel, auf den Computer zu übertragen. Neben dem digitalen Audiosignal werden zusätzlich noch weitere Informationen, wie Bitrate und Abtastfrequenz über dieses Kabel mitgesandt. Zudem sind Audio Interfaces aber auch gleichzeitig meist A/D-D/A-Wandler und tragen somit entscheidend zur Signalqualität bei.

Im professionellen Audibereich findet meist das sogenannte AES3 Interface Verwendung. Es ist auch unter dem Namen AES/EBU bekannt und wurde von der „Audio Engineering Society“ (AES) als Standard festgelegt. Dieses Interface überträgt Audioinformationen mit einer Wortbreite bis zu 24-Bit und einer Abtastfrequenz bis zu 192kHz. Dazu wird die Übertragung in Blöcke aufgeteilt, wobei ein Block 192 Frames enthält. Jeder Frame enthält wiederum zwei Subframes. So werden zum Beispiel die Audiodateien einer CD mit 44.100 Frames pro Sekunde (= 88.200 Subframes) über die Leitung geschickt (vgl. Friesecke 2007, S.537). Mit diesem Standard stellen Firmen wie *Avid* (Pro Tools Systeme) oder *RME* Interfaces für den professionellen Audibereich her. Mit Hilfe von PCI-Karten (engl. „Peripheral Component Interconnect“), welche in den Computer verbaut werden, wird eine Verbindung zum Interface hergestellt.

Es kann dabei grundsätzlich von zwei verschiedenen Arten von Interfaces gesprochen werden - Native und DSP Interfaces. DSP steht für "Digital Signal Processing" und beschreibt Geräte, welche einen eignen Signalprozessor besitzen. Der im Computer verbaute Prozessor wird so nicht zusätzlich belastet. Digitale Effekte können in Echtzeit auf das Eingangssignal gerechnet werden. Native Interfaces hingegen besitzen keine internen Signalprozessoren, sondern nutzen zur Effektbearbeitung die Prozessoren des Computers, mit welchem das Interface verbunden ist. Sie weisen deshalb meist eine geringere Leistung als DSP Interfaces auf, können aber finanziell mit weniger Mitteln hergestellt werden.

Da sich diese sogenannte PCI Audio Interfaces trotzdem meist als sehr kostenintensiv erweisen und mobil nur bedingt einsetzbar sind, haben in den letzten Jahren die USB- und Firewire-Schnittstellen stark an Bedeutung gewonnen. Sie verhelfen zu einer kostengünstigeren Möglichkeit Audiosignale, sogar mobil, aufzunehmen. Aus diesem Grund sind sie meist im Homerecording-Bereich anzutreffen.



Abb. 12: Audio Interface mit Firewireanschluss (Modell: Focusrite Saffire Pro 40)

Oben stehende Abbildung zeigt ein Audio Interface mit Firewire-Schnittstelle. Über dieses Interface können zeitgleich bis zu 20 Signale separat auf den Computer übertragen werden. Das Gerät besitzt einen A/D-/D/A-Wandler, der in der Lage ist, acht analoge Eingangssignale mit einer Wortbreite bis zu 24 Bit und einer Abtastfrequenz

bis zu 96kHz in digitale Signale umzuwandeln. Zusätzlich können dem Audio Interface über die ADAT-Schnittstelle⁷ acht weitere digitale Signale zugesandt werden.

Nachdem die digitalen Signale auf den Computer übertragen worden sind, wird eine Software benötigt, mit welcher diese Signale aufgezeichnet, wiedergegeben und bearbeitet werden können.

2.2.3.2 Audio Software

Verfasser: Oliver Berberich

Die Audio Software (oder auch Sequenzer) ist eine Software zum Aufnehmen, Wiedergeben und Bearbeiten von digitalen Audiosignalen. Zusammen mit Audiointerface und digitalen Effekten (= Plug-ins) wird sie auch „Digital Audio Workstation“, kurz DAW, genannt. Mit Hilfe dieser Software ist es möglich, nicht-linear und nicht-destruktiv zu arbeiten. Dies bedeutet, dass ein Projekt von jeder beliebigen Stelle abgespielt und bearbeitet werden kann (=nicht-linear). Dabei wird das digitale Audiomaterial grundsätzlich nicht verändert oder zerstört, sodass immer wieder zum Ausgangspunkt des Signals zurückgekehrt werden kann (=nicht-destruktiv). Die Software bietet meist ein komplettes, virtuelles Musikstudio, welches grafisch an analoge Audiokomponenten angelehnt ist. So ist es dem Benutzer zum Beispiel möglich über ein virtuelles Mischpult Audiosignale zu bearbeiten. Auch Effekte, wie Equalizer, Hall, Delay, Kompression, werden emuliert und über Plug-ins den digitalen Signalen hinzugefügt. Die Schnelligkeit und Stabilität dieses Programmes ist abhängig von der Prozessorleistung des Computers. Da die heutigen Computer meist mit einem leistungsstarken Prozessor und großem Arbeitsspeicher ausgestattet sind, hat sich das Aufnehmen von Musik wesentlich vereinfacht. Auch das Angebot an Audio Software wächst stetig, sodass in der heutigen Zeit sehr kostengünstige oder sogar kostenfreie Programme zur Verfügung stehen. Jedoch haben sich gewisse Programme zur Musikaufzeichnung und -bearbeitung im professionellen Audiobereich durchgesetzt. Dazu gehören zum Beispiel Avid Pro Tools, Apple Logic Pro, Steinberg Cubase und Ableton Live.

⁷ „ADAT-Optical, manchmal auch als ‚Lightpipe‘ bekannt ist ein mehrkanaliges Digitalformat der Firma Alesis. [...] ADAT-Optical überträgt bis zu 8 Kanäle mit maximal 24 Bit und maximal 48kHz Abtastfrequenz.“ (Friesecke 2007, S.540)

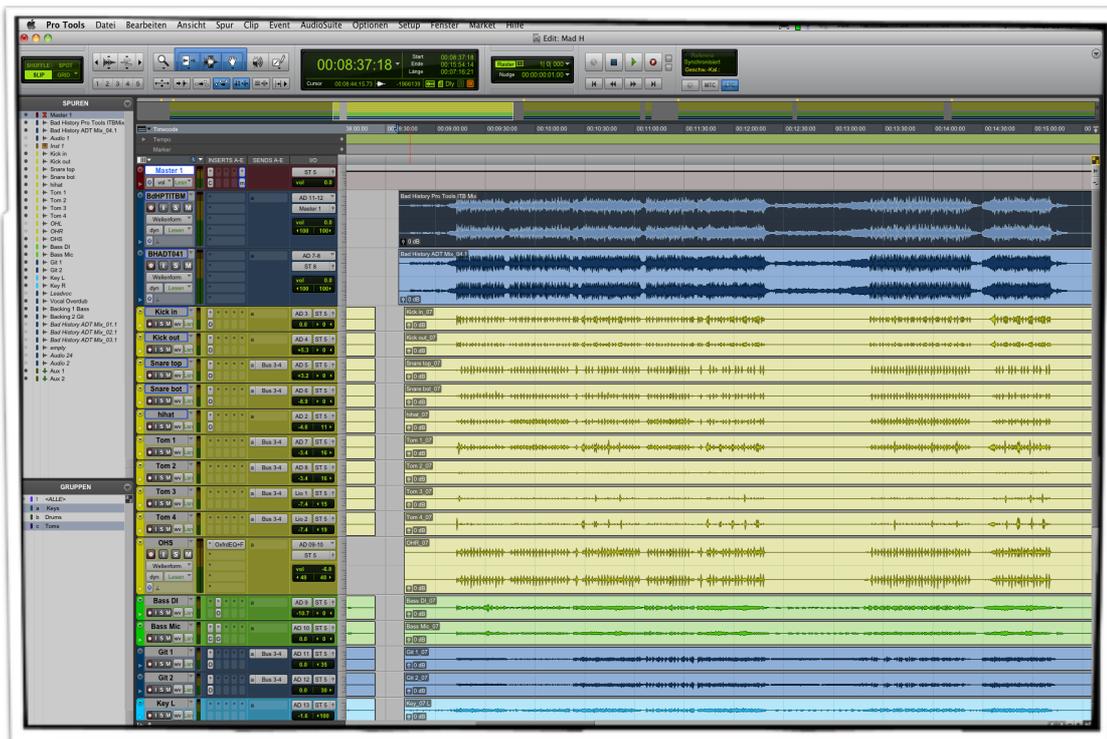


Abb.13 : Arbeitsfläche der Software Avid Pro Tools

2.2.3.3 Digitale Filter

Verfasser: Oliver Berberich

Digitale Filter – auch digitale Effekte oder Plug-ins genannt – sind in der heutigen Zeit ein elementarer Bestandteil der Audiotechnik um digitale Signale zu bearbeiten. Bei den meisten Audiosoftwares ist eine Vielzahl an Plug-ins standardmäßig vorhanden. Zudem spezialisieren sich viele Anbieter auf das Herstellen und Vermarkten von diesen digitalen Effekten, sodass das Angebot im 21. Jahrhundert fast unüberschaubar ist. Im Folgenden werden die zwei hauptsächlichen digitalen Filterarten IIR-Filter und FIR-Filter kurz erläutert.

„Ein digitales Filter rechnet - einfach ausgedrückt - eine Impulsantwort über das digitale Eingangssignal. Je nachdem, welche Impulsantwort berechnet wird, können unterschiedlichste Filtercharakteristiken erzeugt werden.“ (Friesecke 2007, S.558).

Der Effekt eines Filters ist also abhängig von der Impulsantwort. Folgende Formel stellt die Berechnung eines digitalen Filters dar: $y(n) = x(n) \cdot h(n)$. Dabei ist „y“ als digitales Ausgangssignal, „x“ als digitales Eingangssignal und „h“ als Impulsantwort zu definieren. „n“ ist die Nummer des aktuellen Abtastwertes. Diese Multiplikation von digitalem Eingangssignal und Impulsantwort wird auch als „Faltung“ bezeichnet (vgl. Friesecke 2007, S.558).

FIR-Filter

Das „Finite Impulse Response“-Filter wird im Deutschen auch als „Filter mit endlicher Impulsantwort“ bezeichnet. Hierbei wird dem digitalen Eingangssignal ein verzögertes Signal abgegriffen. Diese Verzögerung wird mit einem Koeffizient multipliziert und anschließend auf das digitale Ausgangssignal addiert. Die unten stehende Abbildung zeigt den Aufbau eines FIR-Filters mit acht abgegriffenen Verzögerungen, auch „Taps“ genannt.

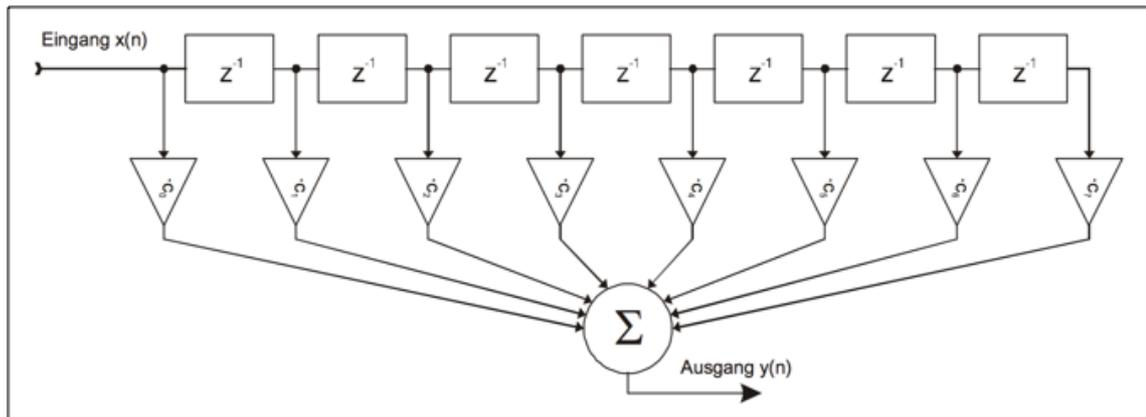


Abb. 14: Aufbau eines FIR-Filters mit acht Taps

Alle acht verzögerten Signale (Z^{-1}) werden nacheinander mit einem Koeffizienten ($C_0 - C_7$) multipliziert und anschließend auf die Ausgangssumme (Σ) addiert. Dies kann nach Belieben (C_n) fortgeführt werden. Nachdem das Eingangssignal alle Multiplikatorstufen durchlaufen hat, ist die Impulsantwort des Filters zu Ende (= „Finite Impulse Response“) und es kommt zum Verstummen des Ausgangssignals. Dadurch ist der FIR-Filter immer stabil. Durch die verschiedenen Impulsantworten und die Anzahl der Koeffizienten können die unterschiedlichsten Effekte kreiert werden. FIR-Filter können zum Beispiel Equalizer, Delay oder Hall sein (vgl. Friesecke 2007, S. 561f).

IIR-Filter

Dieses Filter steht für „Infinite Impulse Response“, was mit „unendliche Impulsantwort“ ins Deutsche übersetzt werden kann. Daraus lässt sich schließen, dass im Vergleich zum FIR-Filter das Ausgangssignal nicht verstummt, sondern unendlich lange weiterklingt. Der Aufbau des IIR-Filter muss sich deshalb vom FIR-Filter unterscheiden: Ein Teil des digitalen Ausgangssignals wird erneut auf die Summe des Filters addiert. Dadurch genügt ein einziger Impuls am Eingangssignal, um eine unendliche Impulsantwort des Filters zu erhalten (= „Infinite Impulse Response“).

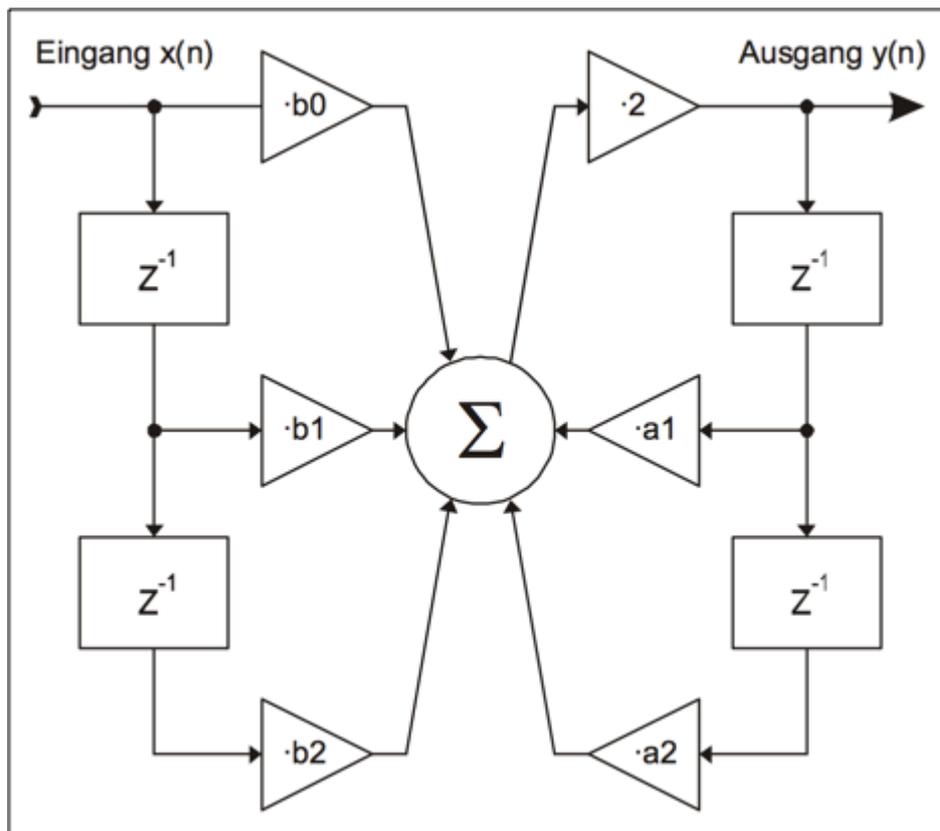


Abb. 15: Aufbau eines IIR-Filters

Das Eingangssignal wird in oben stehender Abbildung zweimal verzögert, mit den Koeffizienten b_0 , b_1 und b_2 multipliziert und anschließend zur Summe addiert. Bis zu diesem Zeitpunkt entspricht dieser Filter dem FIR-Filter. Jedoch wird diese Summe im nächsten Schritt verdoppelt (= Ausgangssignal) und abschließend erneut zweimal verzögert. Diese Verzögerungen des Ausgangssignals wird mit den Koeffizienten a_1 und a_2 multipliziert und zur Summe des Filters addiert. Dadurch entsteht eine Art Schleife, wodurch es zur unendlich langen Impulsantwort des Filters kommt. Mit IIR-Filtern lassen sich zum Beispiel Tiefpass-, Hochpass-, Bandpass- oder Bandsperrefilter erzeugen (vgl. Friesecke 2007, S. 558f).

Mit Hilfe dieser beiden grundlegenden Filtertechniken ist es möglich, eine Vielzahl an digitalen Effekten zu erzeugen. Fast alle Effekte in den heutigen digitalen Tonstudios arbeiten nach dem FIR- und IIR-Filter Prinzip.

Um die Auswirkungen und Unterschiede dieser digitalen Bestandteile gegenüber Analoggeräten aufzeigen zu können, wird in den nächsten Kapiteln eine Audioproduktion durchgeführt, bei welcher die oben genannten Komponenten zum Einsatz kommen.

3 Methoden und Durchführung der Audioproduktion

Verfasser: Oliver Berberich, Manuel Hermann

Die vorangegangenen Kapitel der Grundlagen von Analog- und Digitaltechnik lassen darauf schließen, dass beide Systeme sich in Verfahren, Klang und Kosten unterscheiden. Um diese Unterschiede am Ende der Arbeit aufzeigen zu können, soll im folgenden Kapitel eine analoge und eine digitale Audioproduktion durchgeführt werden. Hierzu musste im ersten Schritt ein geeignetes, professionelles Tonstudio aufgesucht werden.

3.1 Tonstudio *Atlantis 3.0*

Verfasser: Manuel Hermann

Da Oliver Berberich sein Praxissemester im Management der Band *Die Fantastischen Vier* absolvierte, entstand die Möglichkeit, mit Empfehlung und Hilfe von Andreas Rieke (*And.Ypsilon*), das Tonstudio *Atlantis 3.0* als möglichen Aufnahmeort für die Durchführung der Produktion zu nutzen. Inhaber dieses Studios sind Sven Samson Geiger, ein erfahrener, bekannter Toningenieur und Live-Mischer und Ulrich „James“ Herter, bekannter Musikproduzent, welcher unter anderem den Hit „Sternenhimmel“ („Hubert Kah“) schrieb und produzierte. Seit Ende 2013 betreiben die beiden ein analoges und gleichzeitig digitales Tonstudio in Reutlingen in der Nähe von Stuttgart. Im Rahmen der Bachelorarbeit stellen sie ihre Hilfe und Unterstützung bei der Durchführung der Produktion und des Vergleichs kostenfrei zur Verfügung. Mit diesem Team war es nun möglich, einen repräsentativen Vergleich zwischen Analog- und Digitalaufnahme zu erstellen, da das *Atlantis 3.0* mit dem höchsten Standard an Aufnahmegeräten ausgestattet ist. Elementare Komponenten des Studios sind unter anderem die *Studer A800 MKIII* Bandmaschine, das *ADT 5MT* Mischpult, das 64-Kanal Pro Tools HD System, hochwertige Mikrofone, Instrumente und optimal ausgemessene Regie- und Aufnahmeräume.

3.2 Musiker und Instrumentenwahl

Verfasser: Manuel Hermann

Die Auswahl der Musiker und der Instrumente ist für die Durchführung der Produktion von großer Bedeutung. Aufgrund der zeitlich begrenzten Planungs- und Durchführungsphase wurde deshalb eine schon bestehende Rockband von Manuel Hermann (*Mad H*) mit einer „klassischen“ Instrumentenbesetzung - Schlagzeug, Bass, Gitarre, Klavier und Gesang - gewählt. Dies hat den Vorteil, dass die Musiker das gewählte Lied gleichzeitig zusammen live einspielen und die wichtigsten Instrumente später analog und digital verglichen werden können. Der Schlagzeuger von *Mad H* spielt dabei

auf einem Set der Marke *DW*, der Bassist nutzt einen *Warwick* Verstärker mit einer *Hartke* 4x 10" Box und spielt einen *Sandberg Bullet Special 5* Bass. Der Gitarrist spielt eine *Gibson Studio Les Paul*, angeschlossen an einen *Marshall JCM 900* Verstärker und einer *Marshall* 4x 12" Box. Als Klavier benutzt die Band ein *Korg SV1 Piano*, welches ohne Lautsprecher per DI Box direkt weiter geroutet wird.

Zusammen mit Samson Geiger und James Herter wählte die Band *Mad H* einen Song aus, der für den Vergleich von analog und digital am besten geeignet ist. In der Anlage der Bachelorarbeit befindet sich die analoge und digitale Version dieses Songs. Nachdem das Tonstudio und die Band gewählt wurden, soll im nächsten Schritt die Aufnahme der Instrumente vorbereitet werden.

3.3 Vorbereitung der Aufnahme

Verfasser: Oliver Berberich

In der Vorbereitungsphase wird, zusammen mit Samson Geiger, James Herter und der Band *Mad H*, ein Ablaufplan erstellt und offene Fragen geklärt. Entscheidende Faktoren der Audioproduktion, wie Positionierung von Musikern, Instrumenten und Mikrofonen, Aufnahmeverfahren (Signalketten, Splitten der Signale, etc.) und Arrangement des Songs, müssen in dieser Phase behandelt und entschieden werden.

3.3.1 Aufbau des Studios

Verfasser: Oliver Berberich

Da die Band das Lied live einspielt, d.h. alle Instrumente werden gleichzeitig gespielt und aufgenommen, erfolgt die Aufnahme in einem einzigen Raum. Dies hat den Vorteil, dass sich die Musiker gegenseitig besser verständigen und Blickkontakt halten können. Der Aufnahmeraum im *Atlantis 3.0* Tonstudio hat eine Länge von ca. sechs und eine Breite von ca. fünf Metern. Die Höhe des Raumes variiert von zweieinhalb bis drei Metern. Die Wände können durch drehbare Akustikmodule als Diffusoren oder Absorber dienen. Dadurch kann der Raum klanglich individuell gestaltet werden. Für die Aufnahme wird eine eher „trockene“ Variante (= weniger Nachhallzeit) des Raumes gewählt. Hierfür werden die Akustikmodule der Wände so gedreht, dass die Absorber in den Raum zeigen. Die aufgenommenen Audiosignale sind dadurch „trockener“ und direkter, d.h. sie besitzen weniger Nachhall. Diese Methode wird gewählt, da später in der Bearbeitung analoge und digitale Hall-Effekte benutzt werden sollen.



Abb. 16: Aufnahmeaum des Atlantis 3.0 Studios

Das oben stehende Foto zeigt, dass alle vier Musiker Blickkontakt halten können. Die Signalquellen (Gitarrenverstärker, Bassverstärker, Stimme) sind zusätzlich mit Akustikmodulen voneinander getrennt, um Übersprechen von Signalen in andere Mikrofone einzuschränken.

Direkt neben dem Aufnahmeaum befindet sich der Regieraum. In ihm findet das Abhören, Aufnehmen und Bearbeiten der Signale statt. Der Raum hat in etwa die gleichen Maße wie der Aufnahmeaum, jedoch mit einer niedrigeren Deckenhöhe. Die Kernkomponenten dieser Regie sind das *ADT 5MT* Pult, die *Studer A800 MKIII* Bandmaschine, der Mac Pro, das Pro Tools HD System und das *ATC* Abhörsystem. Zusätzlich sind mehrere Outboardgeräte, wie Mikrofonvorverstärker, Hallgeräte, Kompressoren, Equalizer im Raum enthalten.



Abb. 17: Regieraum des Atlantis 3.0 Studios

3.3.2 Mikrofonierung

Verfasser: Oliver Berberich

Nachdem die Musiker und Instrumente im Aufnahmerraum positioniert sind, beginnt die Mikrofonierung der Schallquellen. Um ein perfekten Vergleich und optimale Voraussetzungen zur Bearbeitung von analoger und digitaler Aufnahme zu gewährleisten, werden alle einzelnen Signale mit jeweils einem oder zwei Mikrofonen abgenommen. In der Summe ergibt das eine Anzahl von 20 Einzelspuren.

Die Schlagzeugaufnahme gilt in der Tontechnik als eine der größten Herausforderung. Der endgültig aufgenommene Sound wird von vielen Faktoren, wie Klang des Sets, Raumakustik, Mikrofonwahl und Spieltechnik des Schlagzeugers beeinflusst. Durch die Erfahrung und das Wissen von Samson Geiger sind diese Faktoren bestmöglichst ausgewählt und eingestellt. Für das Schlagzeug werden insgesamt elf Mikrofone verwendet. Die Base-Drum erhält zwei Mikrofone, um einerseits einen langen, basslastigen Ton, andererseits einen höhenlastigeren Ton (=Kick) aufzunehmen. Zusammen ergibt dies einen druckvollen, aber transparenten Klang der Base-Drum. Um die tieferen Frequenzen aufzunehmen wird ein *AKG C414* Kondensator Großmembran-Mikrofon vor das Loch des Resonanzfelles positioniert (Abb. 18). Der Kick wird mit einem dynamischen *Beyer M88* Mikrofon aufgezeichnet. Hierzu wird das Mikrofon in das Loch des Resonanzfelles geführt und auf das Schlagfell gerichtet. Die Snare-Drum wird ebenfalls mit zwei Mikrofonen aufgenommen, da zum einen ein knackiger, druckvoller Schlag von oben und zum anderen ein höhenlastiger Schlag (=Teppich) von unten entsteht. Hierzu wird über der Snare ein dynamisches *Shure SM7b* Mikrofon und unter der Snare ein Großmembran-Mikrofon *AKG C414* platziert (Abb. 18). Die HiHat wird mit einem dynamischen *Sennheiser MD441* aufgenommen. Der Schlagzeuger spielt mit vier Toms, welche jeweils mit einem dynamischen *Shure A98d* Mikrofon abmikrofoniert sind. Für das Overhead des Schlagzeugsets wählt Samson Geiger die XY-Stereo-Mikrofonierung mit zwei *Microtech Gefell M930* Großmembran-Mikrofonen (Abb. 18). Die Mikrofone werden in etwa anderthalb Meter Höhe mittig über dem Schlagzeug positioniert. Somit ist das Schlagzeug mit elf Mikrofonen bestmöglich abgenommen.



Abb. 18: Mikrofonierung des Schlagzeugs

Die Bassgitarre wird auf zwei Kanäle aufgeteilt. Ein dynamisches Sennheiser *MD-421* Mikrofon wird direkt vor den Lautsprecher des Bassverstärkers platziert. Zusätzlich wird das Bass-Signal über einen „Direct Out“ am Verstärker abgegriffen. Die beiden Signale besitzen unterschiedliche Klangfarben und Frequenzen, wodurch später in der Bearbeitung mehrere Möglichkeiten der Klangregelung vorhanden sind.

Die E-Gitarre wird durch Stereo-Mikrofonierung mit zwei *Beyerdynamic M160* Bändchenmikrofonen aufgenommen. Dazu werden die Mikrofone jeweils auf einen Lautsprecher des Gitarrenverstärkers gerichtet. Durch das Stereosignal kann die Gitarre später im Panorama nach links und rechts gelegt werden, wodurch die Aufnahme „aufgeräumter“ und „breiter“ klingt.



Abb. 19: Mikrofonierung von Gitarre und Bass

In dem ausgewählten Song sind eine Hauptstimme (= Lead Vocals) und zwei Zweitstimmen (= Backing Vocals) zu hören. Diese drei Stimmen werden jeweils mit einem Mikrofon aufgenommen. Vor dem Hauptsänger wird ein *Violet The Dolly* Großmembran-Kondensatormikrofon platziert. Die Backing Vocals werden mit einem dynamischen *Shure SM58* Mikrofon und einem *Mikrofonbau MB301* Bändchenmikrofon aufgenommen.



Abb. 20: Vocals-Mikrofonierung

Das *Stage Piano SV1* der Marke *Korg* wird nicht mikrofoniert, da es zwei symmetrische XLR-Ausgänge besitzt. Diese Ausgänge werden direkt an den Signalsplitter geroutet. Im folgenden Kapitel 3.3.3 wird dieser komplette Signalweg genauer beschrieben.

3.3.3 Signalkette

Verfasser: Oliver Berberich

Nachdem die Audiosignale durch oben beschriebene Mikrofone aufgenommen wurden, müssen sie verstärkt werden. Dazu kommt ein *Studer 962* Mischpult mit 20 analogen Mikrofonvorverstärkern zum Einsatz. Als Verbindung zwischen Mikrofone und Mischpult werden XLR-Kabel benutzt. Die verstärkten Signale werden an den Insert/Send-Buchsen der einzelnen Kanäle abgegriffen und weitergeleitet. Da der analoge Signalweg ein anderer als der digitale ist, müssen die einzelnen Kanäle anschließend geteilt (= gesplittet) werden, um zwei identische Signale zu erhalten. Dadurch ist es möglich mit nur einer Aufnahme des Liedes zwei unterschiedliche Aufnahmeverfahren durchzuführen. Diese Aufgabe übernehmen drei *Metric Halo Lio-8* Geräte. Das *Metric Halo Lio-8* ist eigentlich ein A/D-D/A-Wandler und Audio Interface, besitzt aber neben den acht analogen Eingängen und der AES/EBU Schnittstelle auch acht analoge Send/Return-Schleifen. Somit ist es möglich, die acht analogen Eingangssignale zu splitten: Die, von den Inserts des *Studer 962* Mischpultes kommenden, Eingangssignale werden zum einen direkt am Send des *Metric Halo Lio-8* analog abgegriffen und zum anderen gleichzeitig durch den A/D-Wandler digitalisiert und über die AES/EBU Schnittstelle weitergeleitet. Da in der Aufnahme 20 Einzelspuren vorhanden sind, werden für den Signalsplitt drei *Metric Halo Lio-8* benötigt. Diese werden Samson Geiger von dem Hersteller *Metric Halo* kostenlos zur Verfügung gestellt.



Abb. 21: Metric Halo Lio-8

In dem folgenden Kapitel wird zuerst der analoge Weg der Signale genauer betrachtet. Anschließend erfolgt die Beschreibung des digitalen Signalweges.

3.3.3.1 Analoger Signalweg

Vom Signalsplitter (*Metric Halo Lio-8*) kommend, werden die einzelnen Kanäle direkt auf das Band der *Studer A800 MKIII* Bandmaschine aufgenommen. Hierzu werden ebenfalls XLR-Kabel benutzt. Im analogen Normalfall würden die Signale, bevor sie auf die Bandmaschine gelangen, auf einem Mischpult klanglich vorbearbeitet werden. Die-

ser Schritt wird bei vorliegender Produktion ausgelassen, um einen „fairen“ Vergleich mit der digitalen Audiotechnik zu gewährleisten, da bei dem digitalen Verfahren ebenfalls keine klangliche Vorbearbeitung stattfindet. Nachdem die Signale auf das Band der *Studer A800 MKIII* aufgenommen worden sind, werden sie weiter auf ein analoges *ADT 5MT* Mischpult geroutet. Dies hat zwei wichtige Gründe: Zum einen werden mit Hilfe des Pultes die Kopfhörer-Mixe für die Musiker erstellt, zum anderen ist das *ATC* Abhörsystem an dieses Mischpult angeschlossen, sodass erst durch diese Verbindung die Signale über die Abhörmonitore in der Regie zu hören sind. Damit ist der analoge Signalweg abgeschlossen. Später werden die aufgenommenen Signale über das *ADT 5MT* Mischpult und andere analoge Geräte gemischt.

3.3.3.2 Digitaler Signalweg

Die Signale werden, gleich dem analogen Weg, von den Vorverstärkern des *Studer 962* Pultes in die *Metric Halo Lio-8* Geräte geführt. Anschließend werden sie nicht analog auf die Bandmaschine, sondern auf den internen A/D-Wandler geroutet. Das *Metric Halo Lio-8* ist ein Audio Interface, welches mit einer Abtastfrequenz von 96kHz und einer Wortbreite von 24-Bit arbeitet. Es besitzt acht analoge Eingänge und acht digitale AES/EBU Ein- und Ausgänge. Nachdem die A/D-Wandlung erfolgt ist, werden die digitalen Signale über die AES/EBU Schnittstelle auf ein 64 Kanal Pro Tools HD System geroutet. Hierfür werden D-Sub 25 Stecker benutzt. Das Pro Tools HD System des *Atlantis 3.0* Studios arbeitet ebenfalls mit einer Abtastfrequenz von 96kHz und einer Wortbreite von 24 Bit. Durch eine PCI-Karte im Mac Pro (3x 2,8 GHz Quadcore, 14 GB RAM) des Studios wird eine Verbindung der Pro Tools Hardware mit der Pro Tools Audio Software hergestellt. Die digitalen Signale können so im Sequenzer der Software aufgenommen und bearbeitet werden. Um die digitalen Signale über die *ATC* Monitore abhören zu können, muss zunächst eine D/A-Wandlung erfolgen. Dazu wird die Stereo-Summe der Pro Tools Software über das Pro Tools HD System zurück auf die *Metric Halo Lio-8* Wandler geführt. Anschließend erfolgt die D/A-Wandlung des digitalen Signals. Das umgewandelte analoge Stereosignal wird danach ebenfalls auf das *ADT 5MT* Pult geroutet, um von dort aus über die Monitore abgehört werden zu können. Somit ist auch die digitale Signalkette abgeschlossen. Später werden beim Mischen der digitalen Signale, anstelle von analogen Outboardgeräten, digitale Effekte verwendet.

3.4 Aufnahmeprozess

Verfasser: Oliver Berberich

Nachdem analoger und digitaler Signalweg vollständig verkabelt sind, beginnen die ersten Testaufnahmen und Einstellungen.

Hierfür werden im ersten Schritt die 20 Kanäle nacheinander eingepegelt. Dazu verstärkt Samson Geiger die Signale mit Hilfe der Vorverstärker *des Studer 962* Pultes bis zur optimalen Aussteuerung. Anschließend wird auf dem Mac Pro ein Pro Tools Projekt mit 20 Einzelspuren angelegt. Damit das analoge und das digitale System synchron aufgenommen werden, wird die Bandmaschine als „Slave“ (dt. „Sklave“) zum Pro Tools System geschaltet. „Slave“ bedeutet in diesem Falle, dass die Bandmaschine sich der Aufnahmegeschwindigkeit des digitalen Systems (=Master) anpasst. Zusätzlich wird dem Band ein Timecode aufgespielt, damit die beiden Systeme zeitgleich und synchron starten, stoppen und nicht auseinanderlaufen.

Im nächsten Schritt wird auf die Bandmaschine ein analoges Metronom, auch Klick genannt, aufgespielt. Mit Hilfe des Metronoms ist die Band in der Lage, die Geschwindigkeit des Songs einzuhalten. Um diesen Klick und auch die Instrumente perfekt hören zu können, werden nach dem Einpegeln vier separate Kopfhörer-Mixe für die Musiker erstellt. Dies erfolgt über die Aux-Wege des *ADT 5MT* Pultes, welche zuerst auf einen Kopfhörerverstärker im Aufnahmerraum geroutet werden und von dort aus anschließend auf den vier Kopfhörer der Musiker zu hören sind. So ist es möglich, dass jeder Musiker einen individuellen Mix der Instrumente bekommt und sich so während der Aufnahme wohlfühlt. Zuerst wird eine Testaufnahme durchgeführt, in welcher sich die Band an die Aufnahmesituation gewöhnen kann, um den Song bei der Hauptaufnahme reibungslos aufzeichnen zu können. Nachdem die Musiker sich eingespielt haben und letzte kleine Änderungen an Mikrofonpositionen und Pegeleinstellungen getätigt worden sind, beginnt die Hauptaufnahme der Produktion. Die Durchführung dieser Aufnahmen dauert ungefähr 60 Minuten, in denen das Lied drei Mal auf Band und auf Pro Tools aufgenommen wird. Im Anschluss wählt die Band zusammen mit Samson Geiger und James Herter einen dieser drei Takes aus, mit welchem die klanglichen Unterschiede von analoger und digitaler Aufnahme herausgefunden werden sollen.

3.5 Mixing

Verfasser: Oliver Berberich

Da ein fairer Vergleich nicht auf dem Rohmaterial der beiden Aufnahmen basieren soll, werden im nächsten Schritt die Aufnahmen gemischt. Für diesen Song beschränkt sich das Mixing auf die elementaren Bearbeitungsvorgänge einer Produktion. Neben dem Lautstärkeverhältnis der einzelnen Kanäle, gehören dazu Equalizer, Kompressoren und Hall. Die analoge Aufnahme wird dazu über die Equalizer des *ADT* Pultes klangregelt und über analoge Kompressoren und Hallgeräte bearbeitet. Im digitalen Bereich dagegen werden ausschließlich digitale Plug-ins zur Signalbearbeitung der Aufnahme verwendet. Nur durch diese Methode kann ein ehrlicher Vergleich zwischen analog und digital stattfinden.

3.5.1 Analoges Mischen

Verfasser: Oliver Berberich

Um das analoge Rohmaterial bearbeiten zu können, wird es vom 2" Band der Bandmaschine abgespielt und über das Pult auf das Abhörsystem geroutet. Im nächsten Schritt beginnt Samson Geiger die 20 Kanäle analog auf dem *ADT* Pult in ein optimales Lautstärkeverhältnis zu bringen und im Stereoklangbild, auch Panorama genannt, zu verteilen. Dabei werden zum Beispiel die beiden Mono-Signale des Klaviers einmal nach rechts und einmal nach links im Panorama platziert, die Toms des Schlagzeuges im Panorama verteilt und das Overhead ebenfalls rechts und links im Klangbild platziert. Anschließend werden die einzelnen Kanäle nacheinander in den Solo-Modus versetzt und durch die im *ADT 5MT* verbauten Equalizer klanglich verändert. Durch die Jahrzehnte lange Erfahrung von Samson Geiger nimmt dieser Vorgang nur etwa 45 Minuten in Anspruch. Die Unterschiede zwischen analoger Rohaufnahme und klanglich veränderter Aufnahme nur durch die Equalizer sind an dieser Stelle schon deutlich bemerkbar. Der Mix klingt „aufgeräumter“, druckvoller und durch die Panoramaeinstellungen „breiter“ und „größer“.

Nachdem alle EQ-Einstellungen vorgenommen worden sind, werden zwei analoge Kompressoren über XLR-Kabel in das *ADT* Pult und über das Steckfeld, auch Patchbay genannt, in den gewünschten Kanal eingeschleift. Hierfür werden im *Atlantis 3.0 Studio Summit Audio Inc. TLA-100A* Röhrenkompressoren verwendet. Mit Hilfe dieser beiden Geräte werden zum einen Stimme und zum anderen die Bass-Gitarre komprimiert. Die restlichen Signale werden bei dieser Produktion nicht komprimiert.

Da die Signale sehr „trocken“, ohne Nachhall, aufgenommen worden sind, werden im letzten Teil des Mixing Halleffekte auf Stimmen, Gitarre und Snare gelegt, um einen gewissen Raum und Größe der Aufnahme zuzuweisen. Hierfür werden zwei externe Hallgeräte benutzt: *Lexikon Model 200 Digital Reverberator* und *Quantec 2404 F Yard-*

stick. Ähnlich dem Kompressionsverfahren werden die Geräte über XLR-Kabel in das Pult eingeschleift und über die Patchbay den jeweiligen Kanälen zugeordnet. Somit ist das analoge Mixing abgeschlossen.

3.5.2 Digitales Mischen

Verfasser: Manuel Hermann

Beide Mischvorgänge sind sich im Prinzip sehr ähnlich. Zwar wird beim digitalen Mischen kein Band aufgelegt sondern der Computer und Pro Tools HD gestartet und das Projekt in die DAW geladen, aber das Grundprinzip ist das gleiche. Um wie bereits erwähnt möglichst gleichwertige Konditionen für beide Mischvorgänge zu schaffen, werden beim digitalen Mischen ausschließlich digitale Effekte zu Nutze gezogen. Es wird also "in the box", d.h. ausschließlich im Computer gearbeitet. Um eine bessere Übersicht über die Kanalzüge zu erreichen, werden diese farblich markiert und in Gruppen zusammengefasst. Dies ist lediglich ein Schritt zur Vereinfachung des Mischens und wirkt sich selbstverständlich nicht auf das klangliche Ergebnis aus. Als Erstes werden nun wie zuvor beim analogen Mischen die Lautstärkeverhältnisse der 20 Kanäle angeglichen und auf das Panorama verteilt. Schon hier versucht Samson sich am bereits fertigen analogen Mix zu orientieren, um am Ende ein so ähnlich wie möglich klingendes Resultat zu bekommen. Dann geht es weiter mit den Pro Tools HD internen Equalizern. In diesem Fall handelt es sich um den EQ *Sonox Massenburg* mit GML Option. Obwohl es im digitalen Verfahren kein Problem wäre zehn oder mehr EQ-Bänder pro Kanal aufzulegen, wird sich den Konditionen des *ADT* Pults mit drei Bändern angeglichen. Nach den EQs werden Stimme und Bass ebenfalls mit den Pro Tools HD internen Kompressoren bearbeitet und zuletzt wird mit dem *Ultiverb* Hallgenerator versucht einen möglichst ähnlichen Raum abzubilden wie es der *Quantec 2404 F* beim analogen Mixing getan hat. Natürlich lässt es sich Samson Geiger nicht nehmen jetzt schon immer wieder zwischen dem fertigen analogen Mix und dem digitalen hin und her zu schalten. Die Unterschiede sind jetzt schon sehr deutlich zu hören, dennoch wird an dieser Stelle der eigentlichen Auswertung nicht vorgegriffen.

4 „Abhör“-Umfrage

Verfasser: Manuel Hermann

Zum jetzigen Zeitpunkt wurde die komplette Produktion abgeschlossen und die zwei fertigen Mixes stehen zur Verfügung. Da der Vergleich der beiden Verfahren nicht nur auf technischen Grundlagen basieren soll, wird zusätzlich noch eine Umfrage bzw. eine Hörprobe mit verschiedenen Personen durchgeführt.

4.1 Vorgehensweise

Verfasser: Manuel Hermann

Die Vorgehensweise der kompletten Umfrage wurde so konzipiert, dass es drei verschiedene Gruppen von Testpersonen mit jeweils fünf Hörern geben soll. Die drei Gruppen bestehen aus fünf Profis, fünf jungen und fünf älteren Personen (mehr dazu in 4.2).

Jeder dieser Gruppen bekommt nun das fertige Resultat zusammen mit einem extra erstellten Fragebogen präsentiert (mehr dazu in 4.3). Der grobe Ablauf sieht so aus, dass die Testpersonen beide Versionen immer im Wechsel zu hören bekommen. Um eine eventuelle Voreingenommenheit zu vermeiden wird hierbei lediglich von Version 1 und Version 2 gesprochen und nicht von analoger und digitaler Version.

Zuerst sind die Profis an der Reihe. Dazu wurden Samson Geiger, James Herter, Wolfgang Fuhr, Vassilios Parashidis und David Hill ausgewählt. Alle fünf haben langjährige Erfahrung im Produzieren und Hören von Musik. Nun bekommt jeder der fünf Profis den vorher angefertigten Fragebogen und einen Sitzplatz in einer für sie gewohnten Abhörsituation, wie sie eben in dem Studio *Atlantis 3.0* gegeben ist. Um den Profis einen besseren Einblick in die beiden Versionen geben zu können wird ihnen die Möglichkeit gegeben jederzeit selbst zwischen Version 1 und 2 hin und her zu schalten, um so die Unterschiede noch genauer hören und definieren zu können. Nun bekommt jeder nacheinander eine halbe bis dreiviertel Stunde Zeit, um sich intensiv mit den Aufnahmen vertraut zu machen, zu beschäftigen und natürlich um die Fragen zu beantworten.

Bei den beiden Konsumentengruppen läuft der Abhörtest etwas anders ab. Um die Umfrage so realistisch wie möglich zu gestalten war die Überlegung, jedem Teilnehmer die Musik in seinem gewohnten Umfeld zu präsentieren. Also bestellten wir die Konsumenten nicht wie die Profis in das *Atlantis 3.0* Studio um ihr Urteil vor einer Studioabhöre zu fällen, sondern in das Wohnzimmer von Manuel Hermann, wo die „Abhör“-Umfrage vor gewöhnlichen HiFi Boxen stattfand. So wird für jeden Teilnehmer ein gewohntes Umfeld geschaffen und das Ergebnis sollte so nicht verfälscht werden. Die zehn Konsumenten werden ihren Gruppen entsprechend in zwei Durchgänge aufge-

teilt. An einem Tag wird der Test mit den fünf jungen und am nächsten mit den fünf älteren Personen durchgeführt. Dies hat zwei Gründe. Einerseits war es in platztechnisches Problem. Andererseits soll tunlichst die gegenseitige Einflussnahme gerade der verschiedenen Gruppen untereinander vermieden werden. Ein weiterer Unterschied zu den Profis besteht darin, dass die Konsumenten die Musik von Manuel Hermann und Oliver Berberich präsentiert bekommen. Dies bedeutet, dass alle Tester bezogen auf die Wechsel von Version 1 zu Version 2 und umgekehrt genau gleich vorgespielt bekommen, also gleichzeitig hören und somit eine Verfälschung des Resultats verringert wird. Die Wechsel und Wiederholungen werden von Manuel Hermann immer an den passenden Stellen und Abschnitten des Songs vollzogen während Oliver Berberich anzeigt, welche Version gerade gespielt wird. So wird sichergestellt, dass sich alle Konsumenten unter den selben Bedingungen dem Fragebogen widmen können. Zuerst wird jeweils die Hälfte des Songs in Version 1 gespielt und dann der selbe Abschnitt in Version 2 wiederholt. Anschließend wird der Song in voller Länge gespielt, wobei immer wieder zwischen den Versionen gewechselt wird. Als letzter Schritt werden noch spezielle Passagen aus dem Song ausgewählt und vorgespielt, um die Unterschiede noch stärker zu verdeutlichen und helfen, die Fragen besser beantworten zu können. Der Vorgang nimmt ca. eine Stunde in Anspruch.

Die Abhöre besteht bei den Konsumenten aus zwei HiFi Speakern mit einem 3-Wege-System, einem Verstärker und einem über Cinch auf 3mm Klinke angeschlossenen Macbook. Auf dem Macbook läuft Logic Pro X mit beiden Mixes.

4.2 Testpersonen

Verfasser: Manuel Hermann

Um ein möglichst repräsentatives Ergebnis zu generieren, wurden wie oben bereits erwähnt drei verschiedene Hörergruppen ausgewählt.

4.2.1 Profis

Verfasser: Manuel Hermann

Unter Profis werden Personen verstanden, die täglich und im Beruf bzw. der Ausbildung mit Musikproduktionen zu tun haben. Hierfür wurden fünf Profis ausgewählt. Sven Samson Geiger ist nicht nur die tragende Hilfskraft dieser Bachelorarbeit sondern Toningenieur und Live Mischer mit mehr als 30 Jahren Berufserfahrung mit den Größten der Welt. Obwohl er bekennender Analogfan ist wird er so objektiv wie möglich an den Fragebogen herantreten. Ullrich James Herter ist Studiobesitzer, Songwriter, Komponist, Arrangeur und Produzent. Spätestens seit den 80er Jahren und der Neuen Deutschen Welle hat er sich einen Namen in der internationalen Musikszene gemacht. Als Besitzer des *Atlantis 3.0* und Partner von Samson Geiger erklärte auch er sich bereit, an der Umfrage teilzunehmen und sein Wissen und seine Eindrücke zu teilen. Als drit-

ter tritt Vassilios "Vasi" Parashidis in die Gruppe der Profis ein. Als Geschäftsführer der *Strebergarten Agentur* hat er täglich mit Video- und Audioproduktionen zu tun. Auch er ist als Komponist und Musiker tätig. Der vierte Profi, der sich den Aufnahmen widmet ist Wolfgang Fuhr. Als Geschäftsführer des Jazz Labels *FUHRWERK Musik*, Dozent an der *Akademie der Media* in Stuttgart und Multiinstrumentalist ist er bestens geeignet sich den Anforderungen eines Profis zu stellen. Der letzte Profi ist David Hill. Student an der Musikhochschule in Trossingen, ebenfalls Multiinstrumentalist und Gitarrist der Band *Mad H*. Eines seiner Spezialgebiete ist das Sounddesign, was meistens mit einer enormen Freude am Experimentieren mit Sounds, Geräuschen und somit auch deren Frequenzbändern verbunden ist.

Alle fünf Profis wurden so gewählt, dass sie jeden Schritt einer Audioproduktion bereits öfters selbst erlebt und mitgemacht haben. Das stellt zum einen sicher, dass sie wissen was und wie viel hinter einem solchen Projekt steht und zum anderen, dass sie die nötige Erfahrung haben, ihre Entdeckungen auch in Worte zu fassen. Gerade von der Gruppe der Profis werden sehr ausführliche und objektive Antworten erwartet.



Abb. 22: Wolfgang Fuhr bei der ersten Hörprobe der „Profis“

4.2.2 Junge Konsumenten

Für die Gruppe der jungen Konsumenten standen Freunde von Manuel Hermann und Oliver Berberich zur Verfügung. Die Namen und Berufe bzw. Tätigkeiten spielen für die Umfrage in erster Linie keine Rolle. Wichtig war nur, dass sie nicht älter als 25 Jahre sind und dadurch im „digitalen Zeitalter“⁸ geboren wurden, also mit digitaler Musik aufgewachsen sind. Dies ist deswegen von Bedeutung, da bei diesem Test ein besonderes Augenmerk auf den Zusammenhang zwischen den Hörgewohnheiten und der Bewertung der Probanden gelegt wird, da davon ausgegangen wird, dass sich dies im Ergebnis niederschlägt. Die Vermutung besteht darin, dass gerade junge Menschen bis auf ein paar Ausnahmen so gut wie keine analog produzierte Musik mehr hören. Zudem wird die Musik schätzungsweise meistens über die häufig weniger guten Soundanlagen ihrer Autos oder über die zweitklassigen Kopfhörer, die mit ihren Handys mitgeliefert werden, gehört. Ansonsten sollten sie bis auf das regelmäßige Hören von Musik oder dem Spielen eines Instruments nichts mit Musikproduktion oder ähnlichem zu tun haben.

So wird kurz gesagt eine Gruppe von Menschen zusammengebracht, die wenig bis keine analoge Musik hört und das meistens unter mittelklassigen Bedingungen.



Abb. 23: Hörprobe der jungen Konsumenten

⁸ Der Beginn des digitalen Zeitalters wird meistens zeitgleich mit der Einführung der CD im Jahre 1984 datiert

4.2.3 Ältere Konsumenten

Verfasser: Manuel Hermann

Die älteren Konsumenten bilden sozusagen das Gegenstück zur „Generation Digital“. Älter bedeutet in diesem Fall vor dem Jahre 1960 geboren zu sein, um die Blütezeit der analogen Schallaufzeichnung miterlebt zu haben. So wie die jungen Konsumenten größtenteils mit CDs und digitaler Musik aufgewachsen sind, sind die älteren mit Schallplatten und analoger Musik aufgewachsen und haben den Wandel hin zum Digitalen miterlebt. Äußerst interessant werden die Beobachtungen zu den Hörgewohnheiten der älteren Gruppe sein. Die Frage wird sein, ob sie das analoge noch von früher gewohnt sind und wie sich die CD auf die Hörgewohnheiten ausgewirkt hat. Ebenfalls interessant wird es sein, zu sehen, ob durch die Antworten zu erkennen ist, ob die Musik bei den Älteren einen anderen Stellenwert hat als bei den Jungen. Allein schon wenn betrachtet wird, wie sich die Musikindustrie und damit auch die Verfügbarkeit von Musik geändert hat.

4.3 Fragebogen

Verfasser: Manuel Hermann

Der erste Gedanke beim Thema Fragebogen ist sicher Multiple Choice. Auch im Rahmen dieser Arbeit wurde anfangs an solch ein Testverfahren gedacht. Allerdings wurde nach einiger Überlegung bewusst auf eben jenes Verfahren verzichtet. Grund hierfür war, dass die Testpersonen in ihrer Meinung und Einstellung so wenig wie möglich beeinflusst werden sollten. Wird beispielsweise nach Unterschieden im Höhenbereich gefragt und gibt Antworten vor, dann wird jeder Befragte irgendetwas ankreuzen und glauben dies gehört zu haben auch wenn es nur Einbildung ist. Deswegen wurde ein klassischer Fragebogen für die Umfrage gewählt. Zuerst war die Überlegung für Profis und Konsumenten einen separaten Fragebogen zu erstellen doch auch das würde wohl das Resultat verfälschen. Deswegen wurden die Fragen so gewählt, dass sie zum einen keine Unterforderung für die Profis aber auch keine Überforderung für die Konsumenten darstellen. Auch darf nicht vergessen werden, dass es sich bei Musikbewertung, also den entstehenden Höreindrücken letztendlich auch immer um eine subjektive Wahrnehmung und Meinung handelt.

Gemessen an diesen Kriterien wurden folgende Fragen in den Katalog aufgenommen.

1. Wie ist Ihr erster Höreindruck?

Diese stark subjektive Frage gilt weniger der wissenschaftlichen Ergebnisfindung sondern richtet sich vielmehr an den Hörer und soll ihn zum ersten Nachdenken anregen und an die Musik heranführen.

2. Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser?

Bewusst stellen wir diese vermeintlich wichtige Frage bereits früh im Verlauf des Tests. Die Hörer sollen sich nicht erst lange mit den Details des Songs auseinandersetzen sondern eher intuitiv, also aus einem Gefühl heraus entscheiden.

3. Welche Aufnahme klingt gewohnt?

Diese Frage richtet sich eher an die beiden Konsumentengruppen als an die Profis. Der Versuch liegt hierbei anhand der Hörgewohnheiten rauszufinden, ob die älteren Konsumenten die analoge bzw. die jüngeren Konsumenten die digitale Version als gewohnt empfinden. Die Prognose liegt hierbei, dass die Profis beide gewohnt sind, die jungen das digitale und die älteren die analoge Version.

4. Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

Mit dieser Frage beginnt sozusagen die Detailarbeit. Ab jetzt sind die Hörer gezwungen genauer hinzuhören und die Musik mit Adjektiven zu beschreiben, die gerade die Konsumenten sonst selten in diesem Zusammenhang verwenden. Die Erwartung liegt hierbei bei der Verwendung von Wörtern wie warm, kalt, kühl, usw..

5. Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

Gerade diese Frage wird hoffentlich zu interessanten Antworten führen, da wie bereits in Punkt 3.5.2 gesagt, die Panoramaeinstellungen in der Theorie exakt die selben sind. Auch hier werden hoffentlich auf Seiten der Konsumenten neue persönliche Eindrücke gefunden und versucht in Worte zu fassen.

6. Gibt es Unterschiede im Bassbereich?

Diese Frage bezieht sich selbstredend auf die tiefen Frequenzen im Mix. Für die Konsumenten bedeutet dies, dass speziell die Instrumente, die sich in diesem Bereich abspielen an Achtung bekommen. In diesem Fall Bass und ein Teil der Drums.

7. Gibt es Unterschiede im Mittenbereich?

Der Mittenbereich ist ohne Frage der am dichtesten gefüllte Bereich. Jedes Instrument befindet sich mit dem Hauptteil seiner Frequenzen im Mittenbereich, welcher in der Regel von 400 bis 4000Hz bestimmt wird. Deswegen liegt die Erwartung hier bei sehr ähnlichen Antworten für beide Versionen.

8. Gibt es Unterschiede im Höhenbereich?

Bei den Höhenunterschieden der beiden Versionen werden bezogen auf die Frequenzen die größten Unterschiede erwartet, nicht zuletzt auch wegen der Höhenverluste durch den Bandkopfabstand der Bandmaschine.

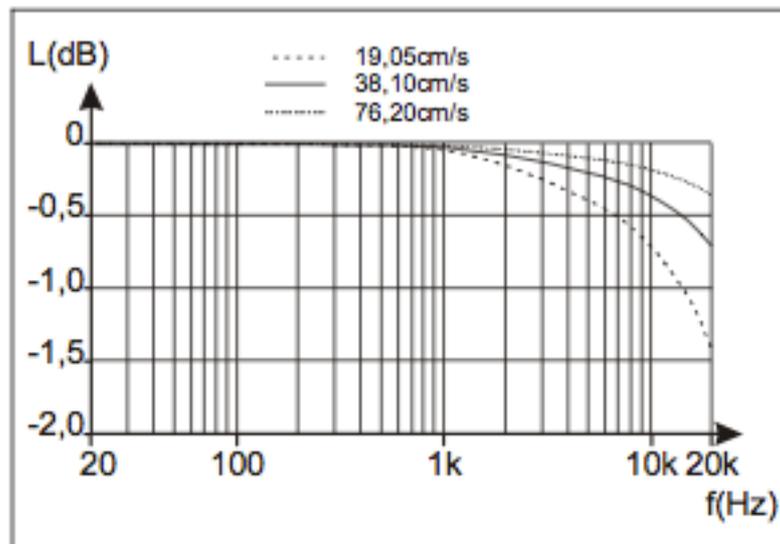


Abb. 24: Pegelverluste durch den Abstand zwischen Kopf und Band (Abstand = 0,25 μ m)

9. Anmerkungen

Dieser Punkt bietet den Hörern die Möglichkeit auf Dinge einzugehen, nach denen nicht explizit gefragt wurde, die ihnen aber trotzdem aufgefallen sind und/oder die sie für wichtig empfinden. Hier wird vermutlich bei den Profis mehr und aussagekräftiger Inhalt entstehen.

10. Persönliches Fazit

Das Persönliche Fazit ist mehr oder weniger eine Zusatzoption, um noch mal zu rekapitulieren und seine Gedanken in einem Satz auszudrücken.

5 Unterschiede der beiden Audiotechniken

*Verfasser: Oliver Berberich,
Manuel Hermann*

Nachdem die Produktion und die „Abhör“-Umfrage durchgeführt und ausgewertet wurden, sollen nun im folgenden Kapitel die Unterschiede zwischen Analog- und Digitaltechnik ausgearbeitet werden. Zusätzlich werden die Vor- und Nachteile der jeweiligen Audiotechnik beleuchtet.

5.1 Aufwand

Verfasser: Oliver Berberich

Schon in den ersten Schritten der in Kapitel 3 durchgeführten Produktion wurde deutlich, dass der Aufwand einer analogen Produktion um einiges höher als der einer digitalen ist. Dies betrifft zum einen den Materialaufwand, zum anderen den zeitlichen Aufwand der Aufnahmepvorbereitung. Um die analoge Produktion durchführen zu können, wurde eine 24-Spur Bandmaschine inklusive einem 2" Band benötigt, ein analoges Mischpult mit Equalizer, Aux-Wegen, Patchbay und externe, analoge Effektgeräte. Diese Komponenten sind äußerst kostenintensiv (siehe Kapitel 5.5). Zudem sind sie meist reparaturanfällig und nehmen großen Platz im Studio ein. Das Verstehen und Verkabeln dieser Geräte bedarf einiger Erfahrung, Geduld und Konzentration. Mit Hilfe von Samson Geiger war es hier möglich, innerhalb kurzer Zeit die analoge Aufnahme vorzubereiten und durchzuführen. Laien müssten sich hier erst einmal in die Materie einarbeiten, um die Funktionsweisen von Bandmaschine und Mischpult zu verstehen. Hier zeigt sich bereits der erste Vorteil der digitalen Audiotechnik. Die vom Mikrofon kommenden Signale müssen beim digitalen Aufnahmeverfahren nicht durch die oben genannte analoge Ausrüstung geroutet werden. Sie werden lediglich vom Vorverstärker in einen A/D-Wandler geleitet. Theoretisch können davor auch klangliche Änderungen mit Hilfe eines Mischpultes und Effektgeräten vorgenommen werden. Da später in der Audio Software diese Bearbeitungen simuliert werden können, ist es dennoch von Vorteil, die Signale „roh“, ohne klangliche Veränderungen aufzuzeichnen, da so eine größere Möglichkeit der Klangregulierung bestehen bleibt. Das Equipment einer digitalen Tonaufnahme kann somit überschaubarer und damit auch kostensparender gestaltet werden. Hinzukommend ist der zeitliche Aufwand der digitalen Aufnahmepvorbereitung geringer, da nachdem die Signale eingepegelt wurden, nur noch „in the box“ gearbeitet wird, d.h. ab diesem Zeitpunkt über den Computer aufgenommen, wiedergegeben und bearbeitet wird. Zusammengefasst sind folgende Komponenten für eine akustische, digitale Aufnahme notwendig: Mikrofone, Vorverstärker, A/D-D/A-Wandler, Computer und eine Audio Software. Wird hier ein erster Aufwandsvergleich zwischen analog und digital gezogen, so kann der digitale Aufwand deutlich geringer gehalten werden und ist somit im Vorteil.

5.2 Aufnahmeverfahren

Verfasser: Oliver Berberich

Werden die beiden Verfahren vor und während der Aufnahme betrachtet, so lassen sich dabei grundlegende Unterschiede in den Arbeitsweisen feststellen.

Zu Beginn einer Aufnahme muss geklärt werden, ob die Musiker das Lied zusammen gleichzeitig (= Live-Aufnahme oder „one take“) oder einzeln nacheinander per Overdubbing⁹ einspielen. Diese Entscheidung beeinflusst das Verfahren und das Endergebnis einer Musikproduktion maßgeblich. An diesem Punkt des Prozesses liegen, unabhängig von der in Kapitel 3 durchgeführten Produktion, die größten und meist ausschlaggebenden Unterschiede zwischen analoger und digitaler Audiotechnik.

Bei einer analogen Produktion ist es möglich, bis zu 24 Spuren auf eine Bandmaschine aufzuzeichnen. Diese lassen sich individuell bearbeiten, löschen und erneut aufnehmen. Allerdings sollte dies nicht öfter als ca. 30 Mal pro Band geschehen, da bei mehreren Löschungen Störsignale bzw. alte Signale auf dem Band zurückbleiben. Auch das Schneiden und Kleben des Bandes um Verbesserungen vorzunehmen ist möglich, jedoch macht dies in der heutigen Zeit durch die Digitalisierung kaum mehr Sinn. Die digitale Welt ermöglicht hier mit Hilfe der Sequenzer Software ein effektiveres Arbeiten an einem Projekt. Es können nahezu unbegrenzt neue Spuren erzeugt werden, sofern Rechenleistung und Speicherplatz des Computers ausreichend ist. Dadurch können Instrumente nach belieben aufgenommen, die besten Aufzeichnungen ausgewählt, sogar die aufgenommenen Signale kopiert und an beliebige Stellen im Song eingefügt werden. Zudem erleichtert die grafische Darstellung des Projekts das Bearbeiten von Spuren, da schneller und exakter editiert werden kann. Diese Flexibilität und Vielfalt an Möglichkeiten des Aufnahmeverfahrens ist der Grund, warum sich die digitale Technik fest in professionellen Tonstudios etabliert hat. Die Methodik und Arbeitsweise an einer Aufnahme haben sich von Grund auf verändert - positiv wie negativ. Der Kreativprozess einer Komposition bewegt sich dabei weg von der Musik und findet in der Bearbeitung statt. „With Pro Tools, you can always come back to it, or you can change it or you can add to it, to try and make it work. You know? ‚Cause you’re not being forced to make choices — creative ones.“ (Brown, 2013, 01:32:52). Die Aussage von James Brown zeigt, dass diese Vorteile von Pro Tools und der digitalen Technik ebenso in Nachteile verfallen können. Musiker werden nicht mehr gezwungen, kreative Entscheidungen zu treffen, da alles gespeichert, geändert und wieder rückgängig gemacht wer-

⁹ Die Instrumente werden nacheinander, zu den schon aufgenommenen Instrumenten, einzeln aufgezeichnet.

den kann. Dadurch kann ein Song an Qualität verlieren, der zeitliche Aufwand wird unüberschaubar und das Ziel der Musik gerät aus den Augen. Durch den Fokus auf den Computer, den Bildschirm und den digitalen Bearbeitungsprozess verliert heutzutage der musikalische Entwicklungsprozess an Bedeutung. Hier zeigt sich ein großer, elementarer Unterschied zur Analogtechnik. Durch die Begrenztheit von Spuren, Aufnahmemöglichkeiten und Zeit muss der musikalische Prozess schon vor der analogen Aufnahme feststehen. „You commit to what it is“ (Brown, 2013, 01:32:52). Der Fokus liegt hierbei auf der Kreativität und der Komposition und nicht auf der späteren Bearbeitung.

Bezogen auf die in Kapitel 3 durchgeführte Produktion, kann gesagt werden, dass die Analogtechnik von Vorteil für die Band *Mad H* war. Neben dem klanglichen Ergebnis, welches in Kapitel 5.4 beschrieben wird, wurde durch die Begrenztheit der Spuren, Aufnahmen (Takes) und Einstellungsmöglichkeiten eine in sich stimmige und zeitlich absehbare Produktion durchgeführt. Dies war möglich, da die Band eine genaue Vorstellung und ein Ziel ihrer Komposition vor Augen hatte. Wäre dies nicht der Fall gewesen, könnte die Digitaltechnik von Vorteil sein, da digital zusätzlich experimentiert, aufgenommen, bearbeitet und gelöscht werden könnte.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Verfahren ist das Auftreten von Latenz in der Digitaltechnik.

„In der Audiotechnik ist die Latenzzeit die Verzögerungszeit, die durch die digitale Signalverarbeitung (DSP) in einem Rechner entsteht. Dabei kann es sich um die Verzögerungszeit zwischen Ein- und Ausgang einer Soundkarte oder einer anderen Audiokomponente handeln. In der Audiotechnik können die Latenzzeiten zwischen einigen Millisekunden bis hin zu mehreren hundert Millisekunden liegen. Bei geringen Latenzzeiten ist ein Echo-Effekt wahrnehmbar, bei höheren ein hörbarer Verzögerungseffekt.“ (IT-Wissen 2014)

Dieser Verzögerungseffekt kann zum Beispiel ein Problem beim Einsatz von Kopfhörern während der Aufnahme darstellen. So können bei längeren digitalen Signalketten Latenzen entstehen, welche die Musiker über ihre Kopfhörer-Mixe wahrnehmen und dadurch negativ beeinflusst werden. Die zeitlichen Verzögerungen zwischen den Eingangs- und Ausgangssignal ergeben auf den Kopfhörern ungewollte Delay-Effekte, wodurch die Band nicht mehr in der Lage ist, zusammen im selben Timing zu spielen. Dieser Effekt kann durch die heutige Technik zwar immer geringer gehalten, jedoch nie komplett eliminiert werden. Aus diesem Grund wurden bei oben genannter Produktion die Kopfhörer-Mixe analog über das *ADT* Pult erstellt, da im analogen Bereich keine Latenzen entstehen können.

Zusammengefasst lässt sich an dieser Stelle nicht sagen, ob und in welchem Ausmaß sich analoges oder digitales Verfahren positiv oder negativ auf die Musik auswirkt, da viele Faktoren Einfluss nehmen. Das „einzig richtige“ Verfahren gibt es nicht. Jeder Musiker, Toningenieur und Produzent muss für sich entscheiden, was er möchte, wie er dort hinkommen kann und welche Mittel ihm zur Verfügung stehen. Für junge, ungeübte Musiker wäre es denkbar schlauer, das erste Album erst einmal komplett digital zu produzieren, da so experimentiert und auch mehrere Aufnahmen kostengünstiger durchgeführt werden können. Wodurch hingegen eine professionelle Rockband mit einer klaren Vorstellung der Aufnahmen die Vorteile der analogen Welt ausschöpfen kann, da die Musiker innerhalb kurzer Zeit ihre Lieder einspielen können und die Klangvorteile (siehe Kapitel 5.4) der analogen Geräte nutzen können. Zudem kann die ausgeübte Musikrichtung ebenfalls ein entscheidender Faktor für die Wahl des Verfahrens darstellen. Elektronische und computerbasierende Musik lässt sich digital einfacher und schneller realisieren, akustische und klassische Musik hingegen kann sehr gut auch analog aufgenommen werden. Die Unterschiede in den Arbeitsweisen sind jedoch an diesem Punkt klar zu erkennen und werden im folgenden Kapitel Mixing weiter ausgearbeitet.

5.3 Mixing

Verfasser: Oliver Berberich

Die Unbegrenztheit der digitalen Möglichkeiten im Verfahren setzt sich im Bearbeitungsprozess, dem Mixing, weiter fort. In der heutigen Zeit stehen für Audio Software wie Pro Tools, Logic oder Cubase nahezu eine unbegrenzte Anzahl an Plug-ins zur Verfügung. Audiospuren können nicht nur, wie in Kapitel 5.2 beschrieben, flexibel geschnitten, kopiert oder gelöscht, sondern auch mit sämtlichen Effekten wie Equalizer, Hall, Kompressor, Delay, u.v.m. bearbeitet werden. Auf der analogen Seite stehen diese Effekte größtenteils auch als externe Outboardgeräte zur Verfügung. Diese sind jedoch meist sehr kostspielig (siehe Kapitel 5.5) und werden aufgrund der steigenden Anzahl und Qualität von Plug-ins immer seltener hergestellt. Aktuelle, digitale Effekte sind in der Lage professionelle, bekannte Analogeffekte zu simulieren. So hat zum Beispiel *Universal Audio* das *Studer® A800 Multichannel Tape Recorder* Plug-in¹⁰ auf den Markt gebracht, welches den Sound einer *Studer A800* Bandmaschine simulieren soll. Das Plug-in zeigt durchweg positive Bewertungen und wird von vielen professionellen Toningenieuren empfohlen. Durch diese Digitalisierung der Effekte lassen sich eine Vielzahl von analogen Geräte simulieren und sind meist sogar sehr preiswert erhältlich.

¹⁰ <http://www.uaudio.com/store/special-processing/studer-a800-tape-recorder.html>

Dies zeigt einen großen Vorteil der Digitaltechnik gegenüber analogen Geräten. Jedoch bringt, wie auch schon im Aufnahmeverfahren, die Unbegrenztheit an Möglichkeiten ebenso negative Aspekte mit sich. Jede Spur kann mit unbegrenzt vielen Plug-ins bearbeitet, jeder Schritt kann rückgängig gemacht und sämtliche Effekte können sogar automatisiert werden. Hierdurch kann die Gefahr entstehen, das Ziel aus den Augen zu verlieren und die Musik zu „überladen“. Der Einsatz von Plug-ins sollte deshalb sorgfältig, gezielt erfolgen und nicht willkürlich, da ansonsten der zeitliche Aufwand, welcher durch das Experimentieren mit Plug-ins entstehen kann, extrem hoch wird.

Eine weitere Zeitinvestition und somit Nachteil gegenüber der Analogtechnik, stellt das Bedienen des Computers mit einer Maus dar. Dabei kann jeweils immer nur ein Regler bedient werden, da es nur einen Mauszeiger gibt. Zudem bedürfen genaue Abstimmungen an Plug-ins einer gewissen Feinmotorik und Sensibilität. Folglich kann es dazu kommen, dass durch den Fokus und die Konzentration auf den Monitor Änderungen im Klangbild nicht mehr wahrgenommen und bewertet werden können. Diese Kehrseite des digitalen Mixing zeigt gleichzeitig einen Vorteil des analogen Bearbeitungsvorgangs auf - die Haptik. Durch die Möglichkeit mit zwei Händen aktiv Regler zu bedienen, Fader zu verschieben und Knöpfe zu betätigen, entsteht ein komplett anderes „Arbeitsgefühl“. Der Mischer kann sich somit auf das Klangbild konzentrieren, da kein Fokus auf einen Bildschirm vorhanden ist. Zusätzlich ist er meist schneller in der Lage, seine gewünschten Änderungen durchführen zu können. Dies belegt auch die in Kapitel 3 durchgeführte Produktion. Samson Geiger benötigte für den digitalen Mix mit Equalizer, Kompressoren und Hall ca. 120 Minuten, wodurch hingegen der Analogmix mit vermeintlich gleichem Aufwand und gleichen Effekten nur 45 Minuten Zeit in Anspruch nahm. Hierfür ist ohne Frage Erfahrung und Wissen von Nöten, um mit dem analogen Equipment arbeiten zu können. Durch die relativ einfach strukturierten Audio Software ist ein Laie oder ungeübter Musiker durchaus schneller in der Lage, die digitale Bearbeitungsmethoden zu verstehen und anzuwenden, da er zum Beispiel keine Geräte mit Kabel miteinander verbinden muss.

Er kann aber mit einem anderen Problem konfrontiert werden, welches in der analogen Welt nicht anzutreffen ist, nämlich Programm- und Computerschäden/-fehler. Durch eine Fehlprogrammierung, eine ausgelastete CPU oder jegliche Computerschäden kann es passieren, dass Aufnahmen beschädigt, nicht gespeichert oder gar gelöscht werden. Dies kann bis hin zum kompletten Datenverlust der Aufzeichnungen führen. Im professionellen Bereich kann dies äußerst negative Folgen für das Tonstudio haben. Dieses Problem ist analog nicht vorhanden, da kein Programm genutzt wird und somit auch nicht abstürzen kann.

Aus den Unterschieden beim Bearbeitungsverfahren ergeben sich erneut Vor- und Nachteile beider Audiotechniken. Auch hier zeigt sich, dass es kein eindeutig „besseres“ Verfahren geben kann. Die Diskussionen um das perfekte Mixing sind ebenso lange wie die des perfekten Aufnahmeverfahrens. Einige erfahrene Toningenieure setzen in der heutigen Zeit immer noch auf Analogtechnik, da sie es gewohnt und damit aufgewachsen sind. Die „neue“ Digitaltechnik wird dabei als unüblich und fremd angesehen. Jüngere Generationen, welche dagegen in der digitalen Welt aufgewachsen und mit dem Umgang von Computern von klein auf vertraut sind, sehen oftmals nur die Vorteile der digitalen Seite. In den letzten Jahren zeigt sich jedoch, dass beide dieser Parteien immer öfter die positiven Aspekte beider Verfahren finden und damit arbeiten.

„Das Gros aller Produktionen wird natürlich weiter digital gespeichert. Aber vielfach gewinnen analoge Arbeitsschritte wie in der Mischung und Klangbearbeitung wieder einen größeren Stellenwert. Der analoge Weg vor der Wandlung wird in vielen Fällen wieder länger. Das merken wir auch daran, dass wir sehr viele Channel-Strips verkaufen.“ (Inderfurth 2014, S.16).

5.4 Klang

Verfasser: Oliver Berberich

Die vorangegangenen Kapitel verdeutlichen die Unterschiede in Aufnahme- und Bearbeitungsverfahren. All diese Methoden beeinflussen das komplette Klangbild und den Sound der Aufnahmen, worauf es letztendlich ankommt. Bis zu diesem Punkt der Arbeit wurde noch nicht näher auf den Klang der Produktionen eingegangen.

Der folgende Abschnitt beleuchtet deshalb die klanglichen Eigenschaften und Unterschiede der beiden durchgeführten Aufnahmen. Wie in Kapitel 4 beschrieben, wurden hierfür mehrere Personengruppen befragt und Meinungen von verschiedenen Personen der Musikbranche hinzugezogen, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

Die Audioproduktionen aus Kapitel 3 sind der Arbeit in Form eines USB-Sticks beigelegt.

Durch die unterschiedlichen Arbeitsweisen und Komponenten lässt sich darauf schließen, dass auch klangliche Unterschiede bestehen müssen. Vornherein sei gesagt, dass auch beim Klang kein eindeutiger „Sieger“ zu ermitteln ist. Entscheidend ist und bleibt der persönliche Geschmack eines jeden Musikers, Toningenieurs oder auch Konsumenten. Jeder empfindet anders und besitzt ein etwas anderes Gehör. Die Auswertungen der „Abhör“-Umfrage lassen jedoch erkennen, welche Eigenschaften analoge und digitale Musikproduktionen aufweisen und welche Aufnahme sich als „gewohnt“ empfinden lässt.

In der Theorie können beide Aufnahmen nicht exakt gleich klingen, da die digitalen Signale durch die A/D-Wandlung zeit- und wertediskret vorliegen, d.h. „endlich“ gemacht werden. Dies wiederum bedeutet, dass ein Verlust von Informationen immer vorhanden ist, unabhängig von Abtastrate und Wortbreite. Toningenieure sind dennoch oftmals der Meinung, dass ab einer Abtastfrequenz von 96 kHz und einer Wortbreite von 24 Bit dieser Verlust bei digitalen Aufnahmen nicht mehr hörbar ist. Trotzdem sind Unterschiede in Klangfarbe, -bild und Frequenzbereichen zu erkennen. Für manche Hörer sind es unwesentliche Differenzen von analog zu digital, andere hingegen hören entscheidende Klangunterschiede, wie beispielsweise die „Profis“ der oben genannten Umfrage.

„Profis“		
Testhörer	Analoge Aufnahme	Digitale Aufnahme
1	gefällt persönlich besser; Wärmer und gesättigter; Vocals klingen weicher im Mittenbereich; mehr Druck und runder; gewohnt	klingt höhenlastiger und nicht so rund; klingt breiter (Hall); gewohnt
2	gefällt persönlich besser; größere Tiefe und weicher; klingt mehr nach „Live“; druckvoller; Höhen sind bedeckter aber angenehm; gewohnt	im Bassbereich tiefer; im Mittenbereich härter;
3	gefällt persönlich besser; klingt wärmer, natürlicher, mehr im Raum; kann man entspannter hören, bildet Musik „authentischer“ ab; besser als 2: Räumlichkeit, Natürlichkeit, Entspannteres Hören; gewohnt	klingt eindimensional; hat mehr Höhen; mehr Panorama links - rechts;
4	gefällt persönlich besser; klingt hochwertiger, wärmer; dynamischer; musikalisch interessanter; gewohnt	Höhenlastig; klingt breiter (Hall); druckvoller; zu sauber, steril, technisch
5	gefällt persönlich besser; direkter, rauscht; wärmer, ausgewogener, weichere, präsenster Bässe; fettere bass und base;	gefühltes Loch in den Mitten; weiter auseinander, greller, kälter, weiter hinten; Höhen zu grell;

Tab. 3: Zusammenfassende Auswertung der „Profis“

Die oben stehende Tabelle verdeutlicht sehr gut die Ansichten und Meinungen der professionellen Hörer. Jeder der fünf Befragten markierte die analoge Aufnahme mit „gefällt mir persönlich besser“. Sie schrieben dabei der Aufnahme einen wärmeren, gesättigteren, druckvolleren, authentischeren und direkteren Klang zu. Zudem empfanden sie die analoge Version als „gewohnt“. Dies kann damit begründet werden, dass die professionellen Hörer großteils einer Altersklasse entsprechen, in der ausschließlich analoge Aufnahmen verfügbar waren und das Ohr daran gewöhnt wurde. Sie hörten länger analog als digital.

Die digitale Version des Songs hingegen wurde oftmals mit Wörtern wie höhenlastig, eindimensional, breiter, zu sauber, steril, technisch, greller, kälter und weiter hinten beschrieben. Dies kann zum Beispiel damit erklärt werden, dass bei der analogen Aufnahme die Höhen durch den Bandkopfabstand der Bandmaschine an Pegel verlieren, was bei der digitalen Version nicht der Fall ist und somit mehr Höhen vorhanden sind.

Zusammenfassend sind die „Profis“ sich einig, dass analog besser als digital klingt. Wird allerdings die folgende Auswertung der jungen Konsumenten in Betracht gezogen, so lässt sich eine andere Meinung erkennen.

Junge Konsumenten		
Testhörer	Analoge Aufnahme	Digitale Aufnahme
1	Rauschen, Störgeräusche; breiter im Panorama; Bässe dominanter, dumpfer; klingt nach Live;	gefällt persönlich besser; klingt aufwändiger, professioneller, mehr nach Studio; klingt abgemischter, voller; kompakter; Höhen sind deutlicher; gewohnt;
2	nimmt Raum nicht voll ein; Höhen intensiver	gefällt persönlich besser; klingt gewohnter, voller, nimmt Raum ein; Bässe sind stärker; gewohnt;
3	gefällt persönlich besser; voll, fast wie live; wärmer, angenehm, voller; näher; Stimme ist näher, echter;	kälter, klarer; bleibt vor einem stehen; im Bass voller; Stimme ist weiter weg; gewohnt;
4	sehr präsent, klare Stimme und Instrumente; klingt wie Lieder im Radio; klingt satter, kräftiger; gewohnt;	gefällt persönlich besser; angenehmer, dichter, mehr Volumen; basshaltiger;
5	dröhnend, lauter; voller; klingt als ob Instrumente auf einem Haufen;	gefällt persönlich besser; 3-dimensional, räumlicher trockener, angenehmer; klingt verteilt; gewohnt;

Tab. 4: Zusammenfassende Auswertung der jungen Konsumenten

Hier lässt sich erkennen, dass vier von fünf jungen Konsumenten die digitale Aufnahme bevorzugen. Sie beschreiben diese Version als professioneller, „klingt mehr nach Studio“, Höhen sind deutlicher, basshaltiger, angenehmer und gewohnter. Die analoge Aufnahme wird dagegen als dumpfer, „klingt mehr live“, näher, echter, dröhnend, voller und breiter bezeichnet. Trotz ähnlichen Adjektiven von jungen Konsumenten und „Profis“ bezüglich der analogen Auswertung, gefallen den jungen Konsumenten die Digitalaufnahme größtenteils besser. Dies kann, wie schon bei den professionellen Hörern beschrieben, mit der Gewohnheit zusammenhängen. Die jungen Konsumenten werden in der heutigen Zeit selten mit analogen Aufnahmen von Liedern konfrontiert. Für sie klingt ein digital aufgenommenes Lied als „normal“ und damit gewohnt und besser.

Als dritte und letzte Gruppe wurden ältere Konsumenten über 50 Jahren befragt. Unten stehende Tabelle zeigt einige der ausgewerteten Schlagwörter.

Ältere Konsumenten		
Testhörer	Analoge Aufnahme	Digitale Aufnahme
1	intensiver; Mitten melodischer, wärmer; Höhen sind besser;	gefällt persönlich besser; klare Stimme, angenehmer, heller, stimmiger; mehr Ausdruck; Bass ist stärker, runder; gewohnt;
2	voller Klang, lebendig; klingt wie früher; wärmer, voller, echter;	technischer, differenzierter; klingt wie heute; differenzierter; gewohnt;
3	sehr voll, rauscht, Stimme laut; mehr Raumklang; bass zu stark;	gefällt persönlich besser; weicher, harmonisch; ausgeglichener, bass weniger aufdringlich; heller; mehr Abstand zum Geschehen; Bass angenehmer; gewohnt;
4	gefällt persönlich besser; präsender, heller; impulsstärker	dunkler; impulsschwächer; weniger präsent;
5	gefällt persönlich besser; klingt authentischer; wie Schallplatte; angenehmer; ist im Panorama weiter/größer; rauscht; als wäre man bei der Aufnahme dabei; gewohnt;	wie Radio; Bass ist aufdringlicher; gewohnt;

Tab. 5: Zusammenfassende Auswertung der älteren Konsumenten

Die Tabelle unterstreicht weitestgehend die Meinung der professionellen Hörer. Die analoge Aufnahme wird als wärmer, intensiver, lebendiger, echter, voller, impulsstärker, „klingt wie Schallplatte“, angenehmer und größer definiert, wodurch hingegen der digitalen Version Adjektive wie technischer, differenzierter, „klingt wie heute“, weicher, heller, weniger präsent und aufdringlicher zugewiesen werden. Jedoch gibt es hier in Bezug auf den persönlichen Geschmack ein Unentschieden. Zwei der älteren Konsumenten tendieren zur analogen Version, zwei zur digitalen und der letzte Konsument kann sich an dieser Stelle nicht festlegen. Vier der Konsumenten sehen jedoch die digitale Aufnahme als „gewohnt“ an.

Zusammenfassend kann zu den Unterschieden im Klang Folgendes gesagt werden: Die analoge Aufnahme kann als wärmer, druckvoller, „bigger than live“, gesättigter, direkter, voller und intensiver angesehen werden. Die digitalen Klangeigenschaften sind: heller, technischer, steriler, differenzierter, sauber und weit auseinander. Der Um-

frage zur Folge kann allerdings, ähnlich dem Aufnahmeverfahren und dem Mixing, kein eindeutig „besserer“ Klang genannt werden. Der entscheidende Faktor hier ist und bleibt der persönliche Geschmack, welcher gerade in der Musik sehr verschieden sein kann. Im professionellen Bereich kann jedoch gesagt werden, dass analog aufgenommene Produktionen meist als bessere Aufzeichnungen bewertet werden. Dies konnte auch mit Hilfe der Umfrage von „Profis“ unterstrichen werden. Konsumenten nehmen diese Klangeigenschaften zum Teil nicht wahr oder empfinden diese als unwesentlich, da der Fokus bei der Musik auf Emotion, Stimmung und Gesamteindruck liegt. Musiker und Bands sollten sich daher auch von vornherein im Klaren sein, wen ihre Musik ansprechen soll. Die Zielgruppe kann ebenso ein elementares Entscheidungskriterium sein, wenn es um die Frage geht „analog oder digital aufnehmen?“. Besteht die Zielgruppe einer Band aus einem älteren, audiophilen Publikum, welches Wert auf High-End-Produktionen legt, so ist der analoge Weg meist der passendere. Setzt sich die Zielgruppe dagegen aus jungen, im digitalen Zeitalter aufgewachsenen Konsumenten zusammen, so sollten hier die Vorteile der Digitaltechnik voll ausgeschöpft werden.

Um hier ein eigenes Fazit ziehen zu können, muss der Leser die beigefügten Produktionen abhören und den persönlichen Geschmack entscheiden lassen.

5.5 Kosten

Verfasser: Manuel Hermann

Im folgenden Punkt werden unabhängig von Verfahren und Klang die Kosten der beiden Systeme verglichen. Die Basis der Aufstellung bezieht sich immer auf den Top Standard der Recordingbranche und orientiert sich an dem *Atlantis 3.0* Studio und dem Equipment von Samson Geiger und James Herter. Selbstverständlich ist es möglich für beide Varianten günstigere Lösungen zusammenzustellen. Gerade im digitalen Bereich kann mit sehr wenig Geld professionell Musik produziert werden. Deswegen wird zusätzlich zum Vergleich der High End Systeme eine dritte Kategorie mit in den Vergleich genommen, nämlich das Homerecording.

Um das Ergebnis einfach zu veranschaulichen, werden die Kosten in einer Tabelle gegenübergestellt und danach erläutert.

	Analog	Digital	Homerecording
Speichermedium	Studer A800 MK III Neupreis 100.000 CHF Gebraucht ca. 35.000€	Mac Pro ca. 6.000€ Pro Tools HD 525€	Macbook Pro ca. 1.200€ Logic X 180€
Mischpult/ Interface	ADT 5 MT Neupreis k.A. Gebraucht ca. 30.000€	4x Avid HD I/O 16x16 4x 3.990€ Gesamt 15.960€ Avid Pro Tools HD Native +HD MADI 6.399€	Focusrite Scarlett 18i20 474€
Bänder	1 x ATR Magnetics Master Tape 2" NAB Reel 389€	entfällt aufgrund von Speichertechnik	entfällt aufgrund von Speichertechnik
Effekte	2x Summit Audio TLA-100A 2x2.068€ Gesamt 4.136€ Quantec Yardstick 2493 analog I/O, 2 In / 2 Out 4.280€	Waves Diamond Native Bundle 1.869€ ProTools Interne Plug-ins mit Pro Tools HD 0€	Logic X intere Plugins mit Logic X 0€
Abhörmonitore	sind für Vergleich nicht Nötig und bei beiden Systemen gleich ca.15.000€	sind für Vergleich nicht Nötig und bei beiden Systemen gleich ca.15.000€	2x Yamaha HS 80 268€ Gesamt 536€
Mikrofone	sind für Vergleich nicht Nötig und bei beiden Systemen gleich ab 5.000€	sind für Vergleich nicht Nötig und bei beiden Systemen gleich ab 5.000€	Rode NT-2 A 285€
Preise Gesamt*	Gebraucht 73.416 € Neu ca.200.000 €	30.753 €	1.854 €
*Die Preise sind ohne Abhörmonitore und Mikrofone berechnet			

Tab. 6: Exemplarische Darstellung der Kosten

Im Folgenden wird nur die Grundausstattung, die es benötigt um akustische Aufnahmen machen zu können beachtet. Wer sich mit Studioteknik befasst, weiß wie viele verschiedene Optionen und Erweiterungen auf dem Markt zur Verfügung stehen, doch werden diese nicht unbedingt benötigt, um ein gutes Ergebnis mit akustischen Aufnahmen zu erzielen.

Da der Markt eine sehr große Vielfalt an Geräten und Plug-ins aufweist, wurden die einzelnen Posten in der Tabelle immer exemplarisch gewählt und wie oben bereits erwähnt auch anhand des *Atlantis 3.0* ausgewählt. Alleine die Auswahl der Effekte könnte ohne Schwierigkeiten bei beiden Systemen um ein Vielfaches erweitert werden. Da die Rechnung aber nur die Grundausstattung einschließen soll, wurde an dieser Stelle darauf verzichtet. Ebenso wie darauf, die Abhörmonitore und die Mikrofone mit in die Rechnung einfließen zu lassen. Diese spielen für den Vergleich keine Rolle und sind nur rein informativ der Tabelle hinzugefügt.

Wie in der letzten Zeile der Tabelle gut zu erkennen ist, sind bereits die Anschaffungskosten für ein High End Analogsystem doppelt so hoch wie für ein digitales System. Zudem kommt, dass die analogen Maschinen regelmäßige Wartung benötigen. Bandmaschinen müssen regelmäßig eingemessen und gepflegt werden (siehe Kapitel 2.1.1.4 „Pflege der Bandmaschine“), Analogpulte müssen gereinigt werden oder defekte Schaltkreise erneuert werden und auch bei den Röhrenkompressoren müssen regelmäßig die Röhren getauscht werden. All das sind Kosten und Arbeitsstunden, die bei einem digitalen System nicht anfallen werden. Ein weiterer großer Vorteilsfaktor ist das Speichermedium. Die Computer der digitalen Systeme liefern durch ihre Festplatten nahezu unbegrenzten Speicherplatz, wohingegen ein 2“ 24 Kanal Band, das mit einer Bandgeschwindigkeit von 30 ips über die Maschine läuft, eine Speicherkapazität von ca. 18 Minuten aufweist. Bei Bandkosten von 380€ pro Stück würden somit die Kosten der Bänder für die Produktion eines Albums mit ca. 70 Minuten Laufzeit denen von 11 externen Festplatten mit insgesamt 44 Terrabyte Speicherplatz entsprechen. Werden nun noch die Kosten der Wartung hinzugerechnet, werden Beträge erreicht, die auf dem heutigen Markt von den meisten Produzenten sowie Konsumenten nicht mehr bezahlt werden können. Es wird also deutlich, dass so schön das Ergebnis der analogen Technik auch klingen mag, es heutzutage schlichtweg nicht mehr wirtschaftlich ist zu 100% analog zu produzieren. Dies bedeutet die Vorteile der digitalen Systeme liegen in Hinblick auf die Kosten klar auf der Hand. Für die Produzenten sowie auch für die Kunden.

6 Schluss

Verfasser: Oliver Berberich, Manuel Hermann

Die obigen Kapitel lassen darauf schließen, dass es kein eindeutig „besseres“ Verfahren geben kann. Die analoge sowie die digitale Audiotechnik weisen beide ihre klaren Vor- und Nachteile auf. Hat die analoge Aufnahmetechnik, wie in der Auswertung bestätigt, ihre klanglichen Vorteile, so lassen sich die Stärken der digitalen Aufnahmetechnik in scheinbar unbegrenzten Aufnahme-, Nachbearbeitungsmöglichkeiten sowie Flexibilität und Preis finden.

Müssten wir uns unabhängig von Kosten und Aufwand für eine der beiden entscheiden, würde unsere Wahl jederzeit auf die analoge Technik fallen. Schon bei der ersten Besprechung und Planung der Produktion im *Atlantis 3.0* mit Samson Geiger und James Herter, zeigten sie uns, dass die analoge Welt eine besondere ist.

Im Laufe der Arbeit war uns sehr schnell klar, dass es keinen „Gewinner“ geben kann, da Musik erheblich durch subjektive Eindrücke geprägt wird. Aus diesem Grund muss jeder Produzent, Toningenieur, Musiker oder auch Hörer für sich selbst entscheiden, welche Audiotechnik er für am besten befindet. Die für uns und für einige Toningenieure zurzeit beste Lösung ist eine sogenannte Hybridlösung. Es wird mit „the best of both worlds“ gearbeitet. Das bedeutet in der Praxis, dass die Vorteile beider Verfahren genutzt und die Schwächen eliminiert werden können. Klanglich werden keine großen Abstriche gezogen und die Produktion bleibt dennoch wirtschaftlich. Bezogen auf eine reale Produktion würde das bedeuten, dass beispielsweise bei einer Rockband das Grundgerüst mit Schlagzeug, Bass und Gitarre analog aufgenommen wird, die Ergebnisse anschließend digitalisiert und im digitalen System fortgesetzt werden. So erhält die Aufnahme die klangliche Fülle und Wärme des analogen Verfahrens, während es trotzdem flexibel bearbeitet und gemischt werden kann. Gerade bei den meist zeitintensiven Gesangsaufnahmen ist die Flexibilität des Digitalen äußerst hilfreich. Es können etliche „Takes“ aufgenommen werden bis schließlich der beste im Projekt bleibt und der Rest einfach gelöscht wird oder eventuell sogar für andere Stellen im Song genutzt werden kann. Jedoch gilt hier immer noch, dass sich jeder selbst einen passenden Weg zusammenstellen muss, der ihn zum, für ihn, perfekten Ergebnis bringt.

Dennoch bleibt zu sagen, dass die Nachteile beider Verfahren klar auf der Hand liegen. Die analogen Komponenten sind teuer, platz- und ressourcenintensiv, wodurch hinge-

gen das digitale System durch die Unbegrenztheit an Möglichkeiten, Bedienung und Software- und Computerfehler seine Schwächen zeigt.

Nach den Erfahrungen, die wir in den letzten drei Monaten sammeln durften, dürfen wir definitiv von uns behaupten, Fans der analogen Welt geworden zu sein. Trotz der enormen Kosten werden wir in Zukunft immer eine analoge Produktion in Erwägung ziehen, da hier unserer Ansicht nach ein näherer Bezug zur Musik besteht. Auch der kreative Prozess, der vom analogen Weg gefordert wird, bringt unserer Meinung nach bessere Ergebnisse mit sich. War unser bisheriges Vorgehen eher von „erst einmal aufnehmen, dann experimentieren“ geprägt, hat uns das analoge Recording einen anderen für uns wesentlich sinnvolleren Weg gezeigt. Der kreative Prozess muss vor der Aufnahme stattfinden. Bevor der erste Ton aufgenommen wird, muss jedem Beteiligten klar sein, wie das Resultat auszusehen hat, wie es klingen soll und vor allem wie das Ziel erreicht werden kann. Deshalb sollte vor der ersten Bandbewegung der Sound individuell gestaltet werden, dass im Anschluss nur noch auf „Aufnahme“ oder „Record“ gedrückt werden muss und das gewünschte Ergebnis beim Aufnehmen selbst entsteht und nicht durch aufwändiges, digitales Bearbeiten von Instrumenten im Nachhinein. Diese Art der Arbeit erfordert zudem eine enge Zusammenarbeit von Musikern, Produzenten und Toningenieuren, was sich ebenfalls äußerst positiv auf das Endergebnis auswirken kann.

Abschließend bleibt uns zu sagen, dass wir die Zeit der Erarbeitung dieser Arbeit sehr genossen haben. Dank der Hilfe und Unterstützung von Samson Geiger und James Herter mit ihren Erfahrungen, Wissen und professionellen Tonstudio wurden uns unzählige neue Eindrücke geschenkt, die wir sonst vielleicht nie erfahren hätten. Mit großem Interesse und Neugier richten wir unseren Blick in die Zukunft, des sich ständig weiterentwickelnden Audiobereichs. Dass die analoge Aufnahme spätestens seit den *Foo Fighters* oder den *White Stripes* wieder einen Weg in die Plattenläden gefunden hat, ist nicht zu verleugnen. Wird sich die analoge Audiotechnik wieder fest in Tonstudios etablieren? Werden sich die Hersteller der digitalen Technik in den nächsten Jahren mit neuen, noch besseren Techniken im Markt etablieren und die Analogtechnik endgültig verdrängen? Oder geht es doch hin zur heute schon zum Teil praktizierten Hybridlösung? Diese Fragen sind nur schwer zu beantworten, lassen jedoch hoffen, dass die klangliche Qualität weiter ansteigen und die Musik in Zukunft immer besser klingen wird. Wir sind gespannt und freuen uns darauf.

Literaturverzeichnis

Brown, James in „Sound City“ (Dokumentarfilm). USA, 2013

Dickreiter, Michael/ Dittel, Volker/ Hoeg, Wolfgang/ Wöhr Martin: *Handbuch der Tonstudioteknik*. 8., neu bearbeitete Auflage, Köln/München 2013.

Friesecke, Andreas: *Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagwerk für Tontechniker*. München, 2007.

Görne, Thomas: *Tontechnik*. 3., neu bearbeitete Auflage, München, 2011.

Henle, Hubert: *Das Tonstudio-Handbuch: praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik*. München, 2001.

Inderfurth, André: *Analoge Geräte – der neue Trend?* (vdt Magazin „Analoge Auditechnik“ Heft 1/2014), Bergisch Gladbach, 2014.

ITWissen, 2014, URL: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Latenz-latency.html> [15.06.14]

Kammeyer, Karl-Dirk/ Kroschel Kristian: *Digitale Signalverarbeitung. Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen*. 7. Auflage, Wiesbaden, 2009.

Krieg, Bernhard: *Digitale Audiotechnik ohne Ballast: moderne Verfahren, Technik Geräte, praktische Hinweise und Tipps*. München, o.J.

Neuß, Christoph: *Digitale Audiotechnik*. 2004.

Summit Audio, Inc.: *Operation Manual, Summit Audio Model TLA-100A*. 2003

Von Behren, Karl-Hermann: *Die analogen Hitmaschinen, Tonstudioteknik – die vergangenen 50 Jahre*. Bremen, 2004.

Webers, Johannes: *Handbuch der Tonstudioteknik für Film, Funk und Fernsehen*. 9., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Poing, 2007.

Weinzierl, Stefan: *Handbuch der Audiotechnik*. Berlin, 2008.

Zölzer, Udo: *Digitale Audiosignalverarbeitung*. 3. Aufl., Stuttgart, 2005.

<http://tyfordaudiovideo.blogspot.de/2012/06/focusrite-saffire-pro-40-firewire.html>
[07.05.14]

http://www.sonux.it/shop/index.php?manufacturers_id=178
[25.05.14]

<http://www.uaudio.com/store/special-processing/studer-a800-tape-recorder.html>
[13.06.14]

http://cmlstudioused.cmlshop.de/contents/de/d13_verkauft_sold_archive_01.html
[24.06.14]

<http://www.thomann.de/> [24.06.14]

Anlagen

Die Anlagen sind auf dem beigelegten USB-Stick zu finden und beinhalten folgendes Material:

1. Audiodateien der Produktion

- analog-mix_96khz_24bit
- digital-mix_96khz_24bit
- analog-mix_44,1khz_16bit
- digital-mix_44,1khz_16bit

2. Videodreh während den Aufnahmen

3. Filmquelle „Sound City“

4. Bachelorarbeit PDF

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname

Ort, Datum

Vorname Nachname

Anhang

15 Fragebögen der „Abhör“-Umfrage

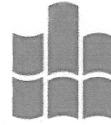


Fragebögen der „Profis“

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

guter Mix

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

① Wärmer u. gesättigter

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

beide

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

ja

② klingt höherlastiger u. nicht ganz
so rund wie ①

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

~~2 hat~~ 2 klingt breiter
Snare hat auch längeren Hall

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

1 klingt wärmer

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

wenig wenn dann auf den Vocals →
klingen auf 1 etwas früher

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

2 hat etwas mehr Höhen

Anmerkungen

1 hat mehr Druck und ist vunder

Persönliches Fazit

Geilester Song :-)

Samson hat in sofern einen fantastischen
Job gemacht, da beide Mix sehr gut
klingen. Die Unterschiede sind nicht übertrieben
bemerkbar, da auch hier im Digi-Bereich

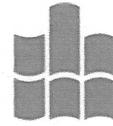
Vielen Dank für Deine Teilnahme!

mit dem Pitter bzw. Plug-Ins wohlklingend
gearbeitet wurde!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

analog (1)

grössere tiefe / weicher

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

(1)

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

Ja (1) klingt mehr
Live

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

JA (1) größere Tiefe
unabhängig von den
Hallräumen

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

JA (1) druckvoller
(2) tiefer

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

JA (2) härter

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

JA JA (1) bedeckter

Anmerkungen

aber angenehmer

Persönliches Fazit

take best of both
worlds

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

„Akustische“ Aufnahme. Klingt natürlich,
wie in einem Raum.

1. Raumlich 2. Klar Sound

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

1 = klingt natürlicher, mehr im Raum

2 klingt ein dimensionaler

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

1 ist bei den Jungs gewohnter

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

1 klingt wärmer

2 hat mehr Höhen

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

2 : mehr Panorama links - rechts

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

keine Unterschied

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

keine Unterschied

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

2 hat mehr Höhen

Anmerkungen

Aufnahme 1 kann man entspannt hören.
Sie bildet die Musik "authentischer" ab.

Persönliches Fazit

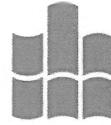
Aufnahme 1 ist in vielen Punkten "besser":
Räumlichkeit, Natürlichkeit, Entspanntes
Hören.

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

- 1 KLINGT ANGENEHM, RAUSCHEN STÖRT ETWAS
- 2 KLINGT SAUBER, WENIGER STÖRGERÄUSCHE, DAFÜR DÜNNER

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

- 1 KLINGT HOCHWERTIGER, WÄRMER, "GEWOHNT"

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

1

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

- (1) ANALOG KLINGT WÄRMER
- 2 HÖHEREN LASTIG,

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

2 KLINGT BREITER (HALB?)

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

2 KLINGT DRUCKVOLLER (WICK) 1 FÜHRT SICH DYNAMISCHER AN.

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

WENIG

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

2 MEHR HÖREN

Anmerkungen

MINIMALE UNTERSCHIEDE BEIM MIX

Persönliches Fazit

1 HÖRT SICH FÜR MICH INTERESSANTER AN, MUSIKALISCH.

2 IST TECHNISCH INTERESSANT ABER MIR PERSÖNLICH
ZU SAUBER UND STERIC

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

Als erstes fällt das starke Rauschen auf. Weiterhin gibt es Unterschiede in einzelnen Frequenzbereichen.

Des Weiteren wurden unterschiedlich Hall(-zeiten) eingesetzt, deutlich bei der Snare zu hören. Der Analoge Mix ist direkter, der digitale siedelt sich weiter hinten im Mix an, („hinter einer Wand“)

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

Der analoge Mix ist deutlich ausgewogener im Klangbild. Gleichzeitig klingt er fetter, Bass und Bassdrum kommen hier gemeinsam viel besser zur Geltung.

Welche Aufnahme klingt „gewöhnlich“?

Das kann ich als Teil der Band nicht objektiv betrachten.

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

Digital: ein gefühltes Loch in den Mitten, alles wirkt weiter auseinander. Greller, als analog, kälter, weiter hinten

Analog: Der digitale Mix vereint alle Frequenzbereiche besser, „klebt alles zusammen“. Wärmer, ausgewogener, weichere, präseneter Bässe

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

Digital erscheint mir hier weiter, was ich dem verwendeten Hall zu schreibe. Hier wirken die einzelnen Instrumente weiter auseinander sitzend als im analogen Mix.

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

Bass und Bassdrum sind im analogen Mix deutlich „fetter“, präsenter und funktionieren besser zusammen. Überlagern sich dennoch nicht und lassen einander Platz. Der digitale Mix ist im direkten Vergleich nahezu schwach auf der Brust.

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

Erstaunlicherweise sind die Unterschiede hier nicht so tragend wie im Bass und in den Höhen. Vor allem in dem Frequenzbereich, den der Mensch besonders wahrnimmt (~3kHz) höre ich am wenigsten Unterschiede. Jedoch, passen sich die Mitten im digitalen nicht so gut in den Mix ein wie im analogen Mix.

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

Hier ist der digitale Mix viel zu grell. Die Höhen die hier teilweise schmerzen sind im analogen Mix deutlich weniger ausgeprägt. Stimme und Becken wirken im analogen dadurch weicher.

Anmerkungen

Der direkte Vergleich zwischen analoger und digitaler Aufnahmetechnik ist erstaunlich. Dazu hatte ich bisher nicht die Möglichkeit. Zur genauen / „gerechten“ Auswertung wäre es sinnvoll, die einzelnen Schritte der Produktion, des Mischens nachvollziehen zu können.

Persönliches Fazit

Die Analogtechnik bringt diesem Mix deutlich mehr Kraft, Präsenz und Zusammenhalt. In weiteren Versuchen sollte man probieren, den digitalen Mix dem analogen anzugleichen und ein entsprechendes Klangbild zu erreichen.

Vielen Dank für Deine Teilnahme!



Fragebögen der jungen Konsumenten

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

1 rauschen?, störgeräusche

2 klingt aufwändiger, professioneller, mehr nach studio

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

V2, klingt abgemischter, voller

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

V1

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

V2 klingt voller als V1, bei V1 teilweise Verzerrungen im mittle-
bereich?

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

V1: Klingt „mehr nach Stereo“, vor allem Gitarre + Stimme weiter rechts
V2: Klang von unten, wachsend
95 bei V1

V2: Konzentrierter / kompakter

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

V1: Bässe dominanter, dumpfer als V2, bei V2 jedoch voller, klarer
Bass bei V2 tiefer

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

V1: Mitten dominanter als V2, V2 V1 teilweise verzerrt?

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

Höhen treten bei V2 deutlicher

Anmerkungen

V1 klingt fast nach Live-Version, klingt ohne Band zusammen
nicht so geeignet für Anlage.

Persönliches Fazit

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

- V1: klingt hoch, nimmt den Raum nicht voll ein,
ungeeignet, aber angenehm im Hintergrund
- V2: klingt voller, nimmt den Raum ein

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

- V2: klingt gewohnter, voller

Welche Aufnahme klingt „gewöhnlich“?

- V2

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

- V1: höher, klarer
- V2: voller

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

U2: wirkt voller, füllt den Raum sehr aus

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

wirkt in U2 stärker

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

wirkt in U1 höher, klarer

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

ist in U1 intensiver

Anmerkungen

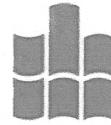
Persönliches Fazit

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

- 1: voll, fast wie live
- 2: kälter, klarer

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

- 1 weil angenehmer, schöner, ~~tiefer~~

Welche Aufnahme klingt „gewöhnlich“?

2

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

- 1 ist wärmer, wie wenn man in eine Decke gewickelt ist,
angenehm eben, voller
- 2 ist kälter

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

1 ist näher und umhüllt einen, Klang mittig-reine Richtung
2 bleibt bisschen vor einem stehen, Klang aufgeteilt von verschiedenen Richtungen

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

~~2~~ 2 ist im Bass voller, präsenter
1 ist Bass mehr im Vordergrund und nicht so versteckt wie bei 2

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

1 klingt die Stimme echter, näher
bei 2 ist sie "weiter weg"

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

Anmerkungen

Persönliches Fazit

ich würde 1 aufs Handy machen

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

- 1) Sehr präsent, klare instrumente und klare Stimme
- 2) "gedämpft" als wäre es in einem größeren Raum, angenehmer als 1

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

- 2) Ist angenehmer anzuhören. 1 ist nicht schlecht aber zu klar.

Welche Aufnahme klingt „gewöhnlich“?

- 1 klingt gewohnter, klingt nach den Liedern die man im Radio hört.
- 2 klingt angenehmer, nach Schallplatte

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

- 2 klingt nach mehr Volumen, dichter.

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

Ich konnte keine Unterschiede festmachen

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

2 klingt Basshaltiger als 1

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

1 klingt satter als 2, kräftiger aber 2 klingt ausgefüllter mit mehr Volumen

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

konnte keinen Unterschied erkennen

Anmerkungen

Beides klingt "vertraut" 2 hört sich aber angenehmer an.

Persönliches Fazit

Super, alles super.

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

V₁: zu dröhnend

V₂: 3-dimensional

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

V₂: räumlicher, ~~dröhend~~ dröhnt nicht so

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

V₂

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

V₁ = lauter und dröhnend

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

V₁: 2-dimensional (geschlossene Kopflöcher)

V₂: 3-dimensional

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

V₁: voller jedoch dröhnend

V₂: trockener angenehmer

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

V₁: ~~dunkel~~

V₂: klarer zu hören

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

V₁: klirrend

V₂: realistischer, angenehmer

Anmerkungen

V₁: klingt als ob Sänger und Instrumente ~~auf~~ sich auf einem Haufen befinden würden

V₂: klingt verteilt.

Persönliches Fazit

V₂ ist angenehmer

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

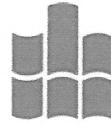


Fragebögen der älteren Konsumenten

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

- klar, sortiert, jedes Element kommt klar raus - kein Geräusch (1)
↳ aber Rauschen
↳ (2) kein Rauschen

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

(1) klingt authentischer

Welche Aufnahme klingt „gewöhnlich“? Beide

2 weil wie Radio
1 weil wie Schallplatte

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

ja

1 ist angenehmer - kann mit besser Sprechern

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

1 ist weiter ~~offener~~ also jedes Instrument
steht woanders im Raum

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

1 deutlicher
2 Bass und aufdringlicher

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

2 spielt sich mehr in der Mitte ab, ~~tiefer~~ wirkt so klar wie 1
1 rauscht aber ist schon vorkill, Stimme sehr deutlich

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

2 gedämpfter
1 klar

Anmerkungen

1 hört sich an als wäre man direkt bei der Aufnahme als
im gleichen Raum dabei

Persönliches Fazit

1 gefällt mir besser

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



I

II

„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

✓ voll Klang, lebendig, balliger

technischer
differenzierter

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

Kann mich nicht entscheiden
als 1

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

I wie früher

II
wie jetzt

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

Wärmer,
voller, edler
Instrumente ~ gleich

Instrumente eher gleich
aber alles zu
unterschiedlich

I

II

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

vermischt
eclter

diffus

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

tiefer als II

tiefer als I

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

lebendiger, eclter
voller

weiche, weniger alles
alles gut im hohen

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

etwas ~~un~~diffus
aber voller

Klarer

Anmerkungen

Version I wärmer, aber
technisch knocher, wirkt ~~et~~ II

Persönliches Fazit

Gewohnter ist II, I klingt aber
wärmer, eclter

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

	<u>I</u>	<u>II</u>
Wie ist Ihr erster Höreindruck?	<i>intensiver</i>	<i>steiler</i>
Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)		<i>+</i> <i>klarer, Stimme</i> <i>angenehmer</i>
Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?		<i>X</i>
Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?		<i>heller, stimmiger</i>

I

II

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

dumpe

mehr Ausdruck

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

Bass stärker
runder

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

melodisch

melodischer, wärmer

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

B

Höher besser

X

Anmerkungen

Klingt tiefer

Persönliches Fazit

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

20/11/19

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

V1: Stimme sehr laut, etw. rauh, sehr voll

V2: Stimme leise, weicher, sehr harmonisch

} Insgesamt
stimmig u.
angenehm

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

~~V1~~

V2: weicher u. harmonischer u. weniger rauh
ausgeglichener, Bass weniger aufdringlich
purer

Welche Aufnahme klingt „gewöhnlich“?

V2 gewöhnlich

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

V1: dunkler

V2: heller

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

v_1 : mehr Raumklang

v_2 : mehr Abstand zum Musikgeschehen

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

v_1 : Bass zu stark

v_2 : Bass viel angenehmer

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

—

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

—

Anmerkungen

Persönliches Fazit

Vielen Dank für Deine Teilnahme!

Fragebogen

Bachelorarbeit von Manuel Herrmann und Oliver Berberich

HOCHSCHULE
MITTWEIDA
UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES



„Vergleich der analogen und digitalen Audiotechnik anhand einer Produktion“

Wie ist Ihr erster Höreindruck?

Welche Aufnahme gefällt Ihnen persönlich besser? (+ Begründung)

V1
präziser

Welche Aufnahme klingt „gewohnt“?

Gibt es einen Unterschied in der Klangfarbe?

V1 heller
V2 dunkler

Gibt es Unterschiede im Panorama/Stereoklangbild?

nein

Gibt es einen Unterschied im Bassbereich?

V1 Impuls stärker
V2 „ schwächer

Gibt es einen Unterschied im Mittenbereich?

V1 präsenter
V2 weniger

Gibt es einen Unterschied im Höhenbereich?

V1 Tendenz klarer
Unterschied kaum merklich

Anmerkungen

Persönliches Fazit

V1 gefällt mir besser

Vielen Dank für Deine Teilnahme!