

Bachelor Thesis

Mastering - Ein Kompendium zu Arbeitsweisen der Audiotbearbeitung unter dem Aspekt der Klangbearbeitung beim Transfer einer Musikaufnahme auf Ihr Abspiel- Medium anhand der Rock-Produktion „Liberación“ der Musikgruppe Siambok.

Eine Abschlussarbeit im Studiengang Audiovisuelle Medien in der Fakultät Electronic Media an der Hochschule der Medien, Stuttgart-Vaihingen.

vorgelegt von Steffen Müller Matr. Nummer 16398

*Prüfer Dipl. Tonmeister Oliver Curdt
 Dipl. Ing. (FH) Heiko Schulz*

6. Oktober 2009

Abstract

Musikproduktionen müssen, bevor sie in den Vertrieb gehen, auf ein Medium transferiert werden und auf ihre technische Korrektheit überprüft werden, damit für das Distributionsmedium eine hohe Qualität garantieren kann. Dabei geht es aber auch um ästhetische Fragen und künstlerische Anforderungen. Was hält das Album zusammen und macht es zu einem Gesamtkunstwerk? Welche Bedeutung hat der Vorgang des Masterings dabei und mit welchen Mitteln kann, sowohl technisch als auch ästhetisch, in diesem letzten Schritt noch Einfluss auf das Werk ausgeübt werden? Diese Arbeit möchte Einblicke in das Arbeitsfeld des Audio-Masterings geben und diese grundlegend zusammenfassen. Angereichert mit vier Produktionsbeispielen aus dem Rock-Album „Liberación“ von der Band Siambok sollen technische, ästhetische und philosophische Einblicke gegeben werden und einem unbedarften ebenso wie einem fachnahen Leser als einführende Literatur in dieses Thema dienen.

Erklärung

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe recherchiert und verfasst habe. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut ist im Text eindeutig gekennzeichnet. Sämtliche Quellen sind im Quellenverzeichnis aufgeführt und nachvollziehbar.

Stuttgart, den 04.11.2009

Steffen Müller

Für meine Eltern Charlotte und Klaus.

Danksagung

Ein riesiges Dankeschön an alle, die dazu beigetragen haben, dass die Arbeit in dieser Form entstehen konnte:

Oliver Curdt und Heiko Schulz für die Betreuung der Arbeit und die vielen wertvollen Hinweise und Anregungen.

Robin Schmidt für seinen fachlichen Rat, sein unbezahlbares Wissen und die Zeit, in der er der Produktion und mir tatkräftig zur Seite stand.

Julian Schädler für Grafik, Musik und seine Unterstützung als Freund.

Nora Doll-Bühler für Grafik und ein spontanes Wiedersehen

Johannes Wohlleben von den Bauer Studios für seine fachliche Unterstützung und das Probe-Master.

Eva Bauer-Opelland für den Mastering-Tag in den Suiten der Bauer Studios.

Oliver Szczypulla von u3 für das Studio, die vielen fachlichen und philosophischen Gespräche und seinen Einsatz für das Projekt.

Der Band Siambok für Ihre Geduld und die Musik.

Hanna und Christian Osigus für die Korrektur der Sprache und der Rechtschreibung.

Claudia Sill für Ihr Gehör und ihre erfrischende Art.

Meiner Familie und all meinen Freunden, die mir Kraft und Ausdauer gegeben haben und so verständnisvoll meine wochenlange Abwesenheit ertragen haben.



1 Was ist Mastering?	15
1.1 Ein kurzer Einblick in die Geschichte des Mastering-Prozesses	16
1.2 Der Begriff „Mastering“ heute.	17
2 Der Arbeitsplatz des Master-Ingenieurs – Anforderungen, Aufbau und wichtige Komponenten	21
2.1 Das Abhörsystem und seine Umgebung	21
2.2 Abhörprobleme und ihre Folgen	23
2.3 Das Monitor-System	24
2.4 Das Masteringstudio – Schematischer Aufbau des Signalflusses	25
2.5 Die Signalverteilung - digital	27
2.6 Die Signalverteilung - analog	28
2.7 Ein Beispiel eines möglichen Setups - Geräte und ihre Verschaltung.	28
3 Der Mastering-Ingenieur - Fähigkeiten und Voraussetzungen	33
3.1 Psychoakustische Grundlagen zum Gehör	33
3.1.1 Lautstärkepegel und Lautheit	34
3.1.2 Anpassung, Vor- und Nachverdeckung	35
3.1.3 Rauigkeit und Schärfe	36
3.2 Hören als Mastering - Ingenieur	38
3.3 Praktisches zum Thema Gehör	41
3.3.1 Frequenzen hören und Ihren Einfluss erkennen.	42
3.3.2 Limitierte Bandbreite	42
3.3.3 Kammfilter	43
3.3.4 Verzerrungen	44
3.3.5 Weitere Artefakte und Probleme in Kürze	45
4 Ein Rockalbum entsteht - Aufnahme und Mischung	49
4.1 Die Band Siambok	49

4.2 Aufnahme	50
4.3 Mixing	51
4.3.1 Die äußeren Umstände	51
4.3.2 Technische Umsetzung und Studioperipherie	51
4.3.3 Probleme der Mischungen - Kritische Sicht auf die Hörbeispiele	54
4.4 Die Stücke - Titelliste und Rechte	55
5 Das „Pre“ Mastering - Beurteilung und Korrektur des Klangs	57
5.1 Klangbearbeitung -	57
Einsatz von Filtern zu Korrektur und Verschönerung des Klangbildes	57
5.1.1 Tonale Balance und Probleme im Frequenzspektrum	57
5.1.2 Wahl des Filters - Einfluss auf die Klangfarbe	61
Minimalphase oder Linearphase? - Unterschiede analoger und digitaler Filter	61
5.1.3 Analoge Filterkomponenten im Mastering	68
5.2 Klangbearbeitung -	70
Dynamikbearbeitung und Farbgebung mit Regelverstärkern im Mastering	70
5.2.1 Mikro und Makrodynamik in der Musik	70
5.2.2 Kompressor-design und resultierende Unterschiede in der Anwendung	71
5.2.2.1 Transistorkompressoren	71
5.2.2.2 Röhren - Kompressoren	75
5.2.2.3 Opto-Kompressoren	76
5.2.3 Kompressionstechniken	77
5.2.3.1 Serieller Betrieb	77
5.2.3.2 Side Chain Kompression	78
5.2.3.3 Parallelkompression	78
5.3 Anwendung des Mitte Seite Prinzips im Stereo - Mastering	79
5.4 Zusammenfassung der Klangbearbeitungen anhand der ausgewählten Hörbeispiele	82



6 Editing	87
6.1 Schnitt und Blende als technisches und gestalterisches Mittel	87
6.2 Störgeräusche entfernen	88
6.3 Stem Mixing - Eine Stütze in letzter Instanz	90
7 Das Gesamtkunstwerk	93
7.1 Titelfolge und Pausen	93
7.2 Levelling	95
8 Lautheit	97
9 Schlussbetrachtung	105





1 Was ist Mastering?

Ob Musikproduktionen, Hörspiele, Hörbücher oder Filme. Jedes Produkt muss am Ende der Produktionskette für den Vertrieb aufbereitet werden. In den frühen Jahren der Tontechnik bestand die Produktionskette aus einem Mikrofon und einem mechanischen Schallübertrager der letztlich eine Nadel im Nebenraum des Aufnahmerraums antrieb, die die Wachsplatte schnitt. Über die Jahre haben sich die Technologie und damit einhergehend die Möglichkeiten um ein Vielfaches erweitert. Heutzutage ist es durch den vereinfachten Zugriff auf computerbasierenden Arbeitsplätze mit hochwertigen PlugIns und den in den DAWs enthaltenen Editier-Möglichkeiten praktisch für jedermann möglich, Tonmaterial nachzubearbeiten.

Mit dieser Arbeit soll ein umfassender Blick auf die Arbeit des Mastering-Ingenieurs gegeben werden. Es werden sowohl die Entwicklung dieses Arbeitsfeldes aufgezeigt als auch die einzelnen Arbeitsschritte der Klangaufbereitung beleuchtet. Anhand von praktischen Hörbeispielen werden die Arbeitsschritte näher beschrieben und so dem Leser eine möglichst umfassende Zusammenfassung des vorhandenen Wissens vermittelt. Anhand einer Rockproduktion, die ich im Zeitraum Juni - Juli 2009 für die Band Siambok von Julian Schädler angefertigt habe, wird anschaulich gemacht, welche Gründe es neben des notwendigen Transferschrittes auf das Abspielmedium geben kann, sich eine unabhängige Meinung einzuholen.

Zu den Hörbeispielen

Im Grunde müssen die Prozesse immer mit der nicht bearbeiteten Mix-Version oder dem vorangegangenen Arbeitsschritt verglichen werden, um so die Veränderungen besser erfassen und beurteilen zu können. Aus diesem Grund liegt der Arbeit eine Daten DVD bei, die ProTools 7 Sessions enthält, mittels derer der ABN-Vergleich vereinfacht wird. Wenn also auf ein Hörbeispiel verwiesen wird, ist dieses in einer dem jeweiligen Kapitel oder Abschnitt zugeordneten ProTools Session zu finden. Alle Hörbeispiele, sofern sie einem Vergleich dienen, liegen phasengleich in unterschiedlichen Spuren parallel zueinander und sind in der Lautstärke angeglichen. Referenz ist immer das dynamischste und leiseste Beispiel, um Systemübersteuerungen ausschließen zu können. Oftmals liegt auch eine phasengedrehte Variante der Mix-Version bei, um Nulltests durchführen zu können, die in Kapitel 8 näher erläutert werden. Die ProTools Sessions enthalten wiederum Marker, die auf den Abschnitt eines Kapitels verweisen und den zu betrachtenden Prozess kennzeichnen. Die Benennung der Dateien wurde ebenfalls an ihrem Inhalt ausgerichtet, um sie auch in anderen DAW-

Umgebungen nutzen zu können und schnell ein Test-Setup aufbauen zu können. Das vollständige Album liegt als 24 Bit Masterversion, sowie als 16 Bit-Variante gewandelt in 24 Bit in der ProTools-Session zum Abschnitt 7 bei. Die Audiodateien können aus den Ordnern „Audio Files“ der jeweiligen Sessions übernommen und in einer anderen Audiosoftware verwendet werden. Da ProTools nicht mit Joint-Stereo-Dateien (ein Datei-Container mit beiden Kanälen) umgehen kann, sind die Dateien in den Ordnern als Multiple-Mono-Dateien (linker und rechter Kanal als Einzeldateien) angelegt. In allen Session-Ordnern findet man zusätzlich einen Screenshot der Programmfenster und kann sich so auch ohne die ProTools-Software einen Eindruck verschaffen, wie die Arbeitsumgebung angelegt ist.

Als Beispiel für die Klangbearbeitungsschritte werden im Folgenden die Stücke *At My Feet*, *It Is Mine*, *Après Vous La Déluge* und *Dave* herangezogen.

1.1 Ein kurzer Einblick in die Geschichte des Mastering-Prozesses

Vor den 20er Jahren, als die Idee digitaler Systeme in Form von Rechenmaschinen noch in den Kinderschuhen steckte, liefen die einzelnen Prozesse der Audioproduktion noch vollständig mechanisch ab. Die Künstler sprachen, sangen und musizierten „into the can“, einem mechanischen Hornmikrofon, aus dem über ein mechanisches Übertragungssystem mit einer Membran die Schallwellen direkt auf eine Gravurmaschine übertragen wurden. Eine Nadel gravierte auf einer rotierenden Scheibe oder Trommel das Wellenmuster ein. Die Trägermedien bestanden zu dieser Zeit entweder aus Wachs oder einer weichen Metalllegierung. So sah eines der ersten Master in der Geschichte der Audiotechnik aus.

Später, in den 30er und 40er Jahren wurde aus dem mechanischen Prozess ein elektronischer. Die Aufnahmebedingungen aber blieben gleich: Während die Künstler ihre Stücke ins Mikrofon sangen, wurde nebenan die Platte graviert. Nur die Übertragung zwischen Mikrofon und Gravurnadel war mittlerweile elektronisch. Erst mit der Erfindung des Magnetbands in den 50er Jahren wurde es möglich, nicht nur aufzunehmen, sondern das Aufgenommene auch nachzubearbeiten. Mit der technischen Entwicklung veränderten sich auch die Möglichkeiten der Nachbearbeitung. Mit Einführung des analogen Tonbands begannen die Toningenieure, die Aufnahmen im nach hinein zu beeinflussen, zu schneiden und mittels Filtern und Regelverstärkern klanglich ausgewogenere Endprodukte zu kreieren. Besonders die Popmusikindustrie trieb dieses Vorgehen voran. Doch waren den Möglichkeiten immer noch Grenzen gesetzt. Wenn der Master-Tape-Pegel zu hoch war, konnte die Dynamikbandbreite nicht mehr auf die Gravurmaschine übertragen werden, da die



auf Band mögliche Systemdynamik, je Bandtyp, von 65 dB und mehr den Dynamikbereich der Schallplatte von maximal 45-48 dB weit überstieg. Also musste die Dynamik und der maximale Ausgangspegel der Bandmaschine an das eingeschränktere Endmedium Schallplatte angepasst und begrenzt werden. Der Begriff Mastering machte diese Veränderungen bis in unsere Tage stetig mit. Das Arbeitsfeld des Mastering-Ingenieurs ist heute umfangreicher geworden. Trotz der digitalen Revolution der 1990er Jahre blieb die analoge Technik in vielen Häusern bestehen. Hinzu kamen computerbasierende DAWs (Digital Audio Workstations), die weit größere Möglichkeiten in Sachen Schnitt und Manipulation des Audiomaterials boten, als zuvor möglich war.

1.2 Der Begriff „Mastering“ heute.

Heute bedeutet Mastering zunächst das Übertragen eines Mixes auf ein Endmedium, wie es beispielsweise CDs, DVD-Audio und SACDs in digitaler oder LPs und Tonbänder in analoger Form sind. Das heißt, dass je nach eingereichtem Quellmedium, wie Mehrspur-Daten-CDs/DVDs, ADAT Kassetten sowie analogen Bändern oder Kassetten, eine Wandlung vorgenommen werden muss, um den künstlerischen Inhalt zur Pressung im CD-Werk oder zur LP-Gravur bereitstellen zu können. Diese Aufbereitung fertiger Mischungen ist der letzte Schritt bevor das fertige Produkt in die Massenfertigung und dann in den Vertrieb geht.

Es gibt aber noch einen Produktionsschritt davor, der ebenfalls gerne als Mastering bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um die letzte Prüfung eines Mixes durch einen erfahrenen Toningenieur, der seinen Fokus auf den Gesamtklang einer Mischung richtet. Der Mastering-Ingenieur muss deshalb ausgesprochen viel Erfahrung und ein gut trainiertes Ohr besitzen, denn er muß in der Lage sein, jede Nuance in einem Klangspektrum wahrzunehmen und auch künstlerische Beurteilungen vornehmen können. Das heißt, dass es nicht nur darum geht, Fehler einer Mischung zu beheben, sondern bei Bedarf auch gestalterisch in eine Mischung einzugreifen. Es ist der Mastering-Ingenieur, der einen Tonträger in seine endgültige Form bringt. Er setzt die einzelnen Titel in die vom Künstler gewünschte Reihenfolge und kreiert die Übergänge und Pausen. Er nutzt die Möglichkeiten des Red Book Standards für CDs, indem er die Titel indexiert, EAN- und ISRC Codes des Labels einträgt und gegebenenfalls CD Textinformation einfügt. Insbesondere betrachtet der Mastering-Ingenieur das Album als musikalische Einheit und sorgt für ein homogenes Gefüge. Das heißt, er vergleicht Lautheit, Klangfarbe und Ausgewogenheit eines Titels in sich und schließlich aller Titel in Relation zueinander. Dieser Produktionsschritt nennt sich Premastering, da er der eigentlichen Endfertigung vorausgeht und neben dem gestalterischen Aspekt der Qualitätssicherung dient.

Dabei entsteht das Produktionsmaster. Bob Katz teilt diesen Prozess etwas anders ein. Er spricht vom Editing, Sequencing (Titelabfolge mit Übergängen) und dann vom Premastering. Das Premastering entspricht bei ihm dem uns als Mastering bekannten Prozess, der Lautstärkeanpassung, Komprimierung, Optimierung des Frequenzgangs und Entrauschen beinhalten kann. Zusammengefasst lässt sich der Begriff des Masterings stichwortartig also folgendermaßen von den anderen Produktionsschritten einer Audioproduktion abgrenzen:

1. Musik-/Tonaufnahme gewöhnlich im Mehrspurverfahren.
2. Abmischung der einzelnen Spuren auf 2 oder 6 Spuren (Stereo oder 5.1).
3. Nachbearbeitung der Stereo-/Surround-Summe - das eigentliche Audio-Mastering.
4. Erstellung des physikalischen Premasters als Vorlage für das Glasmaster.
5. Erstellung des Glasmasters als Negativ-Pressvorlage im Presswerk für die CD Herstellung (auch als Mastering bezeichnet).

Bei den Schritten 1 bis 3 handelt es sich um Schritte der Musikproduktion. Schritt 4 wird ebenfalls von einem Mastering-Ingenieur durchgeführt. Es entsteht in der Regel eine dem Red Book Standard entsprechende Image Datei auf einer CD-ROM oder Festplatte.¹ Dazu das Flussdiagramm der Audio CD Produktionsschritte, wie Bob Katz diesen Prozess definiert:

¹ vgl. Katz, (2007) Mastering Audio, S. 20-22

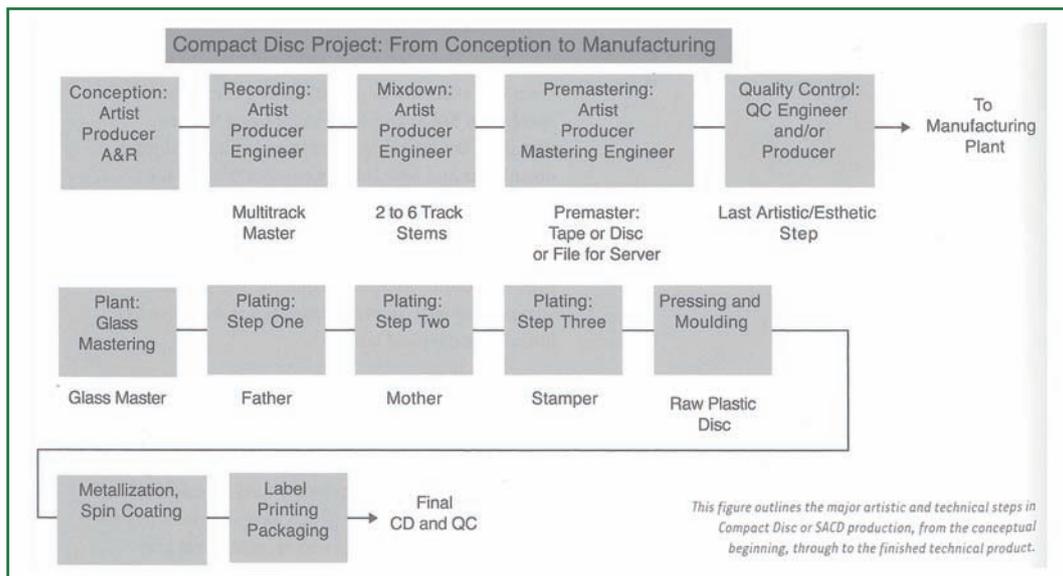


Abb.1) Flussdiagramm des Musikproduktionsprozesses aus Katz, Mastering Audio (2007), S.20



2 Der Arbeitsplatz des Master-Ingenieurs

„The major goal of a professional mastering studio is to make subjective judgements as objectively as possible“ (Bob Katz)²

2.1 Das Abhörsystem und seine Umgebung

Die wichtigsten Komponenten eines Masteringstudios sind die Abhörmöglichkeiten und der dazugehörige Raum. Gerade in diesem Arbeitsfeld ist es wichtig, dass der Raum frei von Resonanzen und relativ trocken in seinen akustischen Gegebenheiten ist. Die Lautsprecher müssen so stehen, dass ein optimales Panorama am Abhörplatz gegeben ist und keine Überlagerungen von Reflektionen an der Wand mit dem Direktschall aus den Lautsprechern zustande kommen. Als Richtwert gilt: „Die Reflektionen müssen den Hörer mindestens 20 ms nach dem Direktschall erreichen und 15 dB SPL leiser als der Direktschall sein. Die Lautsprecher dürfen nicht von irgendwelchen Objekten der Raumeinrichtung verdeckt werden.“³ Ansonsten verfärben Kammfilter-, Beugungs- und Verdeckungseffekte den Originalklang und verwischen eventuelle Fehler im Audiosignal der Mischung. Das gilt natürlich nicht nur für Masteringstudios, sondern für Tonstudios im Allgemeinen. Dennoch wird im Masteringstudio ein besonderer Wert darauf gelegt, die akustische Umgebung so verzerrungsfrei wie möglich einzurichten.

Die Raumgröße sollte nicht zu klein sein. Als Richtwert finden sich ± 40 Quadratmeter (Robin Schmidt, 2496 Mastering). Die Wände sollten nicht parallel zueinander verlaufen, damit es nicht zu unerwünschten Effekten wie einem Flatterecho und einer besonderen Hervorhebung von Raummoden kommt. Im optimalen Fall lässt man den Raum durch ein Raumakustikunternehmen vermessen und dem entsprechend ausbauen. Mit schweren Samtvorhängen kann man allerdings wesentlich kostengünstiger sehr gute Ergebnisse erzielen. Weiterhin sollte der Raum akustisch möglichst vollständig von der Außenwelt abgekoppelt sein. Am besten lässt sich dies durch das Raum-im-Raum-Prinzip realisieren. Danach baut man eine Zelle, deren Wände, Decke und Boden auf einer Isolierschicht gelagert sind. So kann keine äußere Vibration in die Zelle eindringen. Dieses Prinzip ist allerdings ebenfalls mit hohen Kosten verbunden.

2 vgl. Katz, (2007) Mastering Audio S.83

3 vgl. ebd. (2007) S.84

Für den zulässigen Geräuschteppich im stillen Raum gibt es Richtwerte. Der Geräuschteppich im Raum wird frequenzbezogen in so genannten NC-Kurven angegeben.

Katz empfiehlt hier einen NC Raum < NC-20 - NC-30 (maximal zulässige äußere Geräuscheinstrahlung in allen Frequenzen).⁴NC Kurven (noise criterion curves) sind Messkurven, die sich in der Praxis in den Tiefen erhöht und zu den Höhen hin mehr oder weniger stetig abfallend verhalten. Die Angabe NC – 20 oder NC – 30 bezieht sich auf den bei 2 kHz erfassten Wert von 20 bzw. 30dB SPL.⁵ Abbildungen 2) und 3) veranschaulichen den Zusammenhang zwischen Messung und Kurvenverlauf.

Octave Band Frequency (Hz)	Sound Pressure Level (dB) for Continuous Noise			Example Noise Measurements (dB)
	NC-30	NC-35	NC-40	
63	57	60	64	63
125	48	53	57	55
250	41	46	51	46
500	35	40	45	34
1000	31	36	41	30
2000	29	34	39	29
4000	28	33	38	29
8000	27	32	36	27

Abb.2) Beispielhafte NC-Dauergeräuschpegelmessung eines Abhörzimmers

Quelle:www.tvtechnology.com/audio_tips/show_issue.cgi?id=47

⁴ vgl. Katz, (2007) Mastering Audio S.83 sowie Noise Criteria Curves Electronic Music Studios at the University of California, Santa Cruz

http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html

⁵ vgl. Electronic Music Studios at the University of California, Santa Cruz
http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html

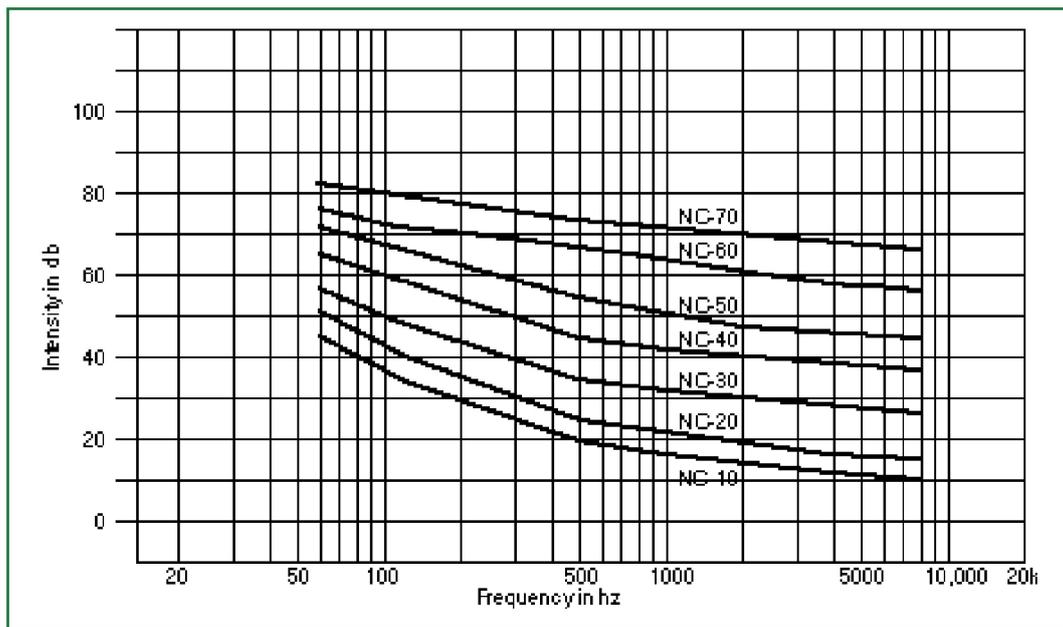


Abb. 3) NC Kurven

Quelle: http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html

Die in der vorangegangenen Tabelle ersichtlichen Messwerte ermittelt man, indem man mit einem Pegelmessgerät oktavbandweise den frequenzbezogenen Geräuschanteil ermittelt. Die Werte können sich aber in der Realmessung sehr unterschiedlich zu den Standard NC-Kurven verhalten. In diesem Beispiel ist bei 63 Hz der Raum NC-40, bei 250 Hz NC-35 zugeordnet. Doch gerade bei den tiefen Frequenzen ist besondere Vorsicht geboten, da in diesem Frequenzbereich oft die Ursache für schlechte Präsenz und unklare Klangverhältnisse liegt. Das bedeutet, dass der Raum in den Frequenzbereichen, die der NC Norm nicht entsprechen, akustisch verbessert werden muß. Es gibt jedoch unterschiedliche Ansichten dazu. Man kann sagen, daß ein Ansteigen des Geräuschanteils in tieferen Frequenzen toleriert werden kann, aber das Gehör ist in *diesem* Bereich sehr unempfindlich und Nuancen eines Mixes können sich in diesen Grenzbereichen der Hörbarkeit abspielen.

2.2 Abhörprobleme und ihre Folgen

Die Abstimmung der Abhörmonitore sowohl bezüglich der Position im Raum als auch das Verhältnis der Lautstärke des LFEs relativ zu den Satelliten können bei schlechter Abstimmung eine objektive Beurteilung unmöglich machen. Welche Probleme durch nicht optimale Räume und schlechtes Bassmanagement der Abhörmonitore entstehen können, erlebte ich, als ich meine erste Mischung im Studio u3 von Oliver Szczypulla angefertigt habe und sie zu Hause auf Kompatibilität prüfte. Der Subwoofer war zu stark eingestellt gewesen. Daraus folgte, dass die Mischungen zu dünn und spitz waren. Im Studio selbst war dieses Phänomen kaum spürbar gewesen und nur unterschwellig wahrgenommen worden. Nach neuer Einmessung und Überprüfung mit Referenz-Alben konnte dieses Problem weitestgehend behoben werden. Die Probleme des Abhörtraumes bezüglich der Hörbarkeit aufnahmebedingter Resonanzprobleme äußerte sich jedoch erst später im Masteringstudio, in dem die Hörbedingungen wesentlich genauer und linearer waren. Der Regieraum im u3-Studio ist mit 15 Quadratmetern Fläche zu klein, um gerade im Tiefbassbereich, adäquate Beurteilungen vorzunehmen. Neben den raumakustischen Gegebenheiten spielen Bauweise und Wiedergabeeigenschaften der Lautsprecher eine maßgebliche Rolle.

2.3 Das Monitor-System

Die Lautsprecher müssen von höchster Güte und Qualität sein. Bob Katz bezeichnet das Monitorsystem als des „mastering engineer’s audio microscope“. ⁶ Es sollte in seinen subjektiven, klanglichen Eigenschaften eine hohe Anhängerschaft haben und dem Mastering-Ingenieur in seiner Wiedergabetreue bestens vertraut sein.

Im Falle einer 5.1 Abhöre bedarf es 5 gleicher Lautsprecher, entweder als Fullrange, oder als Satellitensystem mit Subwoofer. Welches System das bessere ist, kann nicht klar erläutert werden. Letztlich entscheidet auch hier die Hörerfahrung des Ingenieurs und die technische Linearität des Systems in Bezug auf die folgenden Parameter. Die Chassis sollten über einen großen Headroom verfügen, was bedeutet, dass trotz lauter Schalldruckpegel eine verzerrungsfreie Wiedergabe gewährleistet sein sollte. Konkret werden mindestens 103 dB SPL mit weniger als 1% harmonischer Verzerrung angegeben. Ist der Headroom kleiner, kommt es zu Verfremdungseffekten durch das Chassis selbst, die eine realistische Beurteilung der Klangqualität einer Musik unmöglich machen. ⁷ Das Klangbild verändert sich sowohl in

6 vgl. Katz, (2007) Mastering Audio, S.83

7 vgl. ebd. (2007) S.194 ff.



seiner Dichte als auch im spektralen Verlauf der Hüllkurve. Außerdem wird durch diesen Effekt, ähnlich wie bei sehr stark dynamikbearbeitetem Stereo-Audiomaterial, der räumliche Eindruck verändert.

Der Frequenzgang der Lautsprecher und der dazu gehörigen Verstärker sollte bis 60Hz linear verlaufen, also keine über- oder unterbetonten Frequenzbereiche aufweisen.⁸ Idealerweise stehen dann noch zwei Subwoofer zur Verfügung, die das Satellitensystem im Tieffrequenzbereich bis hinab auf 25 Hz erweitern können. Als Richtwert zu deren Headroom werden mindestens 113 dB bei idealer Weise 1% THD (total harmonic distortion = die Summe aller harmonischen Verzerrungen, wobei bei guten Systemen die harmonischen, also geradzahligen harmonischen Vielfachen dabei als angenehmer und weniger verzerrt wahrgenommen werden.)⁹ 3% sind jedoch in der Praxis eher realisierbar und werden daher von vielen Ingenieuren akzeptiert. Das Monitorsystem sollte an eine Monitormatrix angeschlossen sein, die im Bassmanagement sehr vielseitig und flexibel ist und geringe Verzerrungswerte aufweist.¹⁰ Sie sollte mehrere Kalibrierungen speichern und reproduzieren können. Beispielsweise bei Filmtone- und Musikproduktionen gibt es unterschiedliche Referenzanforderungen. Mit einer „merkfähigen“ Matrix erspart man sich die Umkalibrierung der Monitorvorverstärkung mit Messinstrumenten. Man setzt einmal jedes erdenkliche Setup auf und schaltet bei Bedarf um. Mittels einer umfangreichen Monitorkreuzschiene mit Selector sollte man sowohl digitale Quellen, die über den Transfer DAC analogisiert sind, als auch rein analoge Quellen zum Abhören anwählen können, damit man beispielsweise auch nur das Ausgangssignal *eines* analogen und *eines* digitalen Effektes vergleichen kann.

2.4 Das Masteringstudio – Schematischer Aufbau des Signalflusses

In einem Masteringstudio ändern sich die Anforderungen an die Studioumgebung teilweise stündlich, weil das jetzt zu bearbeitende Produkt vollkommen andere Bedürfnisse hat als das zuvor bearbeitete. Um für diese Grundanforderung ein gutes Setup zu finden, sollte man gewissen Komponenten besondere Aufmerksamkeit widmen. In Abbildung 4) soll ein grundsätzlicher Überblick über die Struktur des Signalflusses eines Mastering Studios gegeben werden.

8 vgl. ebd. (2004) S.194

9 vgl. Goertz: Lautsprecher. in: Weinzierl [Hrsg] Handbuch d. Audiotechnik, Kap. 8, S.479.

10 vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S.194

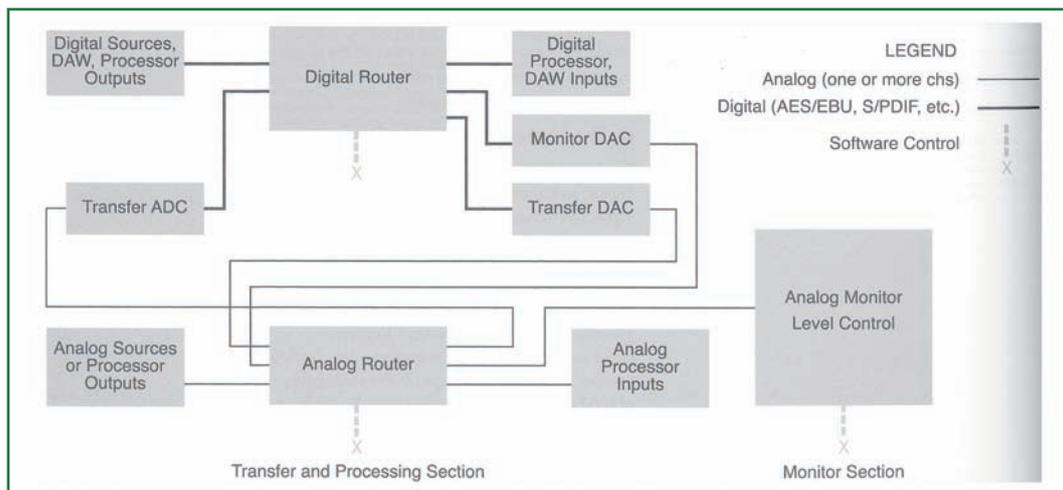


Abb.4) Katz (2007) Mastering Audio S.38

Man sieht, dass in einem Masteringstudio viele Ein- und Auspielwege gegeben sein müssen, um möglichst flexibel arbeiten zu können. Zunächst sollten die Geräte untereinander, sowohl digital als auch analog, mit einem Router oder Switch verbindbar sein, mittels AD-Converter (Transfer ADC) öffnet man die Tür zur analogen Gerätwelt und umgekehrt mit dem DA - Wandler (Transfer DAC). Die Wandler sollten von höchster Güte und Jitter-immun sein. Jitter (engl. für Zittern) kann als zeitliche Varianz eines Datenbits im Bezug auf seine Soll-Position verstanden werden. Man unterscheidet 2 Arten von Jitters; den Clock Jitter, der von instabilen Taktgeneratoren herrühren kann, und den Signaljitter. Dieser entsteht auf dem Übertragungsweg und hängt mit der Kapazität des Übertragungskabels zusammen. Außerdem gilt: Je höher die bit-Auflösung, desto kleiner das Zeitfenster der Varianz. Beispielsweise sind bei 16 bit noch 10 ns (Nanosekunden) akzeptabel, während bei 24 bit nur noch 0,1 - 1ns ohne Folgen für das Stereobild und das Grundrauschen eines Audiosignals bleiben. Dies bedeutet für Taktgeneratoren oder Wandler, dass sie äußerst zeitstabil funktionieren müssen.¹¹

Idealerweise lässt die Peripherie Zugriff und Verbindung von jedem Gerät zu jedem anderen Gerät zu, um alle Möglichkeiten der vorhandenen Bearbeitungsgeräte voll ausschöpfen zu können. Digitale Quellen können DAW, Zuspeler, (wie DAT und CD/DVD-Player) oder die Ausgänge digitaler Effektprozessoren, (wie Kompressoren, Limiter, Equalizer, Hallgerät oder Rauschunterdrückungssysteme) sein. Analoge Quellen können Plattenspieler, DVD/CD-Geräte ohne digitalen Ausgang, Bandmaschinen oder analoge Effektgeräte sein. Analoge Effekte sind in der Regel Equalizer und Kompressoren.

11 vgl. Slavik: Anschluss Technik, Interfaces, Vernetzung. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d. Audiotechnik S. 1010 f.



Als Signalknoten in diesem Studio sind die Routing-Einheiten zu nennen. Sie garantieren wahlfreien Zugriff auf jedweden Ein- oder Ausgang des Studiokomplexes. Aus diesem Grund werden an diese Geräte ebenso hohe Anforderungen an Verarbeitung und Zuverlässigkeit gestellt, wie es bei Effektgeräten als Selbstverständlichkeit vorausgesetzt wird.

2.5 Die Signalverteilung - digital

Der digitale Router verbindet alle digitalen Quellen untereinander. Ein Ausgang kann auf mehrere Eingänge gelegt werden. Umgekehrt bedarf es jedoch eines Digitalmischpultes. Für kleinere Studios kann ein 16X16 Router genügen. Je nach Anforderung kann bei Mehrkanalmastering (5.1 & 7.1) der Kanalbedarf so groß werden, daß man 128X128-Matrizen benötigt. Man unterscheidet synchrone und asynchrone Router.¹²

Synchrone Router sind innerhalb einer Session an Samplerraten und Protokollformate (nur AES EBU oder nur MADI) gebunden. Sie werden über einen festen Synchrontakt, der für alle Peripheriegeräte gelten muss, synchronisiert. Der Vorteil dieses Typs ist, dass man mitten in der Session Quellen umschalten kann, ohne die Synchronisation zwischen den Geräten zu verlieren, was beispielsweise einen AB-Vergleich von Bearbeitungsschritten ohne hörbare Umschaltpause gewährleistet.¹³

Asynchrone Router sind flexibler im Umgang mit unterschiedlichen Signalformaten. Sie ermöglichen bspw. den Parallelbetrieb von SPDIF-Quellen, AES/EBU Quellen sowie MADI in einer Mastering-Sitzung. Sie können Synchronsignalunabhängig jedwede Wordclock parallel betreiben und sind ebenso unabhängig von der Wortbreite der zu verteilenden Signale. Man spricht dann von Bit-Transparenten Routern, weil sie die eingehenden Signale nicht neu berechnen und wieder aufbereiten, sondern das Signal einfach durchschalten, was bedeutet, dass die Ausgangssignale wirklich identisch zu den Quellensignalen bleiben.

Meist sind sie über einen Rechner mit einer Ansteuerungssoftware mit grafischer Bedienoberfläche oder über einen Hardware-Controller bedienbar, der verschiedene Routing-Setups speichern und wiederherstellen können.¹⁴

12 vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S. 39

13 vgl. ebd. (2007)

14 vgl. ebd. (2007)

Wie man sieht, hat jedes Gerät seine Vorzüge, die in einer Studioumgebung ihren Sinn erfüllen können. Die optimalste Situation wäre also, beide Geräte zu kombinieren, um von den jeweiligen positiven Eigenschaften profitieren zu können.

2.6 Die Signalverteilung - analog

In der Regel sind analoge Router passiv und reine Umschalteneinheiten, die aus hochwertigen Materialien bestehen sollten, um durch die Umschaltmomente des Schalters oder die Kontaktübergänge bei Steckverbindungen keine Verzerrungen hinzuzufügen. Standardkreuzschienen ohne Relaisschaltung sind in dieser Anforderung bei weitem nicht so zuverlässig. Auch die verwendeten Kontakteinheiten der Buchsen haben maßgeblichen Einfluss und sollten von hoher Güte bezüglich des Materials und dessen Verarbeitung sein.¹⁵

2.7 Ein Beispiel eines möglichen Setups - Geräte und ihre Verschaltung.



Abb 5) Foto der Regie 2496 Mastering

Als Anschauungsbeispiel möchte ich hier kurz den Aufbau des Studios 24-96 Mastering von Robin Schmidt in Karlsruhe beschreiben, in dem das Album gemastert wurde und die Möglichkeit gegeben war, diesen Prozess zu begleiten und zu analysieren. Die Struktur und Verschaltung der einzelnen Komponenten ist meist Geschmacks- und Erfahrungssache. Das hier dargestellte Beispiel ist also nicht das Muss für jedes Studio, sondern entwickelte sich aus Bedürfnissen und dem Arbeitsfluss des Ingenieurs. Dennoch werden grundlegende

15 vgl. ebd. (2007) S.40



Schnittstellen und Komponenten erwähnt, um Einblick in ein Mastering Studio zu geben. Das Herzstück des Studios ist ein PC, auf dem die digitale Nachbearbeitung der Alben stattfindet und der als Hauptzuspieler und Editingstation verwendet wird. Als Software wird Wavelab von Steinberg genutzt. Alle Audiosignale werden im AES / EBU Format digital mittels einer hochwertigen Soundkarte im PC ausgegeben und aufgenommen.

In der Regel werden heute Dateien der einzelnen Songs bereitgestellt, die mit einer DAW am einfachsten zu verwalten und zu bearbeiten sind. Weiterhin sind in der DAW diverse Lautheits-Bearbeitungs- sowie Raumsimulations- und Filter-PlugIns installiert, die zur Bearbeitung herangezogen werden können. Werden andere Quellen, wie Bänder oder Vinylscheiben zu Master- oder Restaurationszwecken angeliefert, müssen diese also zuerst digitalisiert werden.

Hierfür steht ein 16-Kanaliger AD/DA-Wandler von Mytek zur Verfügung. Das Gerät arbeitet mit Abtastraten von bis zu 192 kHz und kann eine Wortbreite von 24 bit auflösen. Diese Technik gewährleistet eine weitgehend verlustfreie Wandlung von digitalen zu analogen Komponenten. Alle Signale werden im AES/EBU Format an die digitalen Peripheriegeräte verteilt. Die analogen Geräte liegen über symmetrische Line-Pegel Anschlüsse am Wandler an und werden so wieder in die digitale Domäne zurückgeführt bzw. bekommen vom Wandler das zuvor digitale Signal analog zugespielt.

Als analoges Outboard können 3 Kompressoren (Manley Vari-Mu, Requisite L2M MK II und den TubeTech SMC - 2B; ein Multibandkompressor), die auf Röhrentechnik basieren, sowie einen Class A FET Kompressor von CraneSong verwendet werden. Zudem stehen zwei analoge, zweikanalige Filtereinheiten (Sonteq 250 A und Avalon 2077) zu Verfügung.

Die Geräte sind wie folgt in Reihe geschaltet:

DAW out - DA-Wandler - Avalon 2077 - Crane Song STC-8 - Manley Vari Mu - Tube Tech smc-2 b- Requisite L2M - SonTeq 250A - AD-Wandler - DAW in

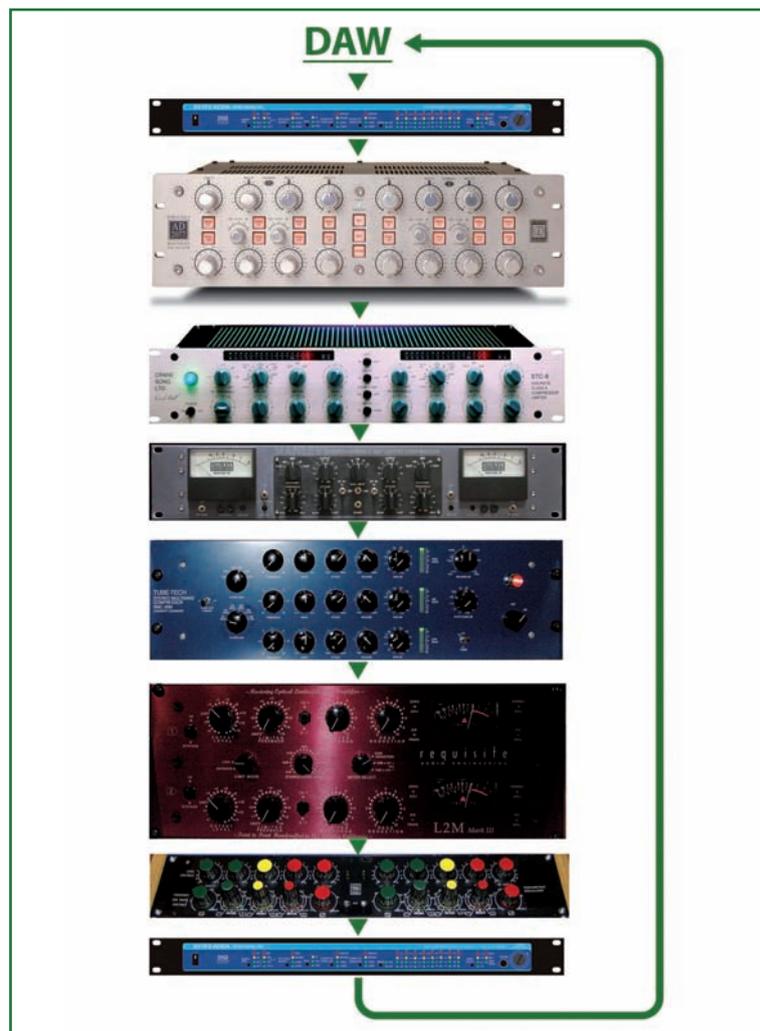


Abb. 6) Skizze Verschaltung des Studios von 24_96 Mastering

Innerhalb der DAW lässt sich das analoge Outboard als Insert in die digitale Kette einfügen. Weiteres zu den Geräten und Ihrer Verwendung wird in Kapitel 5 beschrieben, in dem auf den Ablauf der Klang- und Dynamikbearbeitung anhand der Albumproduktion näher eingegangen wird.



Das Abhör-Routing der Signale werden mit einem Martinsound Multimax EX Surroundcontroller verwaltet, der nahezu alle gängigen Surroundformate von Dolby® Digital (AC-3), Dolby® Surround (Pro-Logic) über SACD und DVD-Audio bis hin zu IMAX und HDTV verarbeiten und hörbar machen kann. Dies bedeutet eine maximale Formatflexibilität, die in solch einem Studio unerlässlich ist. Von hier aus können bis zu 7 Satelliten-Lautsprecher und ein LFE (Low Frequency Emitter, oft auch Subwoofer genannt), sowie ein kleines zweikanaliges Stereo-Nahfeld-Monitorsystem und eine Mono-Abhöre frei wählbar betrieben werden. Als Monitore werden fünf Lipinski 707 Lautsprecher in Kombination mit einem aktiven Genelec 7070 LFE verwendet, die mit handgefertigten Ritterbusch- Mono-Endstufen angetrieben werden.

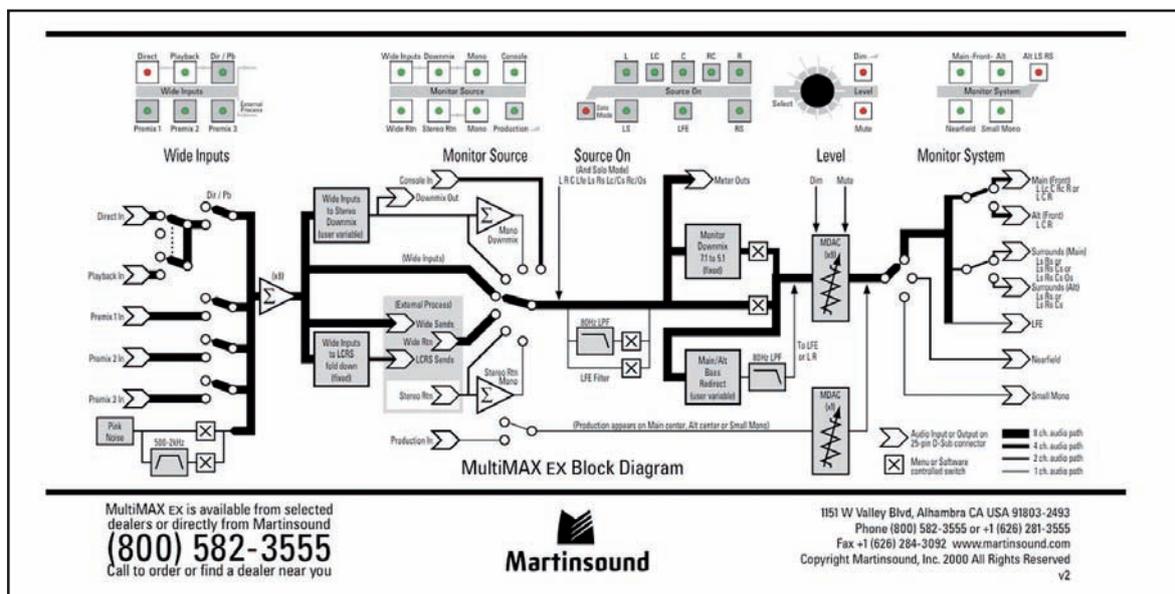


Abb. 7) Screenshot Martinsound Blockschaltbild Herstellerfoto in der Bedienungsanleitung

Alles in allem sieht man, wenn man Datenblätter und Meinungen durchforstet, dass sehr hochwertige Komponenten verwendet werden, die auf Grund ihrer Integrität geschätzt und benötigt werden. Gerade in der analogen Domäne muss ein hohes Maß an Verarbeitungsqualität und Musikalität sowie eine geringe Toleranz erfüllt werden. Welche Geräte nun die „Besten“ sind und zum erwünschten Ziel führen, hat viele subjektive Hintergründe und bleibt auf eine gewisse Art Geschmacksache. Dennoch sehen wir hier Komponenten, die in anderen Studios ebenso viel Zuspruch finden und als gängig bezeichnet werden können. Weil das Angebot in diesem hohen Qualitätssegment an Hard- und vor allem Software über die Jahre sehr

umfangreich geworden ist, kann man keine allgemein gültige Aussage machen, welche Geräte oder Programme besonders gut sind. Die hier aufgezeigten Geräte haben jedoch enormen Zuspruch und können als „Klassiker“ bezeichnet werden.

Ein ebenso wichtiger Aspekt ist die Anwenderfreundlichkeit der Geräte, besonders in Bezug auf die Reproduzierbarkeit eines Ergebnisses. Wenn der Kunde nach der Masteringsession noch Korrekturwünsche anmeldet, sollte das im Studio festgelegte Ergebnis wieder genau gleich reproduzierbar sein. Dies ist vor allem bei analogen Hardwaregeräten nötig, da gerade in diesem Sektor die Wiederherstellung eines Ergebnisses schwieriger umzusetzen ist. Die Hersteller masteringfähiger Geräte verwenden aus diesem Grund Potentiometer mit festen, diskreten Wertstufen, damit eine Revision einer Session an dem zuerst festgelegten Ergebnis anknüpfen kann und die Einstellungen eine geringstmögliche Toleranz aufweisen. Geräte, die herstellerbedingt keine diskreten Werteinstellungen zulassen, werden oft nachträglich modifiziert. In der DAW ist eine Wiederherstellung auf Grund der non-destruktiven Arbeitsphilosophie und den Speichermöglichkeiten für PlugIn Einstellungen dagegen völlig unproblematisch.

Geräte alleine machen jedoch noch kein gutes Master. Der Ingenieur, der die Geräte bedient, entscheidet, was er mit ihnen erreichen will und in welchem Maße sie zum Einsatz kommen. Ohne seine Fähigkeiten und Einschätzungen kann die Peripherie ihre Wirkung nicht entfalten. Deshalb liegt es nahe, im Folgenden die Voraussetzungen und Fähigkeiten eines Mastering-Ingenieurs aufzuzeigen und dabei grundlegendes Wissen betrachten und erläutern zu können.



3 Fähigkeiten und Voraussetzungen

Hören ist zunächst eine subjektive Angelegenheit. Da das menschliche Gehör die Fähigkeit besitzt, als irrelevant bewertete Informationen herauszufiltern und den Fokus auf bestimmte Teile der Hörereignisse zu legen, gilt es, sich diese Gegebenheit bewusst zu machen und zu nutzen.

Im Alltag gehen feine Informationen eher verloren, weil man zunächst auf die wesentliche, gehörte Information eingeht. Beispielsweise konzentriert man sich bei einem Gespräch auf einem Jahrmarkt auf die Sprachverständlichkeit und den Inhalt des Gesprochenen. In der Regel macht sich in diesem Moment niemand bewusst, wie die Stimme des Sprechenden beschaffen ist oder welche Klangeigenschaften die Musik vom Jahrmarkt hat. Doch wie kommt es, dass wir zu solchen Leistungen in der Lage sind und wie lassen sich diese Vorgänge definieren? Hierzu gibt es viel Literatur, mit der man sich ein umfassendes Bild vom Gehör und seinen Eigenschaften machen kann. Zu Beginn dieses Kapitels werden kurz einige Grundbegriffe der Psychoakustik beschrieben, die bei der Beurteilung von Tonaufnahmen, oder allgemein bei der Wahrnehmung und Beurteilung von Hörereignissen eine maßgebliche Rolle spielen. Diese Grundlagen sind essentiell, um ein umfassendes Verständnis zur Betrachtung akustischer Gestaltung zu ermöglichen und mit dem Wissen mögliche Herangehensweisen besser darstellen sowie Gegebenheiten innerhalb einer Mischung zuverlässig bewerten zu können.

3.1 Psychoakustische Grundlagen zum Gehör

Um die einzelnen Phänomene und Vorgänge eines Hörvorgangs aus psychoakustischer Sicht besser beleuchten zu können, haben zahlreiche Wissenschaftler sich umfassende Gedanken zu Modellen der Abläufe und Gesetzmäßigkeiten eines Hörereignisses gemacht und diese in vielen Versuchsreihen belegt.

Im Rahmen dieser Arbeit werden einige Grundbegriffe noch einmal kurz ins Gedächtnis gerufen, um auch dem damit weniger vertrauten Leser ein grundlegendes Verständnis der Rezeption von Schallereignissen und den damit verbundenen Gesetzmäßigkeiten zu geben. Einen tieferen Einstieg in diese Thematik ermöglichen beispielsweise J.G.Roederers „Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik“ und Eberhard Zwickers Standardwerk „Psychoacoustics - Facts and Models“

3.1.1 Lautstärkepegel und Lautheit

Wie wir bereits erfahren haben hat das menschliche Gehör die Eigenschaft auf unterschiedliche Frequenzen unterschiedlich empfindlich anzusprechen. Wenn man als Versuchsanordnung einen Sinuston mit einem konstanten Pegel durch das Hörspektrum (beispielsweise 60 Hz – 18kHz) durchlaufen lässt, dann scheint der Ton mit zunehmender Frequenz lauter zu werden. Ab ungefähr 4 kHz kehrt sich das Phänomen um und der Ton scheint leiser zu werden. Der Schalldruckpegel bleibt dabei unverändert. Im Zuge dieser Beobachtungen hat man Versuche angestellt und ist zu einer Darstellung des Phänomens in Form einer Grafik gekommen. Es handelt sich hierbei um die Kurven gleicher Lautheit, auch Fletcher-Munson Kurven genannt.

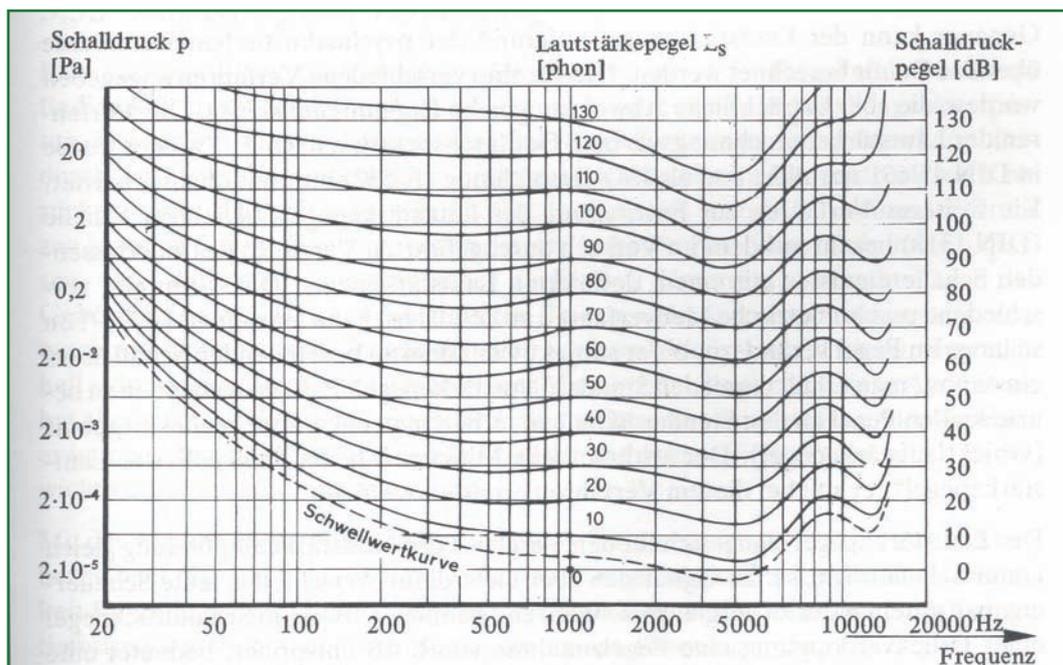


Abb. 8) Fletcher-Munson Kurven Dickreiter (1997) Handbuch der Tonstudientechnik, S. 111

Sie zeigen das Maß an, um das ein Ton, für den das menschliche Ohr weniger empfindlich ist, mehr Intensität besitzen muss, um im Vergleich zum optimalen Hörbereich (der beim Menschen ungefähr zwischen 1 und 5 kHz liegt) gleich laut empfunden zu werden. Abbildung 8) veranschaulicht diese Verläufe. Der optimale Hörbereich, das so genannte Hörfeld, wird in Abbildung 9) dargestellt. Sie zeigt uns den Intensitäts- und Frequenzbereich, in dem das menschliche Gehör hauptsächlich arbeitet und die Ober- und Untergrenzen, sowohl



bezogen auf die Schallintensität (y-Achse) als auch in Bezug auf die Frequenzwahrnehmung (x-Achse).

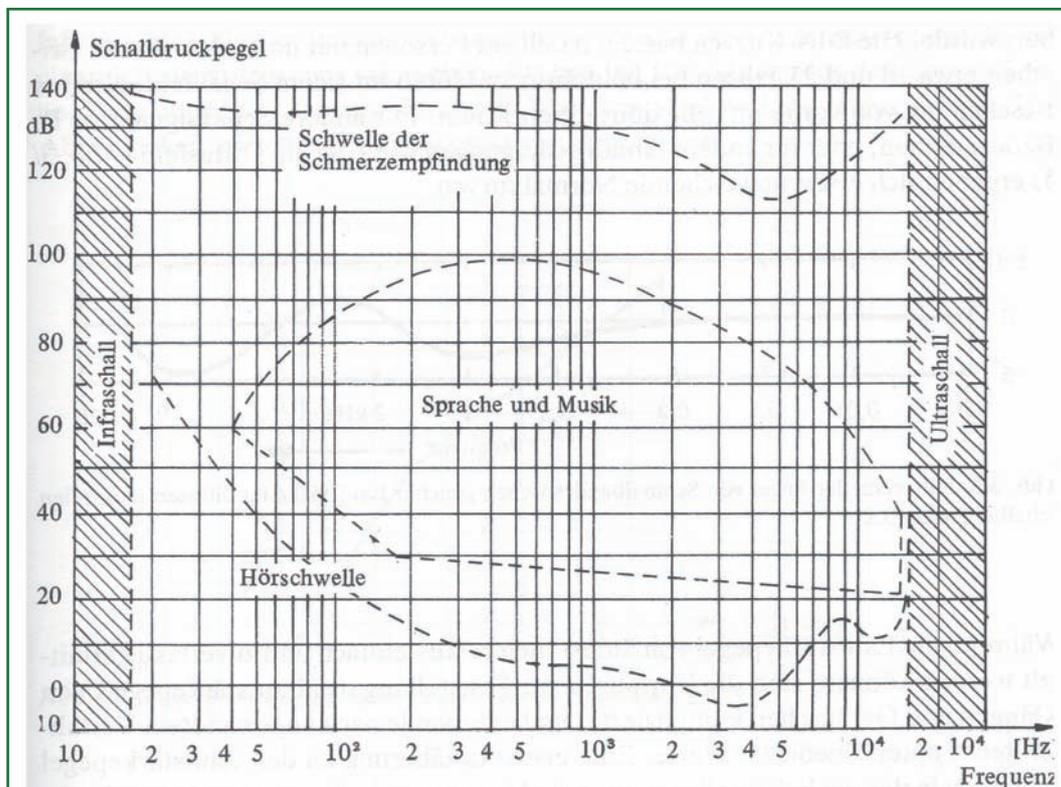


Abb. 9) Hörfeld aus Dickreiter (1997) Handbuch der Tonstudioteknik, S. 111

3.1.2 Anpassung, Vor- und Nachverdeckung

Wie in der Einleitung dieses Kapitels erwähnt wurde, ist das Ohr in der Lage, Anteile eines Hörereignisses zu bewerten und je nach Relevanz, das Hörereignis auszublenken. Es schafft sich aus den vielschichtigen Anteilen der ankommenden Reize ein Bezugssystem, an dem es sich zur Beurteilung von Eigenschaften wie laut, leise, heller Klang oder dunkler Klang etc. anhand eines Mittelwertes orientiert. Man nennt dieses System Anpassungsniveau. Das Gehör passt sich an die Hörsituation an, was zur Folge hat, dass bestimmte Anteile, wie Rauschen oder Brummen, in den Hintergrund gerückt oder gar vollständig ausgeblendet werden. Das Gehör gewöhnt sich daran und bewertet die Information des Reizes als unwichtig. Dies wird in unserem Fall dann relevant, wenn sich das Gehör bspw. innerhalb einer Session an einen Wiedergabepiegel gewöhnt hat und dadurch die Beurteilung des Audio-Materials nicht mehr die Objektivität aufweist, die nötig ist, um ein fehlerfreies Endprodukt abgeben zu können.

Ein weiteres Kriterium in diesem Zusammenhang ist die Verdeckung. Dazu kommt es, da „[...] ein auf das Gehör einwirkender Reiz gleichzeitig die Empfindlichkeit für andere Reize herabsetzt. Allgemein gilt, daß ein höher frequenter Schall einen tiefer frequenten Schall nur dann verdeckt, wenn der Frequenzabstand gering ist. Ein Schall tieferer Frequenz verdeckt einen höherfrequenten Schall nur dann, wenn die Intensität des tieferfrequenten Schalls vergleichsweise groß ist. Verdeckungserscheinungen gibt es nicht nur für gleichzeitige Signale, sondern auch für zeitlich aufeinander folgende Signale.“ Man spricht dann von der Nachverdeckung. „Die Nachverdeckung lässt Signale, die auch bei simultaner Darbietung verdeckt werden, nach abschalten des verdeckenden Signals eine kürzere Zeit lang unhörbar bleiben“¹⁶ Die Vorverdeckung erklärt sich dadurch, dass das Gehör bei der Verarbeitung eines Schallereignisses oder eines Reizes, einem lauterem Schallereignis eine höhere Priorität als einem leiseren einräumt. Dies impliziert auch eine schnellere Verarbeitung im neuralen System des Gehörs, was zur Folge hat, dass der lautere Reiz den leiseren im Processing in einem Zeitfenster von bis zu 20ms zwischen leisem Reiz und lauterem Reiz „überholt“.¹⁷

3.1.3 Rauigkeit und Schärfe

Rauhigkeit und Schärfe eines Klangs sind Begriffe die sich zur Beschreibung von Klangeigenschaften gut eignen und mit dem Gehör relativ leicht erfasst werden können.

Von Rauigkeit spricht man, wenn innerhalb eines Klangereignisses schnelle Pegelschwankungen stattfinden, also wenn die zeitliche Struktur des Schalls amplitudenmoduliert wird. Am stärksten ist dieser Effekt bei etwa 17 Schwankungen pro Sekunde. Die langsameren Schwankungen werden als Tremolo oder Vibrato wahrgenommen.¹⁸

Die Schärfe eines Klanges ist definiert als eine wesentliche Komponente der Klangfarbe, die unabhängig von der Rauigkeit zu beurteilen ist. Sie wird durch die spektrale Hüllkurve eines Klanges akustisch charakterisiert. Nach Zwicker hat sich herausgestellt, „[...]daß der Schwerpunkt der Verteilung der spezifischen Lautheit über der Tonheitsskala ein brauchbares Maß für die Schärfe ist, wenn das starke Ansteigen der Schärfe nach hohen Frequenzen hin zusätzliche Berücksichtigung findet.“¹⁹

16 vgl. Zwicker (1982) Psychoakustik, S.94

17 vgl. Dickreiter (1997) Handbuch d. Tonstudioteknik, S.113 f

18 vgl. Dickreiter (1997) Band 1, S. 72 sic

Dickreiter erwähnt 70 Schwankungen pro Sekunde, was einen hörbaren tiefen Ton ergäbe. Daher Bezug auf Vorlesungsaufzeichnungen Tontechnik 1 bei Professor Oliver Curdt an der Hochschule der Medien, Stuttgart.

19 vgl. Zwicker (1982) Psychoakustik S.84 f. / S.148 f.



In Bezug auf die Arbeit des Masters bedeutet dies, daß man die Schärfe oder auch Härte eines Klangbildes durch Erhöhen oder Reduzieren der oberen spektralen Anteile beeinflusst werden kann. Dies gilt ebenfalls für eine Absenkung oder Anhebung im tieferen Spektrum. In Kapitel 5 wird auf diesen Zusammenhang näher eingegangen. Die folgende Tabelle (Abb. 10) vermittelt einen Überblick über die sprachliche Definition einiger Klangeigenschaften, die sinnvoll sind.

Klangfarbenempfindung	Zusammensetzung des Klangs
Voller Klang	Dominanz des Grundtones und der Teiltöne bis etwa zum 8. Teilton
Leerer Klang	Dominanz der hohen und höchsten Teiltöne gegenüber den tiefen Teiltönen
Harter, scharfer, rauher Klang	Dominanz des Grundtones und zugleich Hervortreten von Teiltönen oberhalb des 6. Teiltons
Weicher Klang	Dominanz von nur wenigen Teiltönen im tiefen Frequenzbereich des Klangspektrums bei zugleich geringer Spielstärke (Richtung piano)
Hohler, gedeckter Klang	Dominanz der ungeradzahigen Teiltöne (Beispiel: tiefe Klarinetttöne)
Offener, heller Klang	Dominanz geradzahiger Komponenten, besonders bei Betonung von Oktavkomponenten
Näselnder Klang	Dominanz von Teiltönen im Bereich von 2000 - 3000 Hz
Metallischer Klang	Dominanz sehr hoher Teiltonbereiche

Abb. 10) Zur Entwicklung der Klangfarbenwahrnehmung von Vorschulkindern
 Von Gabriele Schellberg <http://books.google.de/>

3.2 Hören als Mastering - Ingenieur

Einem Menschen, der mit Musik, Akustik und Tontechnik nicht vertraut ist, sind die vorangegangenen Begriffe in der Regel nicht bekannt und somit macht er oder sie sich diese Gegebenheiten auch nicht bewusst. Das heißt aber nicht, dass diese Phänomene für die Person nicht wahrnehmbar sind. Es fehlt lediglich das Wissen um die Phänomene allgemein sowie eine Definition der Beschaffenheiten eines Klangs oder psychoakustischen Phänomens. Wer sich mit Mastering, oder allgemeiner mit Tontechnik, beschäftigt kann das richtige Gehör dafür entwickeln. Worauf es dabei ankommt und wie man darauf hinarbeiten kann, soll nun im Folgenden besprochen werden.

Gehörtraining ist Gehirntaining. Die Beurteilung von Hörereignissen aller Art ist ein erlernter Vorgang, den man mit viel Übung weiter ausbauen kann. Besonders anschaulich wird dies, wenn man die Veränderung der Hörgewohnheiten heute im Vergleich zu denjenigen vor 40 Jahren oder früher näher betrachtet. Produktionen aus den 60er Jahren klingen oft dünn und flach. Aus damaliger Sicht, in Abhängigkeit zu den technischen Möglichkeiten dieser Zeit, waren sie das natürlichste Abbild einer musikalischen Darbietung. Die Ansprüche sind also nicht nur bei Musikern und Produzenten gestiegen, sondern mit den technischen Möglichkeiten unter den Zuhörern bis heute mit gewachsen. Wenn man als Toningenieur zu arbeiten beginnt, vergrößert sich mit jeder Produktion die technische Erfahrung. So auch die Hörerfahrung. Feinheiten werden immer bewusster und definierter wahrgenommen.

Der Mastering-Ingenieur muss sein Gehör jedoch anders ausrichten als ein Produktions-Toningenieur. Der Studio-Ingenieur, der Aufnahmen zusammenfährt und Mischungen gestaltet, achtet vorwiegend auf instrumentenbezogene Parameter, wie den Zusammenklang von Streichern mit dem Solisten oder den Klang einer Bassdrum. Sein Ohr führt die Einzelteile zu einem Ganzen zusammen und verbindet die Komponenten einer Band oder eines Orchesters zu einem Gesamtbild. Der Mastering-Ingenieur beurteilt dann das Ganze aus frequenzbezogener Sicht und beurteilt nicht nur die Wirkung innerhalb eines Titels, sondern bezogen auf ein ganzes Album. Er ist oft derjenige, der den Stil einer Band unterstreicht und auch das nötige Gefühl dafür hat, welchen Gesamtklang welches Projekt bzw. welche Band braucht. Steven Hoffman, Mastering-Ingenieur bei DCC, beschreibt diesen Umstand so: „Mastering is like putting an original painting in just the right light and then photographing it.“²⁰ Um dieses Gefühl zu entwickeln muss man immer in Übung bleiben. Zum einen durch aktives Trainieren spezifischer Themen, wie Frequenzen erkennen, die Tonalität eines Musikstils

erfassen oder Kammfiltereffekte und Phasenverschiebungen hören, während man produziert. Aber auch passives Training schult das Gehör immens. Beispielsweise kann man sich Fragen stellen wie: „Wie klingt dieser Lautsprecher im Vergleich zu den mir bisher bekannten?“ oder „Wodurch unterscheiden sich einzelne Musikproduktionen stilbedingt in ihrer spektralen und dynamischen Beschaffenheit?“

Das Schwierigste ist, die Brücke zwischen der eigenen Klangvorstellung und der tatsächlichen Umsetzung zu schlagen. Aber die Vorstellung ist das prägende Element, das den Weg zum gewünschten Ergebnis weist. Oft bringen Künstler ein Beispiel ihrer Vorstellung des Gesamtsounds als Hörbeispiel mit. Dies kann ein Album sein, das dem Stil der Musik nahe steht und als Referenz dienen kann, um bspw. das subjektiv empfundene Maß der Lautheit

20 vgl. Hoffman, Interview The Absolute Sound Issue #128



festzulegen oder das spektrale Gefüge zu definieren. Es ist von Vorteil, wenn man als Ingenieur dem Künstler eigene Vorstellungen und Charakteristika anbieten kann bzw. in der Lage ist, sich in die Vorstellungen und Wünsche des Künstlers hineinzuversetzen. Dies setzt sowohl stilistische als auch künstlerische Erfahrung in der Beurteilung von Musikmischungen voraus und stellt u. A. den Reiz an dieser Arbeit dar. Zudem gilt es eine Verbindung zwischen der physikalischen Welt des Ingenieurwesens und der Welt des Musikers aufzubauen, was in der Sprache beginnt.²¹ Musiker sprechen in der Regel nicht von Frequenzen und Zeitspannen in Millisekunden, sondern von Noten und Takten. E.J. Quinby stellte in den 40er Jahren eine grafische Darstellung (Abb. 11) zusammen, die die Frequenzwerte mit Noten und Instrumentenregister in Relation setzte.

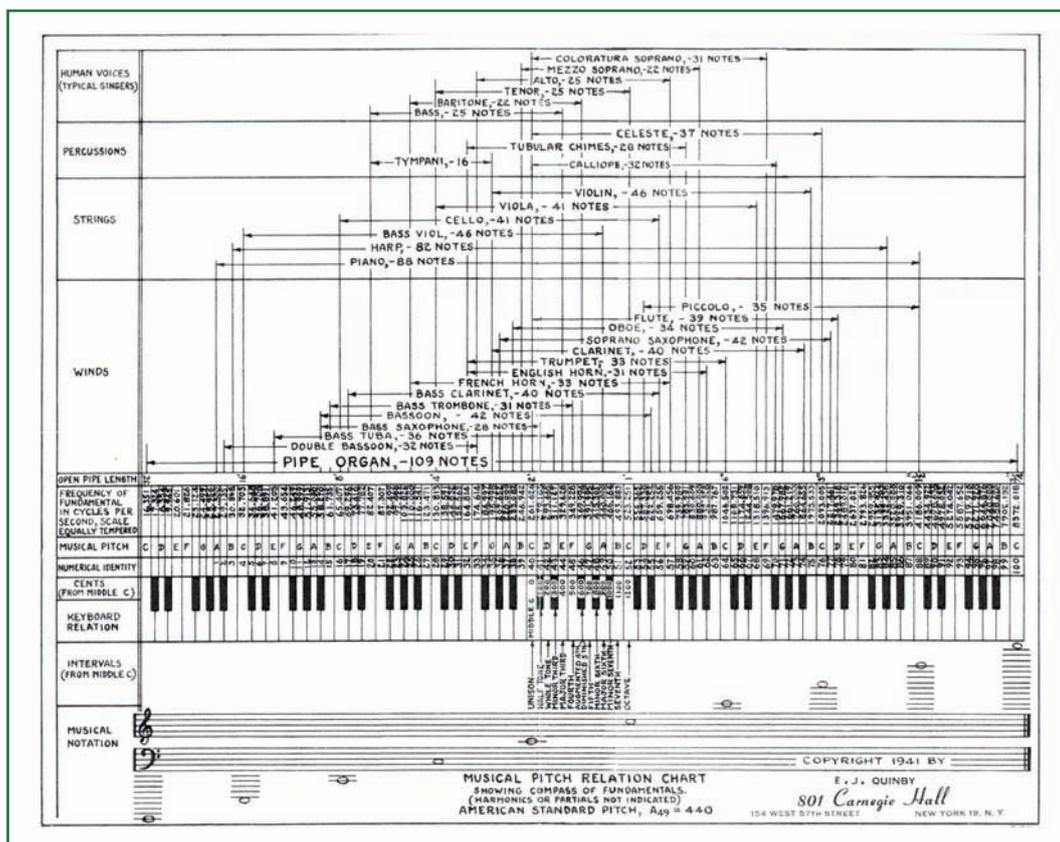


Abb. 11) E.J. Quinby's Zusammenstellung der Frequenzen in Bezug auf die Klaviatur und die spektrale Lage der Instrumente der klassischen Musik Beilage Katz, (2007) Mastering Audio

21 vgl. Katz (2007) Mastering Audio S. 45

Wenn man diese Informationen verinnerlicht hat, kann man dem beim Mastering anwesenden Künstler in seiner Sprache vermitteln, in welchem Bereich man bspw. mit dem Filter eingreift, ohne dabei von Frequenzen sprechen zu müssen, was den Künstler vielleicht eher abschrecken könnte. Das bedeutet jedoch nicht zwingend, dass man diese Sprache sprechen muss, um gute Arbeit machen zu können, aber es kann die beiden Seiten der Kunst und der Technik vielleicht besser miteinander verbinden.

Abbildung 12 bezieht sich auf die Ausdrucksweise für bestimmte Klangeigenschaften und ordnet diese dem entsprechenden Frequenzbereich zu. Es besteht dafür keine Norm, aber die Begriffe können international verstanden werden.

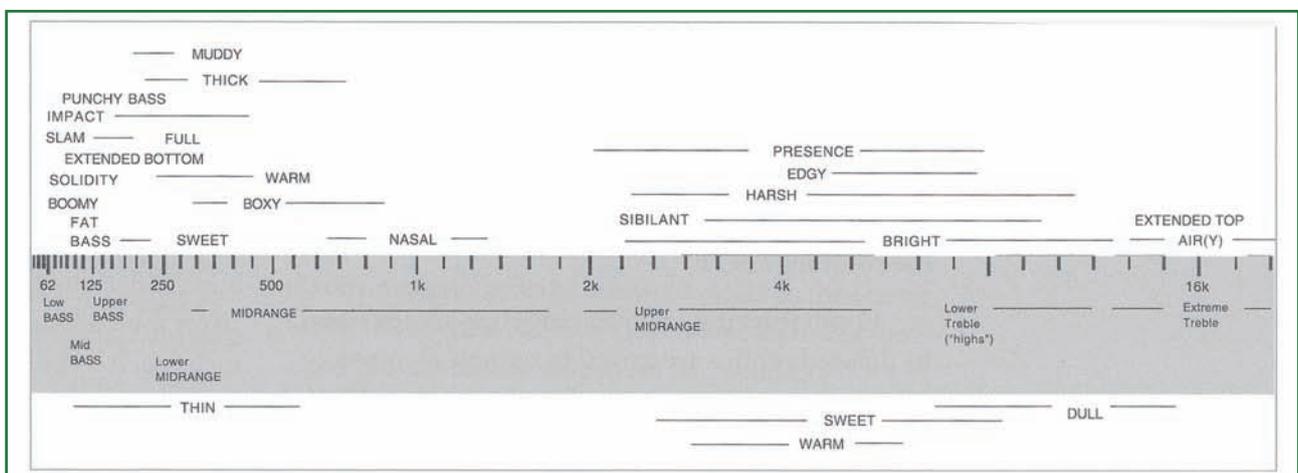


Abb. 12) Subjektive Klangeigenschaften und ihr Bezug zur Frequenz: Katz (2007) Mastering Audio S.47

3.3 Praktisches zum Thema Gehör

Neben den musikalischen und künstlerischen Aspekten gibt es viele technische und physikalische Zusammenhänge, die Klang und Qualität innerhalb eines Stückes beeinflussen. Der Mastering-Ingenieur muss in der Lage sein, sich schnell einen Überblick über die Beschaffenheit des zu bearbeitenden Materials zu verschaffen, um effektiv die notwendigen Korrekturen festzulegen und anzuwenden. Dazu ist eine umfassende Kenntnis der möglichen Parameter und deren Einfluss auf das Klangmaterial nötig. Daher sollen hier einige der Wichtigsten erläutert werden.



3.3.1 Frequenzen hören und Ihren Einfluss erkennen.

Dabei geht es prinzipiell um Tonhöhenwahrnehmung. Dies bezieht sich jedoch nicht auf das musikalische Hören. Es geht darum, aus einem bestehenden, vielschichtigen Klangbild über- oder unterbetonte Frequenzbereiche heraus zu hören. Da das Ohr Übertreibungen besser wahrnehmen kann als Absenkungen, empfiehlt es sich, mit einem grafischen oder parametrischen Equalizer terzbandweise durch das Signal zu gehen und sich dabei die Tonhöhenänderung bei Anhebung des Frequenzbereiches einzuprägen. Wenn man wenig Erfahrung hat empfiehlt es sich, mit einem sogenannten Rosa Rauschen anzufangen. Ein Rosa Rauschen besteht per se aus allen Frequenzen, die Intensität nimmt jedoch im Vergleich zu weißem Rauschen mit jeder Frequenzverdoppelung um 3dB ab.²² Wenn man in Übung ist kann man das gleiche Vorgehen auf Musik und andere Quellen anwenden. Die Übung schärft den Sinn für die Wahrnehmung fehlender oder übertriebener Frequenzbereiche, weil man den jeweiligen Fehler direkt als Ton oder hervorstechenden Teilton des ganzen wahrnehmen kann.²³

3.3.2 Limitierte Bandbreite

Signale, die in ihre Bandbreite begrenzt sind, zeigen klare Unterschiede zu realen Abbildungen mit voller Bandbreite. Der Mastering-Ingenieur muss erkennen, dass ein in seiner Bandbreite begrenztes Signal vorliegt. Das Problem hierbei ist, dass das Gehör in der Lage ist, fehlende Spektralanteile, die beispielsweise durch übertriebene High- oder Lowpass-Filterung entfernt wurden, in erheblichem Maß zu interpolieren. Dabei greift unser Ohr auf die harmonischen Obertöne zurück und errechnet sich die fehlenden Anteile. Das ändert jedoch nichts an der Tatsache, dass ein Signal mit der vollen Bandbreite natürlicher klingt. Für ein Endprodukt ist dies also nicht tragbar. Es gilt, die Effekte der Begrenzung zu kennen und die Auswirkungen auf die Räumlichkeit, Klarheit und Fülle des Klangs wahrzunehmen. Die folgenden Hörbeispiele zeigen je einen Auszug aus dem Song *Après Vous*.

 **HB Begrenzung 124 Hz mit 18 dB Flankensteilheit**

 **HB Begrenzung 19,3 kHz mit 18 dB Flankensteilheit**

22 vgl. Weinzierl: Grundlagen. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch der Audiotechnik, Kap. 1, S. 12.

23 vgl. Katz (2007) Mastering Audio S. 47

3.3.3 Kammfilter

Den Kammfiltereffekt lernt man als Tontechniker sehr früh kennen. Wenn man eine Stereoaufnahme mit zwei Mikrofonen auf einen Kanal legt, hört man, dass das Klangbild hohl und blechern klingt. Mit Abnahme eines der beiden Pegel nimmt der Kammfiltereffekt ab. Wenn der Pegel um mehr als 10 dB relativ zur 2. Quelle abfällt ist der Kammfiltereffekt nicht mehr relevant. Vor allem in der Raumakustik spielt er eine maßgebliche Rolle. In beiden Fällen handelt es sich um Interferenzen von Schallwellen. Kammfilterartige

Verformungen treten immer dann auf, wenn „[...] sich im Raum“ oder elektroakustisch „zwei hinreichend ähnliche Schallwellen überlagern.“²⁴

Beispielsweise überlagern sich elektroakustisch 2 Mikrofone, die dieselbe Quelle aus unterschiedlichen Positionen aufnehmen und zusammen Mono abgespielt werden oder raumakustisch das Direktsignal und eine reflektierte Schallwelle. „Aufgrund der Linearität der Wellengleichung summieren sich die Schalldrücke auf und es tritt in Abhängigkeit der relativen Phasenlage der beiden Wellen eine konstruktive oder destruktive Interferenz auf.“

²⁵ Daraus ergeben sich Überhöhungen und Einbrüche der Übertragungsfunktion, wie sie in Abbildung 13) gezeigt werden. Der Effekt kommt auch vor wenn bei Mehrspurbandmaschinen die Wiedergabe- oder Aufnahmeköpfe der Spuren nicht exakt zueinander justiert sind und so ein kleiner Zeitversatz von wenigen Mikrosekunden zwischen den Spuren entsteht.

24 vgl. Maier: Studioakustik. in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d.Audiotechnik Kap. 6, S. 282 f.

25 vgl. ebd.

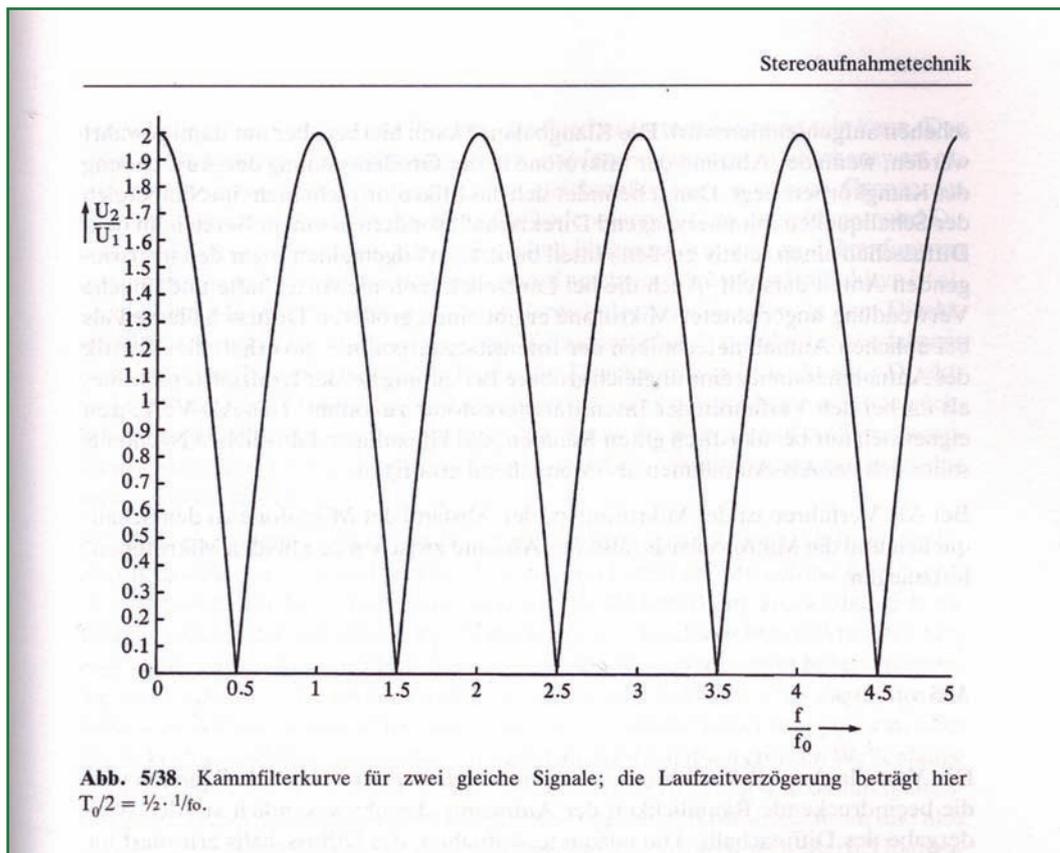


Abb. 13) Diagramm Kammfilter Kurvenverlauf Weinzierl, Handbuch d. Audiotechnik S. 283

HB Kammfilter/Phasenverschiebung

3.3.4 Verzerrungen

Besonders wichtig ist es, sowohl digitale als auch analoge Verzerrungen zu erkennen. Wird eine analoge Komponente zu sehr angefahren (Vorstufen clipping) oder der Ausgang verzerrt (Endstufen Clipping), äußert sich das physikalisch durch eine Verformung der Rundung des Sinusbogens. Es entsteht eine annähernd rechteckige Welle. Dabei werden Obertöne hinzugefügt, die das normale Klangbild dominieren. Ist die Verzerrung geringer, sind keine Verzerrungsartefakte wie Knistern und Knacken wahrnehmbar. Aber das Klangbild wird flacher und verliert an Ausgewogenheit und Tiefe.

Digitale Clippings äußern sich in der Regel durch Knacken. Clipping bedeutet, dass das Signal die Obergrenze des Systems - definiert als 0dB FS (Full Scale) - überschreitet. Da aber das letzte Bit innerhalb des digitalen Wortes diesen Zustand nicht aufzeichnen kann, bzw. keine Bits zur Aufzeichnung mehr vorhanden sind, wird diese Pegelspitze einfach abgeschnitten. Es ist also eine rechteckige Kante im Signalverlauf entstanden, die das System als Aussetzer wiedergibt oder durch die das Nutzsignal von einem Knacken überlagert wird. In der Regel gilt eine Überschreitung der 0 dBFS Grenze über eine Dauer >3 Samples als digital verzerrt und somit als Clip, den die DAW als rotes Clipping anzeigt. Diese Werte weichen jedoch unter den Herstellern ab. ProTools zeigt meist Clipping an, bevor der Grenzwert des Systems überschritten wird. Nach der Lautheitsbearbeitung am Ende des Premaster-Prozesses werden diese Artefakte sehr gut hörbar, wenn man bewusst clipt, um den heute häufig üblichen Lautheitswert zu erreichen. Der ungeübte Hörer kann sie leicht hörbar machen, indem man einen sogenannten Nulltest macht. Wie man einen Nulltest aufsetzen kann, wird in Kapitel 6.3 dargestellt und liegt auf der Daten DVD als praktisches Setup bei.



HB Analoge Verzerrung weniger stark und stark



HB Digitale Verzerrung +3dB über 0 dB

3.3.5 Weitere Artefakte und Probleme in Kürze

Zischen und Rauschen

Knacken und Dropouts:

neben dem digitalen Übersteuerungs-Knacken sind solche Artefakte oft bei falschen Sample-Raten zu hören und treten immer wieder zufällig innerhalb des Klangmaterials auf. Beispielsweise wenn Session-Samplerate und Studiotakt nicht übereinstimmen. Sie können aber auch durch defekte Sync-Kabelverbindungen zustandekommen, da es auch in diesem Fall zu unerwünschten zeitlichen Varianzen der digitalen Pakete kommen kann. In dem folgenden Hörbeispiel wurde die Synchronisation des AD-Wandlers (Waves L2 Limiter im Bypass Modus) geändert und auf „Intern“ gestellt, damit keine Kommunikation zwischen der DAW und dem Wandler möglich war. Die Synchronisationstakte der Geräte waren somit nicht mehr synchron.



HB Sync-Fehler

Analoge DropOuts:

sind kurze aber starke Pegelabfälle, die mit einer gedämpften Höhenwahrnehmung einhergehen.²⁶

Polaritätsfehler:

beispielsweise, wenn ein Lautsprecher falsch gepolt angeschlossen wird oder einer der beiden Stereokanäle ist in seiner Phase um 180° gedreht. Das Stereobild ist entkernt. Man kann keine Angaben machen, was auf welchem Kanal zu hören ist. Das räumliche Bild ist nicht definiert.



HB Polarität

Pumpen des Kompressors:

kann ein Gestaltungsmittel sein, worauf wir noch bei der Klangbearbeitung zu sprechen kommen.



HB Pumpige Kompression

Analoge Artefakte von Tonbändern:

wie Rauschen oder gluckern bei falscher Einmessung des Bandes.

Schlechte Schnittübergänge:

In extremen Fällen sind dies regelrechte Ausfälle von Teilen im Klangbild. Es gilt aber feinere Timingfehler oder zu schnelles Ein- beziehungsweise Ausblenden zu hören. Oft ist dies auch eine ästhetische Frage.

60 Hz US und 50 Hz Europa Netzbrummen:

deutet meist auf eine Erdschleife, oder eine schlechte Geräteabschirmung hin.

120 Hz und 100 Hz Brummen:

26 vgl. Maempel, Weinzierl, Kaminski: Audiotbearbeitung, in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d.Audiotechnik Kap. 13 S.772.

2. Oktave zur Netzfrequenz. Oft ein Indiz für schlechte Netzfilterung wegen defektem Kondensator.

180 Hz und 150 Hz Brummen:

3. Oktave zur Netzfrequenz. Meist Einstreuung eines Netzteils (bspw. Lichtdimmer o.ä.). Kann auch eine Erdschleife zwischen Gehäusen sein.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass Brummgeräusche oft von einzelnen Mikrofonen, Instrumenten oder Verstärkern herrühren. Daher empfiehlt es sich, solche Fehler bereits im Mischstudio zu beseitigen, soweit dies möglich ist. Oftmals reichen die Obertonanteile eines Brummsignals bis weit in das Nutzsignal hinein. Senkt man die hier genannten Frequenzen der Netze ab, können aus der Verdeckung der gefilterten Frequenz weitere Teiltöne des Brummens zum Vorschein kommen. Reichen diese Teiltöne in das menschliche Hörfeld zwischen 1 kHz und 5 kHz hinein, kann das Nutzsignal nach der Bearbeitung so stark verfärbt werden, dass es unbrauchbar wird.



4 Ein Rockalbum entsteht - Aufnahme und Mischung

Nach dieser ausführlichen Einführung möchte ich kurz auf die im Folgenden als Beispiel für die Arbeitsabläufe des Masterings dienende Produktion näher eingehen. Die Mischung des Albums ergab sich für mich über die Anfrage von Julian Schädler, Frontmann und Komponist der Band Siambok, im März 2009, der mir freundlicherweise das Material zu Anschauungszwecken für Hörbeispiele überlassen und so eine genauere Betrachtung des Masteringprozesses ermöglicht hat. Es handelt sich dabei um ein Rockalbum, welches sich stilistisch zwischen progressivem Rock, Alternative und Grunge einordnen lässt.

4.1 Die Band Siambok

Der Name Siambok ist abgeleitet aus dem Afrikanischen („sjambok“, gesprochen[schambók]) und bedeutet in seiner ursprünglichen Form „Viehzucht-Peitsche“. In der Zeit der Apartheid wurde diese Peitsche als Polizeischlagstock missbraucht. Der Name steht für eine politik- und sozialkritische Haltung ihrer Mitglieder. Die Band selbst existiert seit dem Jahr 2002 und wurde von Julian Schädler (Gitarre, Gesang und Komposition) und Philip Geigis (Lead-Gitarre) gegründet, nachdem beide beschlossen hatten, ihrem Schaffen als Gitarren-Balladenspieler und Liedermacher mehr Band-Charakter zu verleihen und mehr der Rockmusik zugetan waren, holten sie sich Claus-Peter Bensch (Bass) und Holger Hechtle (Schlagzeug) dazu.

Nach längerer Pause startete die Formation im Jahr 2007 wieder mit einigen neuen Songs und fasste den Entschluss, ihre Musik auf einen Tonträger zu prägen. Die Band schreibt auf ihrer MySpace-Seite über sich: „Der Silverchair-lastige Grunge-Sound der ersten beiden Band-Jahre entwickelte sich stetig weiter, wurde dynamischer, anspruchsvoller, verspielter und komplizierter. Siambok steht nach einjähriger Bühnenpause für progressive Rockmusik, die eingängige Melodien und Riffs mit komplexen Rhythmen und elektronischen Elementen in Einklang bringt und ganz bewusst aus Schubladen ausbricht.“²⁷ Die Kompositionen von Julian Schädler sind vielschichtig und rhythmisch meist sehr abwechslungsreich. Ungeachtet dessen bleiben sie leicht in Erinnerung und haben einen hohen „Ohrwurm“ Faktor.

27 vgl. <http://www.myspace.com/siambok>

Manche Stücke brechen allerdings aus dem eigentlichen Charakter der Band aus, sollen aber in der Mischung integer bleiben, um ein homogenes Album zusammenstellen zu können. Dies bedeutete für die Mischung, dass man die Klangfarben der Instrumente erhalten und gleichzeitig den Stil des jeweiligen Stückes und den Stil der Band in Einklang bringen musste.

4.2 Aufnahme

Alle Stücke wurden im Overdubverfahren aufgenommen, da aus zeitlichen Gründen nicht alle Bandmitglieder gleichzeitig anwesend sein konnten. Julian hatte alle Stücke zu kompositorischen Zwecken bereits als Aufnahmen vorliegen, die den Musikern im Studio oder zu Hause als Guide-Tracks dienten.

Die Aufnahmen fanden neben Homerecording Sessions in zwei Studios statt; in den Tucan Studios Kornwestheim und im Second Soundshop in Balgheim. Aus Kostengründen wurden alle Instrumental- und Gesangsaufnahmen von den Musikern in Eigenregie durchgeführt, was, im Nachhinein betrachtet, nicht immer fehlerfrei und vorteilhaft für die Aufnahme abgelaufen ist. Problematisch dabei war der Aufnahmeraum für die Gitarren und den Gesang. Man kann davon ausgehen, dass die Mikrofone in diesem Raum nicht optimal platziert waren und deshalb starke Resonanzanteile in den Aufnahmen auftraten.

Auch die Schlagzeugaufnahme war nicht gut ausgeführt worden. Teilweise kam es dabei zu unbemerkten Ausfällen von Mikrofonen bis hin zu lockeren Mikrofonhaltern an den Toms, was zu unangenehmen Vibrationsgeräuschen am Mikrofon führte. Leider wurden diese Mängel erst nach den Aufnahmen offensichtlich, als das Material in gemischt werden sollte. Um diese Fehler zu korrigieren, wären teilweise Neuaufnahmen nötig gewesen, was aber aus Zeit- und Kostengründen nicht möglich war.

Die Umstände schränkten die Qualität des Endproduktes leider schon im Vorfeld erheblich ein und es galt, aus dem vorhandenen Material das Beste zu machen. Denn ohne Frage war das Ziel dieses Projektes, ein professionell aufbereitetes Album zu fertigen.



4.3 Mixing

4.3.1 Die äußeren Umstände

Die Anfrage von Siambok war ausschließlich auf Mixing bezogen. Um möglichst wenig Zeit für Editing und vorbereitende Arbeiten vor dem Mixing zu verwenden, editierte der Komponist die Stücke im März 2009 selbst. Da die Editings jedoch nicht immer zufriedenstellend waren, wurde auch dafür noch während des Mixes Zeit benötigt. Vor allem Timingschnitt und Säuberung des Klangmaterials kamen leider viel zu kurz.

Im Vorfeld muss gesagt werden, dass die Band den Arbeitsaufwand als zu gering eingeschätzt hatte. Angesetzt waren zehn Mischtage für zehn Songs. Aufgrund der, wie bereits beschrieben, sehr vielschichtigen und langen Stücke war schnell klar, dass das Album mehr Zeit benötigen würde, um ein harmonisches Bild zu ergeben.

Hinzu kam, dass die Zeitverzögerung im Studio aufgrund technischer Probleme das Projekt immer mehr unter Zeitdruck setzte. Das Material sollte eigentlich Anfang bis Mitte Mai fertig gestellt sein, da der Band auch aus finanziellen Gründen nicht mehr Zeit zur Verfügung stand. Da die Probleme jedoch studiobedingt zustande kamen, räumte der Betreiber uns freie Studionutzung für denselben Preis ein. Somit konnten wir erfreulicherweise länger an dem Album arbeiten als ursprünglich geplant, was jedoch die Zeitplanung hinsichtlich dieser Abschlussarbeit trotzdem durcheinander warf. Es zeigte sich, dass mindestens 6 Arbeitswochen von Anfang Juni bis Mitte Juli 2009 für das Album benötigt werden sollten.

4.3.2 Technische Umsetzung und Studioperipherie

Die Musikstücke lagen als ProTools 7 HD Sessions in 24 bit und 44,1 kHz Sampling-Rate vor und konnten so ohne größere Umstände im Studio geöffnet werden. Aus digitaler Sicht entspricht das Mischstudio einem Standard ProTools Studio mit einer kleinen D-Control als externer Bedienungseinheit und diversen Dynamik-, Filter- und Raumsimulations-PlugIns.

Das Besondere in diesem Studio ist die Kombination der digitalen Welt mit einer analogen Klangbearbeitung mittels eines 32-Kanaligen Tascam M-700 Mischpultes aus den 1980er Jahren. Das Problem war, wie in der analogen Domäne häufiger der Fall, dass nach der Restauration nur 18 Kanäle als funktionstüchtig galten. Als Alternative stand eine analoge Summierung ohne Pult zur Verfügung. Aber der analoge und positiv „klebrige“ Klang der

Konsole hatte uns überzeugt und es blieb bei der Entscheidung, das Pult als Summierer zu nutzen. Trotz der dadurch entstehenden Einbußen der analogen Möglichkeiten für Einzelspuren nutzten wir den Vorteil, die Gruppen mittels analoger Insert-Effekte mit Farbe zu versehen. Dabei kamen zum Einsatz: ein zweikanaliger, sehr musikalisch klingender Drawmer 1961 Röhren EQ (Abb. 14) für die verzerrten Gitarren, ein einkanaliger Universal Audio LA 610 Opto-Kompressor (Abb. 15) als Vorverstärker und Kompressor für den Bass sowie einen interessanten zweikanaligen Kompressor von Empirical Labs: den Distressor EL - 8 X (Abb. 16) für die Parallelkompression der Schlagzeugsumme.



Abb. 14) Herstellerfoto Drawmer 1961 Röhren EQ



Abb. 15) Herstellerfoto UA LA 610 Kompressor und Vorverstärker



Abb. 16) Herstellerfoto Empirical Labs Distressor X

Korrektives Filtern und größere Teile der technischen Dynamikbearbeitung sowie Automation und alle Raumsimulationen wurden direkt in der ProTools DAW realisiert. Auf dem Mischpult lagen dann letztlich Stems an. Stems (engl. für Stamm oder Vorbau) sind sinnvolle Instrumentengruppen. In unserem Fall fasste ich die Instrumente mittels Busse in ProTools zu sieben Stereogruppen zusammen: Gesang, Schlagzeug clean, Schlagzeug komprimiert, Synthesizer, Gitarren verzerrt, Gitarren clean und Hall/Effekte.

Der Bass bekam einen einzelnen Kanal. Wir hatten zwar nicht die Möglichkeit, an einzelnen Instrumentenspuren die analogen Effekte anzuwenden, konnten aber dennoch die Filtereinheiten des Pultes nutzen, um bestimmte Farben der Instrumente als Gruppe zu manipulieren. Zudem spielten wir die Schlagzeug-Summe zweimal aus, um sie mit dem Distressor zusätzlich zu komprimieren. Das unkomprimierte und das komprimierte Signal wurden zueinander ins Verhältnis gesetzt. Ergebnis waren durchsetzungsfähigere Drums ohne den Verlust der Tiefe der Drumaufnahme, die im unkomprimierten Stem erhalten blieb. Der Vorteil hierbei ist, dass trotz eingegrenzter Dynamik die Transparenz und das Transientenverhalten der unkomprimierten Gruppe zur Verfügung steht und variabel nach Geschmack zugemischt werden kann. Das Schlagzeug lässt sich so besser integrieren und erhält die Natürlichkeit der Schlagzeugaufnahme. Auch in der Endbearbeitung wird die Parallelkompression gerne verwendet, worauf ich in Abschnitt 5.2.3.3 und in Kapitel 9 dieser Arbeit kurz eingehen werde.

Auffällig war, wie stark der Einfluss des Mischpultes bereits ohne jeglichen Einsatz von Filtern und anderen Geräten war. Aus der Sicht eines Puristen kann man in diesem Fall weniger von Linearität und Klarheit sprechen, wie man sie der digitalen Welt zuschreibt. Aber der Eigenklang der Mischeinheit wirkte sich sehr positiv aus und half, das Album zusammenzufügen und die Stücke in die gewünschte Richtung zu bringen. Vor allem was Druck und Zusammenhalt betrifft, ist in diesem Fall aus meiner Sicht eine analoge Mischung

der digitalen überlegen. Es hatte sich gelohnt, die Instandsetzung des Pultes abzuwarten. Interessant in diesem Zusammenhang wäre ein Vergleich zwischen einer analogen Mischung mit digitaler Zuspieldung und einer ausschließlich im Rechner angefertigten Version, der im Rahmen dieser Arbeit mangels Zeit nicht ausgearbeitet werden kann.

Die Mixe wurden also im Pult zusammengefasst, die Stems je nach Wunsch und Bedarf tonal farblich bearbeitet und letztlich über einen L2 Hardwarelimiter im Bypass-Modus als fertiger Mix in die digitale Domäne zurückgewandelt und in ProTools aufgezeichnet.

4.3.3 Probleme der Mischungen - Kritische Sicht auf die Hörbeispiele

Die meisten Songs bestehen zu großen Teilen aus stark verzerrten Gitarren und aufwendigen Synthesizer-Arrangements, die in lauten Refrains oder Instrumentalteilen ebenfalls eher verzerrte Signale beisteuern. Obwohl sie im Mix mehr eine Hintergrundfunktion einnehmen, kollidieren sie gerne mit den Gitarren. Das Klangbild wird dabei oft sehr grell, fast schon harsch. Hier zu entscheiden, in welcher Weise die Filter eingesetzt, in welchem Maß komprimiert und in welchem Verhältnis die Anteile zueinander gemischt werden sollen, war besonders bei den treibenden und härteren Stücken ein langwieriger Prozess.

Auch in Bezug auf die Wirkung des Gesangs und wie dieser sich in das Arrangement eingebettet werden sollte, ergaben sich Schwierigkeiten. Die Raumprobleme bei Gitarren und Gesang zogen sich trotz aufmerksamer Bearbeitung und Filterung der Signale bis ins Mastering durch. Es zeigte sich, daß sich die gefilterten Resonanzen aufaddierten und das Klangbild im Masteringstudio bei den meisten Stücken beeinflussten.

Der Mischraum steuerte in Bezug auf die Basswahrnehmung einen negativen Teil bei, da er mit 15 Quadratmetern Fläche und enger Studiomöblierung nicht groß genug für die richtige Beurteilung tiefer Frequenzen ist und diese in der Sweetspot-Position nicht wahrheitsgemäß wiedergibt. Ein Umstand, der mir erst nach und nach bewusst wurde. Aufgrund der großen Konsole spielten teilweise auch Kammfiltereffekte eine größere Rolle bei der Fehlbewertung.

Insgesamt gesehen war die Aufnahme des Albums nicht optimal abgelaufen und Korrekturen nicht immer zu unserer vollen Zufriedenheit möglich. Besonders bei dem Song *It Is Mine* werden diese Probleme deutlich hörbar.



4.4 Die Stücke - Titelliste und Rechte

Das Album besteht aus zehn Stücken. Um möglichst einfache Vergleiche der Bearbeitungen im Mastering herstellen zu können, beschränken sich die Hörbeispiele im Folgenden auf vier Stücke. Das Album als Ganzes liegt zusätzlich in einer ProTools Session bei, um den gesamten Eindruck des fertigen Masters zu vermitteln. Die Produktion setzt sich aus folgenden Stücken zusammen:

Track 01	Take It Out On Me
Track 02	Après Vous Le Déluge
Track 03	It Is Mine
Track 04	Intro Step Up
Track 05	Step Up
Track 06	Lovin' World
Track 07	Dave
Track 08	Plumb Loco
Track 09	I Don't Think
Track 10	Crocodile
Track 11	At My Feet

Die Nutzungs- und Urheberrechte liegen bei Siambok und Julian Schädler. Alle hier vorliegenden Materialien sind nur zu Anschauungszwecken gedacht. Die Vervielfältigung und Nutzung außerhalb einer Studie im Rahmen dieses Kompendiums, zu privaten oder gewerblichen Zwecken ist seitens der Rechte-Inhaber im Rahmen der in Deutschland geltenden Urheber- und Nutzungsrechte untersagt.



5 Das „Pre“ Mastering - Beurteilung und Korrektur des Klangs

Das Premastering gestaltet sich als sehr vielschichtiger und einflussreicher Prozess. Nicht nur die Korrektur von Fehlern, auch ästhetische Veränderungen können noch großen Einfluss auf das Material ausüben und seine Wirkung positiv unterstützen. Die richtigen Werkzeuge, mit Bedacht angewandt, können entscheidend dazu beitragen, ob eine Mischung gewinnt oder nicht. Welche Mittel zur Verfügung stehen und welche Möglichkeiten dieser Vorgang bietet, soll hier sukzessive beschrieben werden und so Anregungen zum kritischen Umgang mit diesen Möglichkeiten gegeben werden.

5.1 Klangbearbeitung - Einsatz von Filtern zu Korrektur und Verschönerung des Klangbildes

Grundlegend wichtig ist, immer vor Augen zu haben, dass sich jede Veränderung und Beeinflussung des vorliegenden Materials auf das Ganze auswirkt. Daher muss jede Entscheidung wohlüberlegt getroffen und überprüft werden. Insbesondere beim Einsatz von Filtern kann man mit kleinen Eingriffen große Veränderungen bewirken; im Gegensatz zum Mixing, bei dem man gezielt an einzelnen Spuren oder Instrumentengruppen arbeiten kann, verändert ein Eingriff an der gesamten Mischung den Kontext sowohl der Musik als auch der Instrumente. Besonders wenn im Bereich des Hörfeldes zwischen 700 Hz und 5 kHz eingegriffen wird hat dies weitreichende Folgen. Es ist somit elementar, immer mit kritischen Ohren zu beurteilen, was sinnvoll und hilfreich für das Endprodukt ist. Dabei gilt es, nicht nur einen Song isoliert zu betrachten, sondern sich ein Gesamtbild der spektralen Beschaffenheit des ganzen Albums zu verschaffen und mit dem Kunden die Richtung der tonalen Balance innerhalb des Albums zu finden.

5.1.1 Tonale Balance und Probleme im Frequenzspektrum

Tonale Balance ist technisch gesehen der als angenehm empfundene Verlauf der spektralen Hüllkurve über der Musik, subjektiv betrachtet äußert sie sich als ein als angenehm empfundener Wohlklang, der gefällt und zum Stil passt. Welcher Art der spektralen Beschaffenheit dieser Wohlklang ist, hängt zunächst von der Art der Musik und der Instrumentenbesetzung ab. Rockmusik hat eine andere Ästhetik als Klassik oder Jazz und eine andere besetzungsbedingte spektrale Zusammensetzung. Über die Jahre hat sich jedoch gezeigt, dass das menschliche

Gehör einen allmählichen Abfall der Intensität zu hohen Frequenzen hin als angenehm empfindet und dieser daher in fast allen Musikrichtungen zu finden ist.²⁸

Das Siambok-Album weist eine kompositions- und besetzungsbedingte Mittenlastigkeit auf, die zum Stil der Musik gehört und passt und im spektralen Kontext besser eingebettet werden kann. Unser Analyseinstrument bleibt das Gehör. Analysewerkzeuge können eventuell hilfreich sein und grafisch anzeigen, wo sich Über- oder Unterbetonungen im Spektrum befinden, sind aber kein adäquater Ersatz.

Um einen spektralen Eindruck des Materials zu erhalten, zappt sich der Mastering-Ingenieur durch die einzelnen Titel durch. Er lässt immer nur kurze Ausschnitte aus dem Material stehen, wechselt von der Strophe schnell zum Refrain und weitert dieses Zappen auf alle Stücke untereinander aus. Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, hört der Masteringingenieur dabei weniger auf den musikalischen und gestalterischen Aspekt der Mischung sondern auf die spektrale Verteilung, den Wohlklang und wodurch dieser gestört wird. Oftmals zieht man eine Referenz hinzu. Der Kunde legt ein Hörbeispiel eines Albums vor, das dem Stil und Klang des eigenen verwandt ist und als Richtungsvorstellung betrachtet werden kann. In unserem Fall legte der Künstler ein Referenzstück mit dem Titel Commorotive T-Shirt von Oceansize vor.



HB Oceansize - Commorotive T-Shirt aus dem Album Frames

Hat man sich einen Überblick verschafft, gilt es zuerst die Frequenzen zu finden, die eventuell über- und unterbetont sind und geglättet werden sollten. Häufig finden sich Störungen im unteren Mittenbereich bis hin zu den tiefen Frequenzen. Bei diesem Vorgang bestätigte sich in unserem Fall die Annahme, dass fast alle Songs ein Problem mit Raumresonanzen aus den Aufnahmeräumen aufweisen. Denn in allen Stücken wurden Resonanzen bei 319 Hz und bei 359 Hz aufgespürt, die den Klang der Songs mulmig und unklar erscheinen ließen. Die Korrekturen fanden auf digitaler Ebene in der DAW mittels eines parametrischen Equalizers statt. Die Abbildungen 17) - 19) zeigen alle Resonanzfilter für unsere Hörbeispiele.

28 vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S. 104

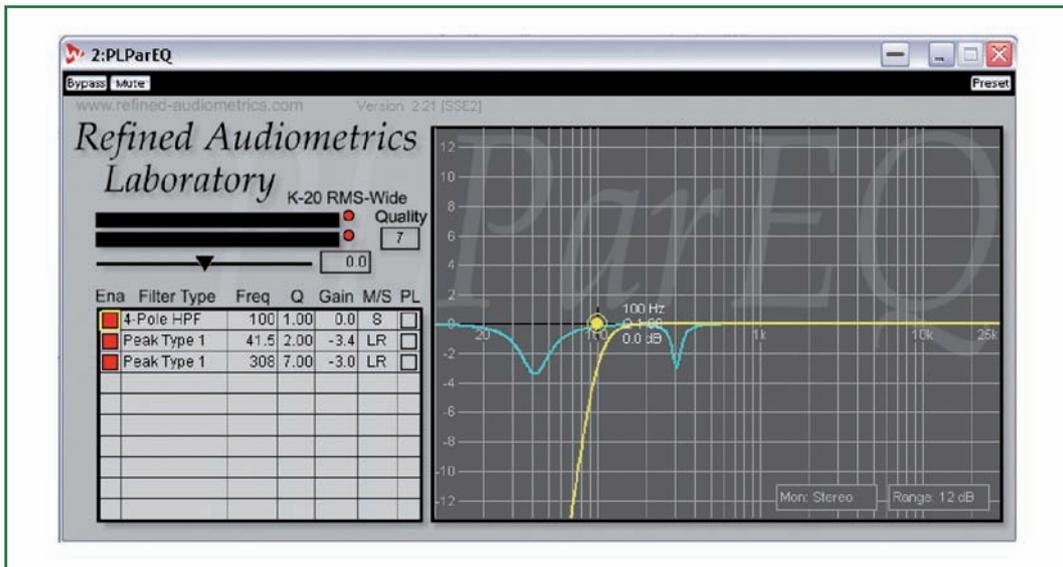


Abb. 17) Bildschirmfoto des Resonanzfilters von *It Is Mine* in der DAW bei 24-96 MASTERING, Karlsruhe

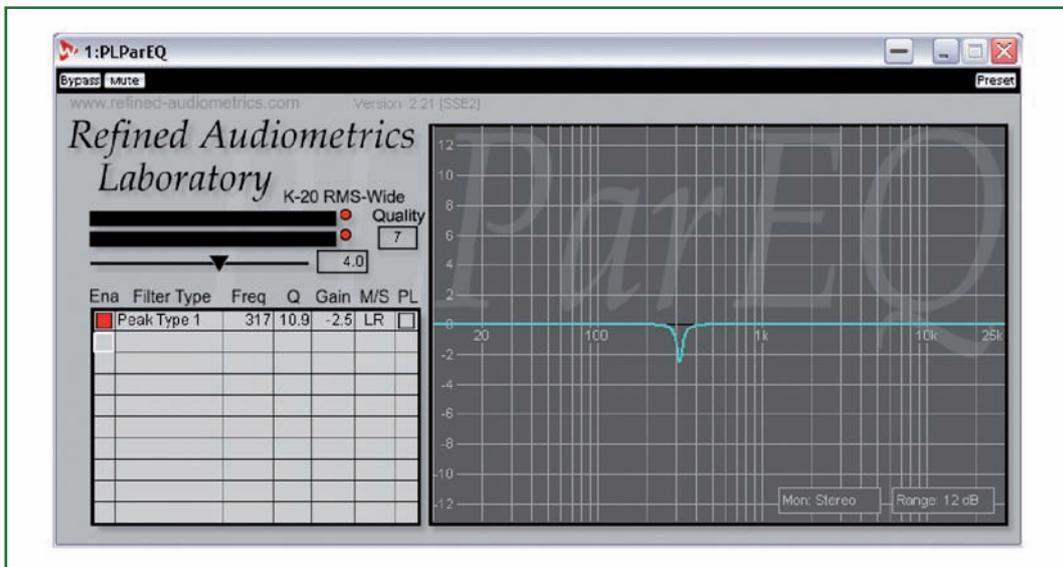


Abb. 18) Bildschirmfoto des Resonanzfilters von *Après Vous* in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe

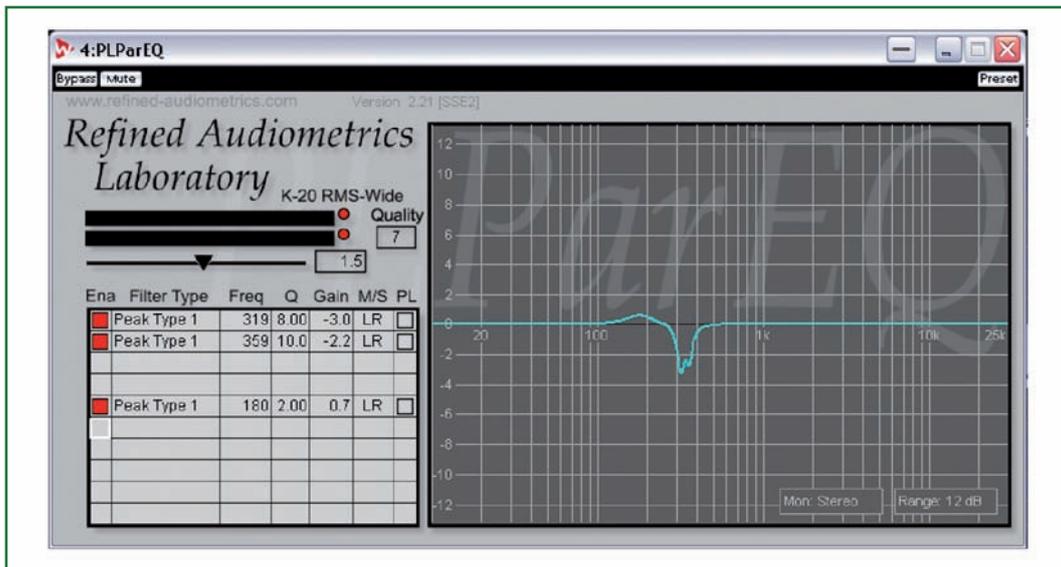


Abb. 19) Bildschirmfoto des Resonanzfilters von *At my Feet* in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe

Andere Modifikationen dieser Filtereinstellungen werden hier nicht explizit erwähnt. Im Wesentlichen konnte die Vorfilterung der Resonanzen auf alle Stücke übertragen werden. Ergebnis war ein klareres Klangbild.

Das Problem bei Resonanzen ist, dass sie oftmals in ihrem Auftreten gegen den Rhythmus und die Anschläge in der Musik arbeiten. Die Folge ist, neben einem dumpfen Klangbild, dass die Transienten, also das Einschwingverhalten der Rhythmusinstrumente, nicht konkret bleiben und durch die Überlagerung mit rhythmisch hervorstechenden Resonanzen im Gehör nicht mehr die Durchsetzungskraft besitzen. Das Einschwingen eines Klangs wird dabei maßgeblich verdeckt. Das Bild verweicht sich und bspw. die Bassdrum oder die Snare verlieren an Aussagekraft und Durchsetzungsvermögen. Die Hörbeispiele zu den drei Beispielstücken in der Session zu Kapitel 5.1 (Marker Kapitel 5.1.2) veranschaulichen sehr gut den Unterschied.


HB AprèsVous Strophe Refrain Mix


HB ApresVous Strophe Refrain ResonanzEQ


HB AtMyFeet Bridge Mix




HB AtMyFeet Bridge ResonanzEQ



HB It Is Mine Bridge Refrain Mix



HB It Is Mine Bridge Refrain ResonanzEQ

Beim Filtern muss man sich immer vor Augen halten, dass eine Absenkung der unteren Mitten ein Hervortreten der oberen Mitten und Höhen zur Folge hat, was die Wärme der Mischung reduzieren kann. Dieser Zusammenhang gilt auch in umgekehrter Richtung. Außerdem kann der Bass im Kontext an Druck verlieren, wenn man in den unteren Mitten und Tiefen Teile absenkt. Insofern ist das Maß der Filterung unter diesem Aspekt unbedingt zu prüfen. Unter Umständen nimmt man lieber eine geringe Überbetonung der unteren Mitten in Kauf und findet einen Kompromiss, um die tonale Balance der Mischung zu erhalten bzw. zu formen.

5.1.2 Wahl des Filters - Einfluss auf die Klangfarbe Minimalphase oder Linearphase? - Unterschiede analoger und digitaler Filter

Bei der Wahl des Filters ist entscheidend in welchem Maß korrigiert werden muss und inwiefern der Filter Verfärbungen einfügt, die subjektiv nicht erwünscht sind. Verantwortlich für Färbungen sind bei minimalphasigen Filtern (MP) vornehmlich Phasenverschiebungen beim Durchlaufen des Filters. Aufgrund unterschiedlicher Durchlaufzeiten in Abhängigkeit von der angehobenen oder abgesenkten Frequenz und von der eingestellten Güte, kommt es zu zeitlichen Verschiebungen der Hüllkurve der gefilterten Frequenzgruppe zu den anderen Frequenzanteilen des Signals. Da sich die Frequenzgruppen nach dem Filter teils in anderer Phasenlage überlagern, kommt es zu Verfärbungen, die nicht immer erwünschte Änderungen der Klangfarbe hervorrufen. Besonders, wenn Filter parallel betrieben werden und zu einem Signal hinzugemischt werden, können Kammfiltereffekte auftreten. Dieser Umstand ist allen minimalphasigen, also vornehmlich analogen Filtern, zu eigen.²⁹

Auf digitaler Ebene ist es jedoch auch möglich, Filter-Algorithmen zu erzeugen, die in ihrem Phasengang konstant bleiben, also linearphasige Filter sind (LP). Realisierbar sind sie als nicht-rekursive symmetrische FIR Filter oder rekursive IIR-Filter,³⁰ die sich durch klare und

²⁹ vgl. ebd. S. 110

³⁰ FIR engl. Finite Impulse Response Filter = Filter mit endlicher Impulsantwort und IIR engl. Infinite Impulse Response Filter = Filter mit unendlicher Impulsantwort

transparente Ergebnisse auszeichnen, da die Gruppenlaufzeit über alle Frequenzen konstant bleibt und somit auch die Phasenverschiebungen über alle Frequenzen konstant bleiben.³¹ In der analogen Welt ist dies zwar technisch machbar, aber wegen des erhöhten Schaltungsaufwands mit immensen Kosten verbunden.

Hinzu kommt, dass ein MP Filter, je nach Zweck, eine Farbe beitragen kann, die subjektiv als schön empfunden werden kann, aber technisch und physikalisch gesehen weniger transparente Ergebnisse liefert. Dass Filter, die linearphasig arbeiten, zwingend besser sind oder MP Filter besonders gute oder schlechte Ergebnisse liefern, kann als Mythos oder Marketingargument gesehen werden und sollte nicht überbewertet werden.³² Entscheidend ist das gehörte Ergebnis, anhand dessen die Entscheidung für oder gegen einen Filter gefällt wird. LP Filter beinhalten andere Effekte. Im Zuge der Recherchen zu diesem Themenfeld stieß ich auf einen Aufsatz von Michael Gerzon mit dem Titel „Why do Equalisers sound different?“, der 1990 in der Zeitschrift Studio Sound veröffentlicht wurde. Interessant darin ist der Denkansatz, dass keine objektive Begründung für den Einsatz eines bestimmten Filtertyps bzw. die Bevorzugung einer spezifischen Bauweise gegeben werden kann.

„Trotz mathematisch genau erfasster Zusammenhänge, die einen Filter exakt beschreiben können, ist das Klangergebnis am Ausgang des Entzerrers nicht objektiv vorhersehbar.“³³ Im Gegenteil: Messtechnisch als nebensächlich bewertete Veränderungen ziehen maßgebliche Veränderungen im Klangbild nach sich. Der Einfluss der Bandbreite und Steigung, mit der man filtert, war bekannt, also dass eine Güte > 0.5 bereits hörbare Farbänderungen bei Anhebungen nach sich zogen, was Untersuchungen in den Dolby Laboratorien hervorbrachten.

„All filters smear out in time any sharp momentary impulse fed into them and it is a commonplace of filter theory that the behaviour of a linear filter is determined entirely by its impulse response, *ie* its output waveform when fed with a sharp impulse. All analogue filters (as well as those digital filters that use digital feedback in their realisation (rekursive IIR, s.m.) - known technically as ‚recursive‘ filters not only affect the initial shape of the impulse waveform but also affect the way the impulse response eventually dies away to nothing.

31 vgl. Zölzer: Signalverarbeitung, Filter und Effekte. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d.Audiotechnik. S. 824

32 vgl. <http://www.rane.com/note115.html> RaneNote 115 written 1986; last revised 3/98 Dennis Bohn, Rane Corporation

33 vgl. Gerzon (1990) Why do Equalisers sound different S. 1 aus

http://www.audiosignal.co.uk/Resources/Why_do_equalisers_sound_different_A4.swf reproduced from an article out of the Magazine Studio Sound July 1990

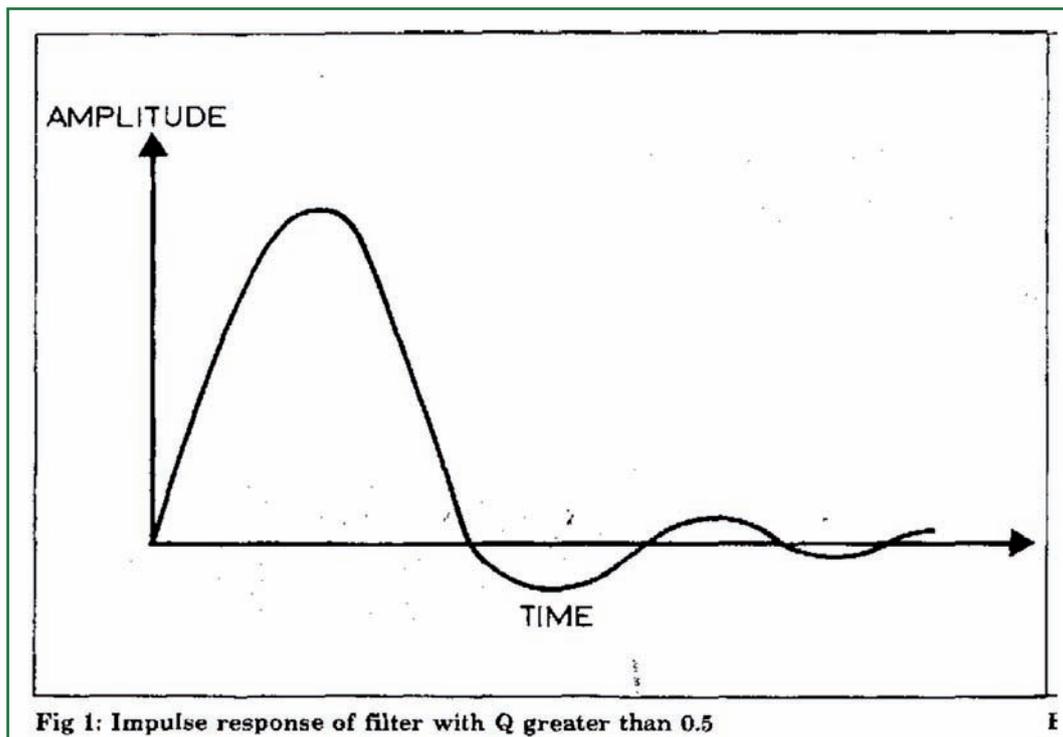


Abb. 20) ebd. Exemplarische Darstellung des Ausschwingverhaltens einer Impulsantwort im Filter

It is the nature of this decaying part of the impulse that has to do with Q .³⁴ Gerzon führt weiterhin aus: „ A low filter invariably has the final part of the decay of its impulse response die away smoothly without any oscillation or change of signal polarity. If, however, the Q exceeds 0.5, then the final part of the decay oscillates about zero (Fig. 1). (Fig.1 entspricht Abbildung 20 s.m.) It appears, that the ears are sensitive to such oscillations in the decay part of the impulse response, even at very low levels. Such oscillations are often termed resonances, the frequency of the resonance being the frequency of this final decay oscillation.“³⁵

Außerdem scheinen der Zusammenhang von Phasenlage, Güte und die nichtlineare Verzerrung durch das Ausschwingverhalten des Filters nicht der einzige Grund für Verfärbungen zu sein. In den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts fand der BBC Ingenieur H.D.C.Harwood im Zuge von Untersuchungen an Lautsprechersystemen heraus, dass kleinste Zeitverzögerungen von Resonanzimpulsen, die 40dB unter dem maximalen Pegel des Nutzsignals liegen, schon hörbare Verfärbungen verursachen. Roger Lagadec von der Schweizer Firma Studer fand einige Jahre später bei der „Entwicklung eines stark färbenden Entzerrers mit flacher Phasenantwort (somit linearer Phase mit Güte 0) heraus, dass dem Filtersystem so genannte Pre- und Post-

34 vgl. ebd. (1990) S.2

35 vgl. ebd. (1990) S.1

Echos eigen sind, die vor und nach dem Impuls zu beobachten waren“,³⁶ wie sie in Abbildung 21) zu sehen sind.

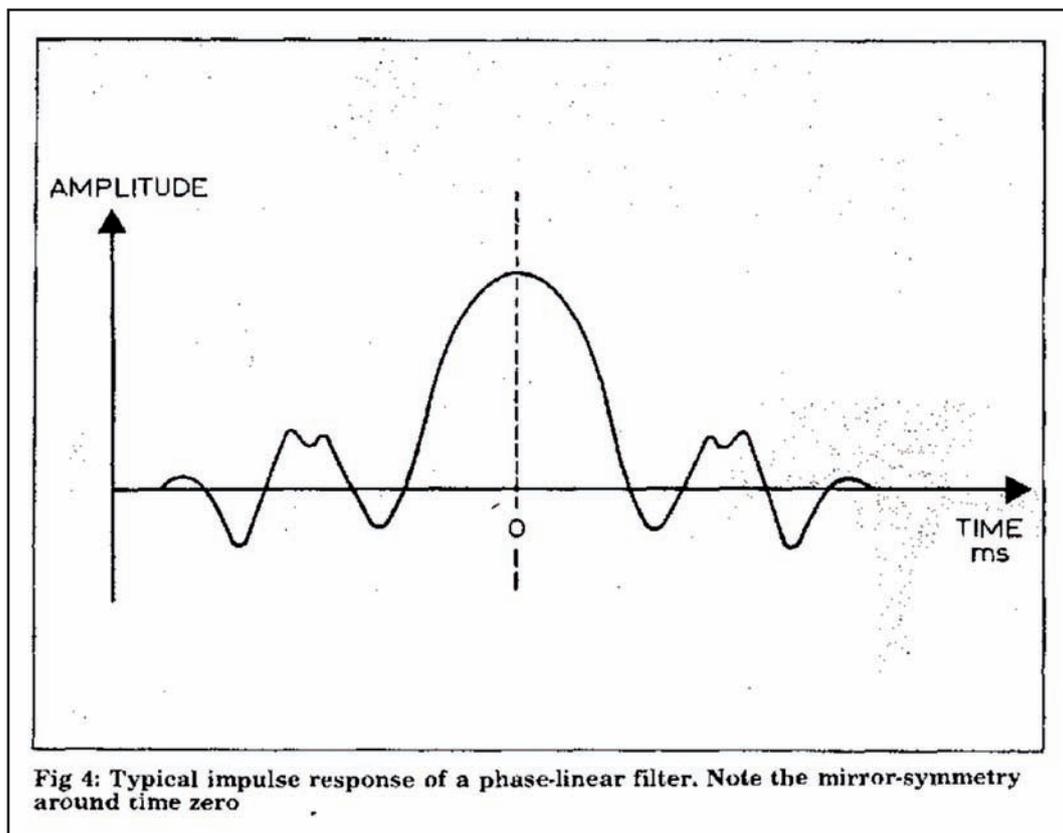


Abb. 21) ebd. Darstellung Pre und Post-Echos

Es handelt sich dabei um nichtlineare Verzerrungen, die erst im Filter entstehen. Da es in der Natur in der Regel aber keine einem Impuls vorauslaufenden Impulse kleinerer Intensität gibt, scheint das Gehör auf dieses Phänomen ebenso empfindlich anzusprechen wie es in Bezug auf das ausschwingeverhalten beschrieben wurde. Zudem deckt sich die Erkenntnis in Teilen mit dem Haaseffekt, der in diesem Zusammenhang weniger in Bezug auf die Richtungswahrnehmung, sondern vielmehr in Bezug auf eine zeitabhängigen Variante des Vorverdeckungseffekts herangezogen wird.³⁷

36 vgl. ebd. (1990) S.1

37 „Treffen beim Zuhörer zwei gleiche Schallereignisse kurz nacheinander ein [...] so gilt für Verzögerungen von ca. 1 - 30 ms das Gesetz der ersten Wellenfront, das auch als Haas Effekt oder Präzedenzeffekt bezeichnet wird. Der zuerst eintreffende Schall bestimmt den Richtungseindruck, unabhängig vom nachfolgenden Schallereignis und dessen Richtungsinformation. Der Pegel des nachlaufenden Schallereignisses darf [...] bis zu 10 dB über dem Primärsignal liegen, ohne daß dadurch das Gesetz der ersten Wellenfront seine Gültigkeit verliert.“ vgl. Dickreiter (1997) Das Tonstudiohandbuch, S. 120-121



Gerzon nimmt an, dass alle dem Pre-Echo nachteilenden Impulse in einem engen Zeitfenster von wenigen Mikro- und Millisekunden in ihrer Bewertung vom Gehör als weniger wichtig für die Beurteilung des Hörereignisses beurteilt werden. Dies gilt auch für den eigentlichen Nutzanteil, obwohl er einen wesentlich höheren Pegel aufweist als das Pre-Echo. In unserem Fall werden also beispielsweise Transienten eines Snareschlages vom Filter verwischt und somit nicht mehr in ihrer ursprünglichen Intensität und Beschaffenheit wahrgenommen, da das Pre-Echo unser Gehör trotz seiner geringen Intensität zeitlich dominiert hat. Das Post-Echo hat bei dieser Betrachtung praktisch keinen Einfluss auf die Wahrnehmung.

Um dies hörbar zu machen, wurden Hörbeispiele angefertigt, die einen MP und LP Filter vergleichbar machen. Dabei wurde bei 200 Hz gefiltert und mehrere Filter gleicher Einstellung überlagert. Insbesondere an der Snare wird der Verwischungseffekt auf Transienten in LP Filtern besonders deutlich. Sie verlieren an Schlagkraft und werden weicher und ohne Glanz abgebildet. Die Auswirkungen des Phänomens kann man mit der oben besprochenen Kollision von Resonanzen im Klangbild vergleichen. Der minimalphasige EQ klingt dagegen hart und metallisch, hat aber im Vergleich zu LP Filtern eine klare und druckvolle Transientenwiedergabe. Auf guten Abhören kann man auch das Pre-Ringing des LP Filters selbst als Ton hören, da seine Erscheinung durch die mehrfach überlagerten Filterkurven verstärkt und somit isoliert hörbar wird. Der entstehende Ton entspricht, wie das Ausschwingen eines Filters, der gefilterten Frequenz. Das Phänomen verringert sich und wirkt weniger auffällig, je höher die gefilterte Frequenz liegt, da der Abstand des Pre-Rings zum Nutzsignal sich zeitlich verringert und in die Vorverdeckung fällt. Abbildung 22) - 25) zeigen die Filtereinstellungen und das Ergebnis in grafischer Form.

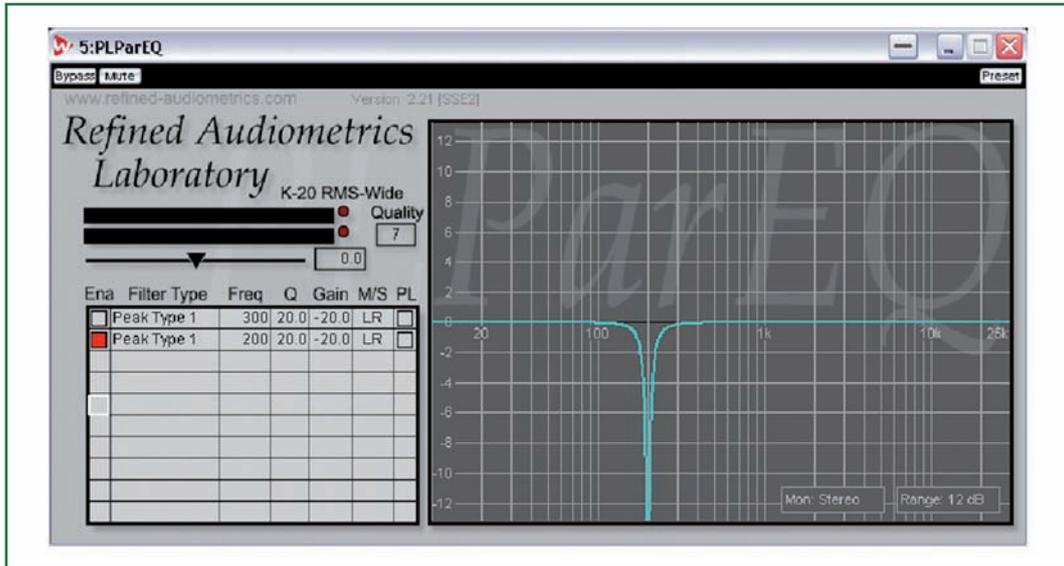


Abb. 22) Bildschirmfoto Filtereinstellungen MP in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe

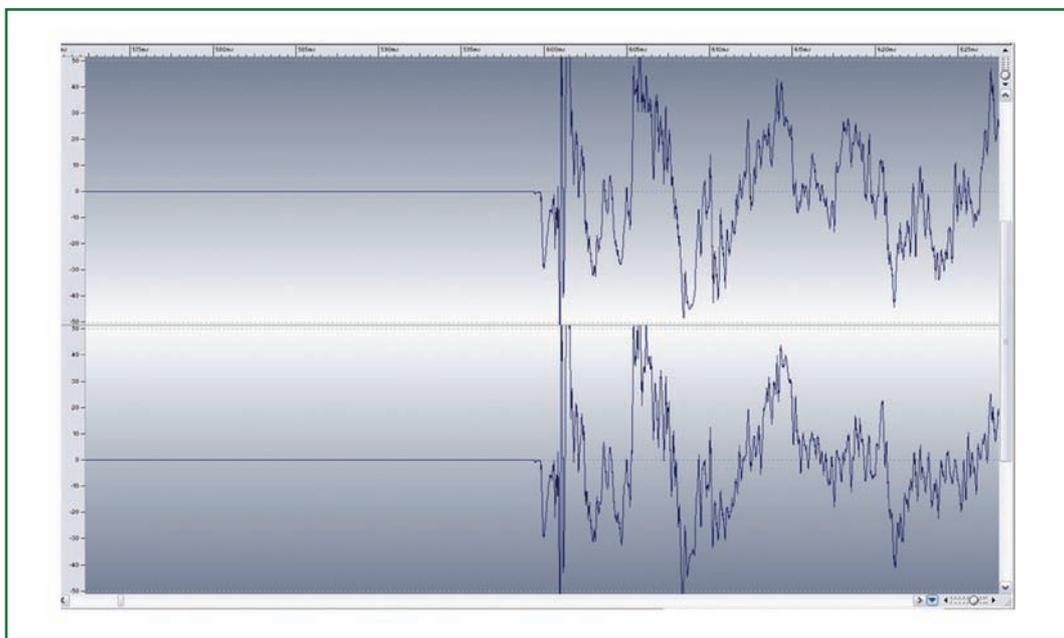


Abb. 23) Bildschirmfoto MP Filter ohne Pre-Ring in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe

 HB EQ_MP notch filter 200 Hz Q20 -20 dB

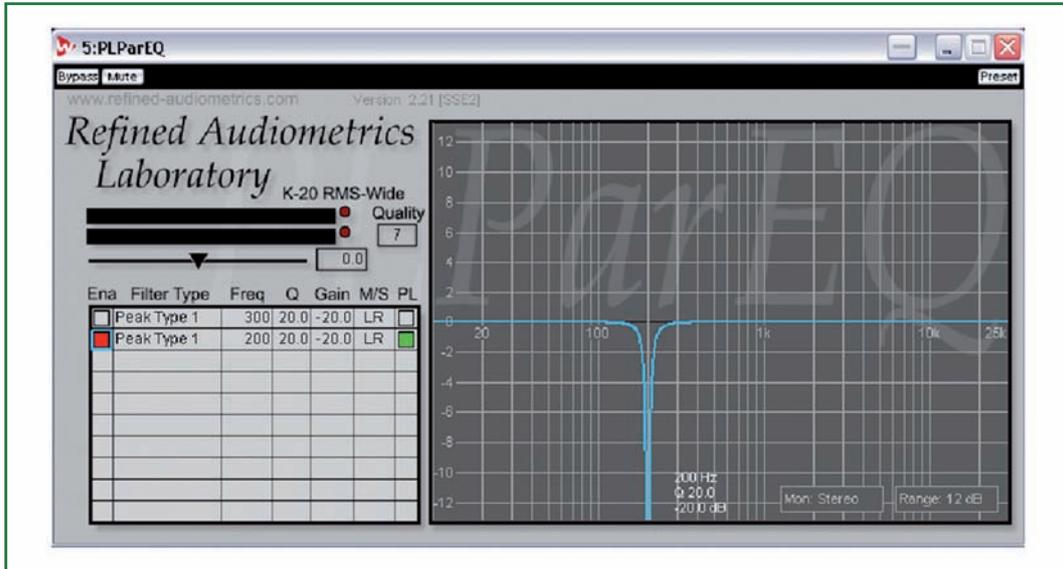


Abb. 24) Bildschirmfoto Filtereinstellungen LP in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe

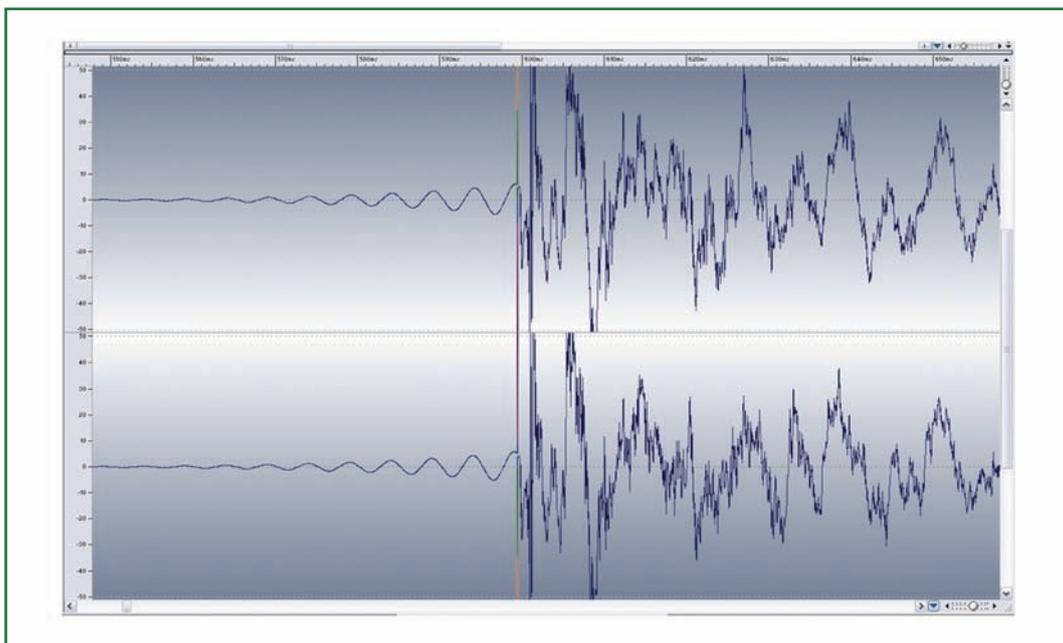


Abb. 25) Bildschirmfoto LP Filter ohne Pre-Ringin der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe

 HB EQ LP notch filter 200 Hz Q20 -20dB

Vor diesem Hintergrund gilt für den Mastering-Ingenieur umso mehr, daß alle Entscheidungen bezüglich der Wahl der Filter, also LP oder MP, über die fachkundige und geschmackliche Beurteilung mittels des Gehörs gefällt werden müssen. Jeder Filter beeinflusst unser Nutzsignal auf seine ihm eigene Weise. Dies ist ein Argument für den Kauf mehrerer unterschiedlicher Geräte, um die jeweiligen klanglichen Vorzüge nutzen und ggf. kombinieren zu können.

Dies gilt aber vornehmlich für analoges, und somit MP Filterequipment, denn digitale LP Filterplugins sind in sich austauschbar. Alle Hersteller arbeiten mit der gleichen mathematischen Grundlage. Lediglich die Bedienung und die Kurvenparameter der Filter können sich unterscheiden. Der Plugin-Entwickler Algorithmix selbst merkt an, dass es möglich ist, mit linearphasigen Filterprogrammen verschiedener Hersteller zu exakt demselben Ergebnis zu kommen, wenn sie die gleichen Übertragungsfunktionen aufweisen.³⁸ Wichtig ist, dass das Ergebnis stimmt und musikalisch unterstützt. Selbst analoge Filterkurven sind über diese grundlegende Mathematik möglich, was die Vielzahl an Hardware-Emulationen beweist.³⁹

5.1.3 Analoge Filterkomponenten im Mastering

Die meisten Masteringstudios besitzen auch heute noch viele analoge Geräte, weil deren Charaktereigenschaften und Filterkurven teilweise seit Jahrzehnten gefragt sind und als stilprägend für viele Alben in Pop, Jazz und Rock gelten. Man macht sich dabei konstruktionsbedingte klangliche Eigenschaften zu Nutze und kombiniert ggf. verschiedene Geräte, um ein Klangergebnis zu formen. Alle Geräte, wie in unserem Fall der EQ 2077 von Avalon oder der SonTeq 250 EQ, haben jeweils ihre klanglichen Vorzüge. Man nutzt sie, um den Klang der Musik zu formen. Es geht also nicht immer um Filtervorgänge zur Korrektur von Fehlern, sondern um Farben, die den Charakter der Musik hervorheben. Man fügt der Musik also bewusst Teile hinzu, die nur über spezifische Eigenheiten eines Geräts realisiert werden können.

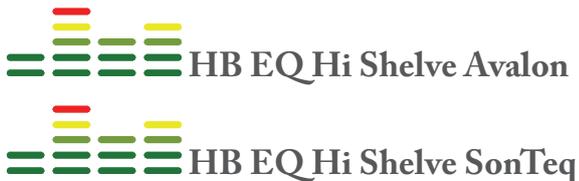
Besonders anschaulich werden diese Unterschiede an folgendem Beispiel: Um die Musik am oberen Ende des Spektrums etwas heller und transparenter wirken zu lassen, fügt man im Mastering mit Hilfe eines Shelving-Filters gerne Air (Luft) hinzu. Wenn die Mischung in den oberen Mitten zu präsent betont ist und Overheads eher scharf und blechern klingen, oder auch wenn im Tiefenbereich viel Wärme vorhanden ist, kann „Luft“ helfen, den Klang

38 vgl. Herstellerinformation aus http://www.algorithmix.com/en/classic_peq_blue.htm

39 vgl. Bohn, Rane Corporation White Paper Rane Notes <http://www.rane.com/note115.html> RaneNote 115 written 1986; last revised 3/98 Dennis Bohn, Rane Corporation



ausgewogener und glättend zu gestalten. Man spricht auch von Sweetening. Dabei werden die obersten Höhen ab 20 kHz und mehr mittels Shelve-Filter angehoben. Dabei greift die charakteristische Filterkurve des jeweiligen Geräts oftmals bis in die oberen Mitten ein. Dieser Ansatz der Filterkurve ist der für das Mastering interessante Teil. Die Mischung öffnet sich so nach oben hin und wird gefälliger für den Zuhörer. Wie unterschiedlich die Ergebnisse der beiden Geräte sind, zeigen die folgenden Hörbeispiele.



Da es ggf. schwierig ist, die richtigen Worte für die Beschreibung der Unterschiede zu finden, soll hier etwas Hilfestellung gegeben werden. Der Avalon-EQ lässt eine Höhenanhebung am Ende des Hörspektrums spritzig, hell und „silbern“ glänzend klingen, während derselbe Vorgang beim SonTeq EQ ein seidiges und feines Ergebnis liefert. Der Avalon akzentuiert dabei die HiHat und Snare, was auf einen Eingriff der Filterkurve bis weit in die mittleren Frequenzen hinein hindeutet. Die unterschiedlichen Designs in Aufbau der Verstärker- und Regelstufen sind das Geheimnis der Gerätehersteller. Leider findet man diesbezüglich keine nennenswerten Informationen. Es bleibt nur das Hörerlebnis, aufgrund dessen man sagen kann, daß der Avalon 2077 weniger elegant und mehr verzerrt, aber dafür spritzig und aufregend klingt, während der SonTeq 250 ein sehr klares und verzerrungsarmes, aber tendenziell weiches Klangbild erzeugt. Grundsätzlich gilt der Avalon als akzentuierender Filter, während der SonTeq eher vereinend und deckend wirkt. Je nach Musikgenre besteht die Möglichkeit, mehr Härte oder Weichheit in den oberen Mitten und Höhen zu erzeugen. Im Jazz oder Chanson kann ggf. das Ergebnis des SonTeq dem Avalon vorgezogen werden.

Beim Siambok-Mastering kam hauptsächlich der Avalon EQ zum Einsatz, da er der Musik in den Höhen diese aufregende Farbe mitgab, was dem Stil der Rockmusik dienlicher war. Da beide Equalizer unterschiedliche Filterkurven aufweisen, also ihre Phasen-, Impuls und Amplitudenantworten bauartbedingt unterschiedlich sind, gestaltet sich das Matching der Beispiele zum Vergleich prinzipiell schwierig und kann nur über das Gehör angepasst werden.

Der Aspekt der Farbgebung ist im Mastering neben den korrektiv-chirurgischen Eingriffen grundlegender Bestandteil der Arbeit. Filter sind in diesem Zusammenhang mächtige Werkzeuge, aber nicht die einzigen Mittel. Häufig führt erst die Kombination mehrerer Geräte

zum gewünschten Effekt. In den vorliegenden Beispielen wurden bisher drei verschiedene Filterungen zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt. Der digitale Filter sowohl zur Korrektur von Fehlern in der Mischung als auch als Master EQ zur Korrektur des Spektrums in den Tiefen. Der analoge Filter teilweise zur Korrektur und zur Farbgebung. Das Endergebnis der Bearbeitung wurde zudem durch den Einsatz verschiedener Kompressoren erstellt, die das gefilterte Ergebnis wiederum durch Ihre Bauweise und Charakteristik nicht nur dynamisch, sondern auch spektral beeinflussen. Im folgenden Abschnitt werden diese Geräte beschrieben und ihr Anteil am Endergebnis erläutert.

5.2 Klangbearbeitung - Dynamikbearbeitung und Farbgebung mit Regelverstärkern im Mastering

Im Mastering Prozess fällt Regelverstärkern neben ihrer eigentlichen Aufgabe der Dynamikbegrenzung oder -Erweiterung eine farbgebende und rhythmusbetonende Rolle zu. Dabei spielt die Bauweise eine maßgebliche Rolle, da verschiedene Designs auch hier zu unterschiedlichen Ergebnissen führen und somit zur Klanggestaltung unter verschiedenen Aspekten angewandt werden können. Um diese Zusammenhänge näher beleuchten zu können, wird in diesem Kapitel im Speziellen auf die Produktionsbezogenen Vorgänge und Anwendungsbeispiele eingegangen. Dabei sollen die Grundlagen der Arbeit mit Kompressoren und die Möglichkeiten im Mastering aufgezeigt werden, sowie der Einfluss von Bauweise und Eigenarten der Geräte beschrieben werden.

5.2.1 Mikro und Makrodynamik in der Musik

Dynamische Bewegung in der Musik kann in zwei Bereiche eingeteilt werden: In Makrodynamik, welche den Lautheitsverlauf zwischen Takten oder Songteilen, wie Refrain, Strophe und Schlussteil, darstellt und in die Mikrodynamik; den rhythmischen Ausdruck durch Akzente in kurzen Zeitabschnitten. Bei der Kompression hat man zunächst mehr den mikrodynamischen Teil im Auge und nutzt dieses Mittel, um Akzente zu mildern oder zu verstärken oder die Lautheit der Musik mittels Dynamikbegrenzung oder -erweiterung zu steuern. Makrodynamische Veränderungen, wie Anpassen von Songparts, die lauter oder leiser gezogen werden müssen, werden vorwiegend über manuelle Lautstärkefahrten bzw. Blenden realisiert, die im Folgenden unter dem Abschnitt Editing besprochen werden.⁴⁰

40 vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S. 113



Die Art der Kompression hat großen Einfluss auf die Verhältnisse in der Musik. Es besteht die Möglichkeit, Akzente der Musik hervorzuheben und zu unterstützen oder schwächere Teile in der Musik herauszuarbeiten, damit die Intension bspw. eines Instrumentalteiles o.ä. besser zur Geltung kommt.

5.2.2 Kompressordesign und resultierende Unterschiede in der Anwendung

Im Zuge des technischen Fortschritts wurden verschiedene Bauweisen von Kompressoren entwickelt. Man kann heute zwei Verstärkerprinzipien in Kompressoren vorfinden: Die Röhrentechnik und die Transistortechnik. Beide haben ihre technisch wie subjektiv klanglichen Vorzüge und Eigenheiten. Außerdem unterscheiden sich Kompressoren durch die Art des Schaltungsaufbaus und der Regelung. Die meisten Geräte modulieren die Amplitude. Sie regeln den Spannungswert des durchlaufenden Signals. Diese Art der Regelung ist das Urprinzip in Kompressoren und wird als Voltage Control Amplifier (VCA) bezeichnet, da Spannungszustände geregelt und kontrolliert werden.

5.2.2.1 Transistorkompressoren



Abb. 26) Herstellerfoto CraneSong STC - 8

Der CraneSong STC 8 ist ein zweikanaliger FET Kompressor (FET = Feldeffekttransistor) in Class A Schaltungstechnik. Im Gegensatz zu integrierten Schaltungen sind die Verzerrungsartefakte des Class A Schaltkreises in sich eher harmonischer Natur, deren ersten drei bis sechs Teiltonstufen als angenehm und musikalisch empfunden werden.

Das Besondere am STC - 8 ist, dass er in der Lage ist, sowohl verzerrungsarm und transparent zu komprimieren (Hara Mode) als auch einen röhrenähnlichen Klang zu erzeugen (Ki Mode)

und trotzdem, auf Grund der Transistortechnologie, schnelle Regelvorgänge ausführen zu können.⁴¹ Diese beiden Modi machen den CraneSong zu einem sehr flexiblen Farbgeber. Der Hara Mode ist transparent und erhält den originalen Frequenzverlauf. Subjektiv beurteilt klingt der Hara Mode eher hell und etwas härter. Der Ki Mode wiederum klingt weicher und „dumpfer“. Mit Erhöhen der Kompression werden die oberen Mitten bei 2 kHz eher gedämpft und die unteren Mitten ungefähr bei 400 Hz angehoben. In welchem Maß das Gerät diesen dynamischen Filter einsetzen soll, kann über Jumper, wie man sie von Festplatten kennt, eingestellt werden, bevor das Gerät in Betrieb genommen wird.⁴²

Weiterhin kann der STC - 8 ungeradzahlige Vielfache, die bei der Kompression entstehen und als unmusikalische Verzerrungen empfunden werden können, in Geradzahlige wandeln und den Verzerrungseindruck so verringern bzw. harmonisieren.⁴³ Ein besonderer Unterschied zur herkömmlichen Regeltechnik des VCA-Prinzips ist, dass er die Dynamik nicht mittels Amplitudenmodulation reduziert, sondern mit dem Prinzip der Pulsweitenmodulation (PWM) arbeitet.

41 vgl. Manual Crane Song STC - 8, S.2

42 Dave Hill, Cheftwickler und Gründer der Firma CraneSong LTD., pers. Telefonat am 30.10.2009

43 vgl. Manual Crane Song STC - 8, S.2

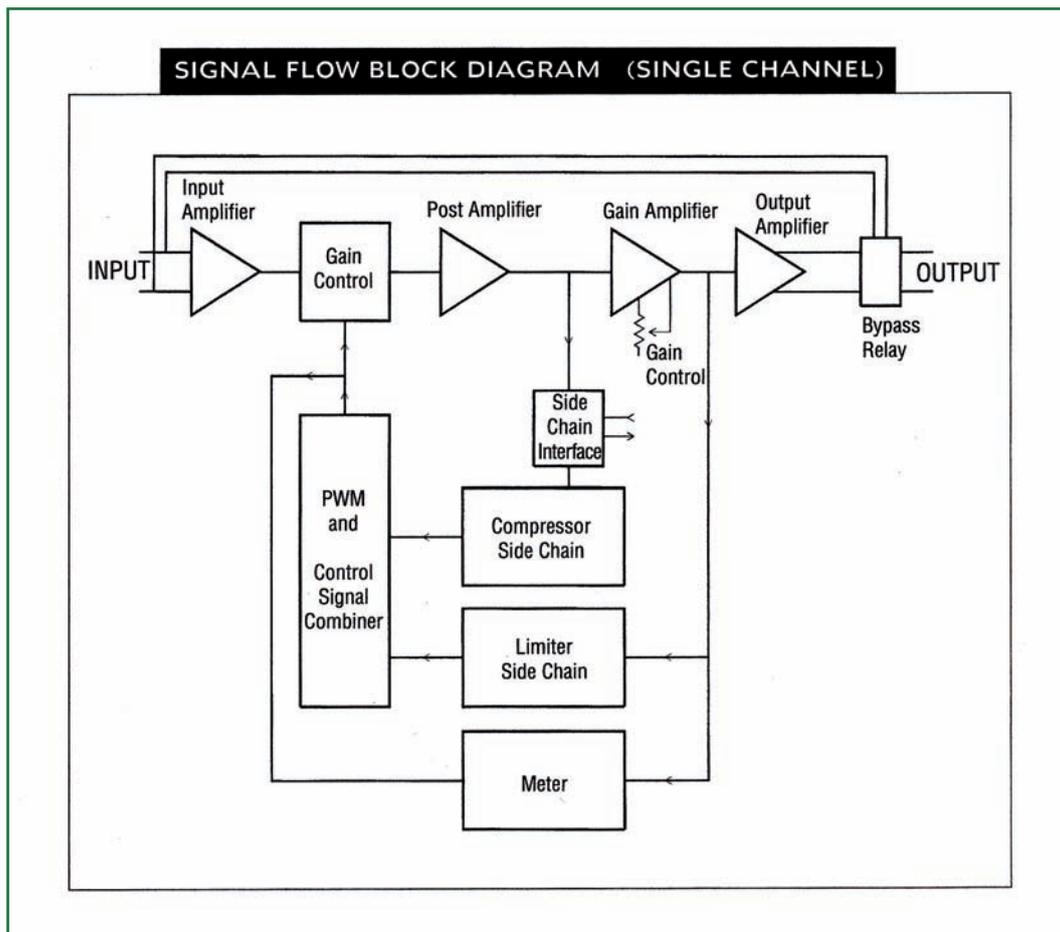


Abb. 27) Blockschaltbild CraneSong Single Channel aus Manual Crane Song STC - 8, S.15

Bei PWM wird, mittels eines hochfrequent (hier ~1,5 MHz) getakteten Schaltimpulses, nicht der Spitzenpegel, sondern die effektive Energie des Signals gesteuert. Dabei ist entscheidend, in welchem Verhältnis die Summe der Eintastzeiten zu der Summe der Austastzeiten des Nutzsignals steht. Je größer das Verhältnis zwischen Summe der Austastzeiten zur Summe der Eintastzeiten, desto weniger Energie wird übertragen. Interessanterweise ist das Verhältnis zwischen Energiereduktion und entstehender Pegelabsenkung in der Praxis fast proportional und fast linear.⁴⁴

Der Vorteil dabei ist, dass bei hohen Pegeln keine nichtlinearen Verzerrungen des Amplitudenganges erzeugt werden, wie das bei schnellen Regelvorgängen mit der VCA Technik, insbesondere bei tiefen Frequenzen, der Fall ist.⁴⁵ Bei VCAs kann die Wellenform

44 Dave Hill, Chefentwickler und Gründer der Firma CraneSong LTD in Superior, Wisconsin, Telefonat am 30.10.2009

45 vgl. http://www.digitalprosound.com/2001/02_feb/features/big_squeeze/big_squeeze.htm by Michael Cooper sowie Dave Hill, Chefentwickler und Gründer der Firma CraneSong LTD in Superior, Wisconsin, Telefonat am 30.10.2009

der tiefen Frequenzen durch schnelle Regelzeiten deformiert werden. Diese Deformationen äußern sich als wahrnehmbare, nichtlineare Verzerrungen des Nutzsignals.

In unseren Beispielen nutzten wir den CraneSong, um Rhythmusbetonungen und einen punchigen Sound der rhythmischen Anteile zu erzeugen. Die Pumpbewegungen, die mit dem CraneSong möglich werden, können den Groove der Musik auch in kürzeren Intervallen aufgreifen, betonen und unterstützen. Man nutzt also den zeitlichen Verlauf der Regelvorgänge und die daraus resultierende Hüllkurve, um diese Bewegung zu erzeugen. Sie soll dabei unmerklich aber fühlbar wirken. Grundsätzlich ist es sinnvoll, unabhängig vom benutzten Gerät, zu Beginn des Prozederes das Kompressionsverhältnis relativ hoch anzusetzen, um die resultierende Pumpbewegung besser wahrnehmen zu können und sie zeitlich an der richtigen Stelle zu positionieren. Hat man die Attack- und Releasezeiten festgelegt und den Arbeitspunkt (Threshold) definiert, muss man nur noch das Verhältnis der Kompression auf das gewünschte Maß einrichten. Die folgenden Hörbeispiele der Session zu diesem Abschnitt zeigen die Pumpbewegung in gewünschter und übertriebener Form. Man beachte dabei die klanglichen Unterschiede der erwähnten Modi Hara und Ki.

 AtMyFeet_Referenz_Mix_Kompression_Extrem

 AtMyFeet_Referenz_Mix_Kompression_Normal

 HB_Kompressionsbeispiel_CraneSong_Hara_Extrem

 HB_Kompressionsbeispiel_CraneSong_Hara_Normal

 HB_Kompressionsbeispiel_CraneSong_Ki_Extrem

 HB_Kompressionsbeispiel_CraneSong_Ki_Normal



5.2.2.2 Röhren - Kompressoren



Abb. 28) Manley Vari-Mu, Herstellerfoto

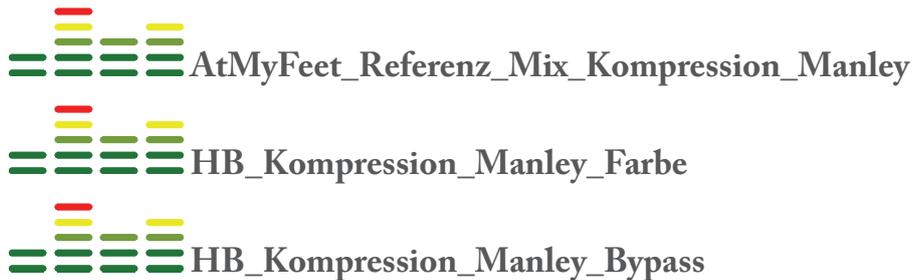
Röhrenkompressoren gelten als mit Nebeneffekten behaftete Kompressoren, die aber genau aus diesem Grund eine große Anhängerschaft besitzen. Röhren fügen dem Signal auf Grund ihrer Bauweise und der Schaltungstopologie ausschließlich harmonische Vielfache hinzu. Diesen harmonischen, nichtlinearen Verzerrungen ist der Eigenklang der Röhrentechnik zuzuschreiben, der gerne mit Wärme und Fülle beschrieben wird. Entscheidend sind dabei wieder die ersten 3-5 harmonischen Teiltöne und deren Intensitäten im Spektrum. Mit ihrer Hilfe, kombiniert mit Filtern, werden vor allem die Klangfarbe und der Druck der Musik beeinflusst. Denn Röhren verdichten das Klangbild und gestalten es fülliger. In unserem Fall haben wir zwei verschiedene, auf Röhrentechnik basierende Kompressoren vorliegen: den Manley Variable Mu und den Requisite L2M. Beide Geräte sind Kompressoren, deren Eigenschaften seit Jahrzehnten geschätzt werden und deshalb kaum modifiziert wurden.

Der Manley Variable Mu steuert die Regelvorgänge mittels einer Röhre. Das Interessante an dieser Technik ist, dass das Kompressionsverhältnis nicht direkt einstellbar ist (trotz des dafür vorgesehen Umschalters von 1:1 auf 1:1,5), sondern sich je nach Pegelüberschreitung über den eingestellten Schwellwert erhöht.⁴⁶ Die Röhre verringert ihre Impedanz mit höherem Eingangspegel. Daraus folgt, dass das Nutzsignal mit steigendem RMS Pegel (Effektivwert) stärker abgeregelt wird. Ergebnis ist eine träge Kompression, deren Färbung in vielen Fällen als angenehm und rund empfunden wird. Man spricht auch davon, der Musik wieder eine Basis oder einen „Bauch“ hinzuzufügen.

Die trägen Regelvorgänge erzeugen eine leichte dynamische Welle im Programmmaterial, die den rhythmischen Verlauf innerhalb der Musik unterstützen kann. Erhöht sich die Dynamik der Musik jedoch in kurzen Zeitintervallen, so sind Vari Mu Kompressoren zu träge, um schnelle Spitzen aufzugreifen und zu regeln. Sie sprechen auf den Effektivwert (RMS) der Pegeländerung an, wobei kurze Spitzenwerte in dieser Bewertung für eine Änderung der

46 aus http://www.digitalprosound.com/2001/02_feb/features/big_squeeze/big_squeeze.htm by Michael Cooper

Regelspannung weniger ins Gewicht fallen. Oft wird das Gerät nur zugeschaltet, ohne nennenswert zu komprimieren. Da das Gerät keinen echten Hard-Bypass zur Verfügung stellt, durchläuft das Nutzsignal die Schaltung und der Röhrenklang steht moderat zur Verfügung. Die Hörbeispiele zeigen einmal den Mix mit allen Filtern und zweimal mit dem Manley Kompressor als einzigen Kompressor, um einen Eindruck vom Klang des Gerätes in beiden Modi zu vermitteln.



5.2.2.3 Opto-Kompressoren

Ähnlich verhält es sich mit einer anderen Technik der Regelsignal-Gewinnung: dem Opto-Prinzip. Optokompressoren gewinnen die Regelspannung mithilfe von Fotodioden, die je nach Intensität des Lichteinfalls ihren Widerstand ändern. Das Audiosignal wird, wie bei den meisten Kompressoren, über einen Seitenkanal abgezweigt und durch die Leuchtdiode in Form von Licht wieder dargestellt. Die Pegelschwankungen zeigen sich in den Intensitätsänderungen der Lichtquelle. Je mehr Licht einer Leuchtdiode oder eines Lämpchens auf der Fotozelle auftrifft, desto geringer wird der Widerstand der Zelle. Fotozellen reagieren auf die Lichtveränderungen keineswegs linear und sind sehr träge in ihrem Verhalten, vor allem bei geringen Intensitätsänderungen. Daher sind kurze Attack- und Releasezeiten nicht realisierbar.⁴⁷

Optokompressoren reagieren insgesamt noch träger als das Vari Mu Prinzip, ähneln diesem aber in ihrem Kompressionsverhalten. Der Requisite L2M Mark III ist ein solcher Optokompressor. Seine Klangeigenschaften dicken den Gesamtsound des Programmmaterials ebenfalls an und sorgen bspw. für eine weichere Transientenabbildung im Snaresound und fügen der Mischung Druck und Bauch hinzu, da besonders im Mittenspektrum eine schöne Färbung erzeugt wird. Insgesamt klingt der Requisite weich und fügt der Aufnahme mehr Röhre und somit mehr Grummeln und Sättigung hinzu.

⁴⁷ vgl. http://mixonline.commagaudio_undertanding_compressors_compression/index1.html by Barry Rudolph 1999 sowie http://www.adt-audio.de/ProAudio_WhitePapers/Kompressor_Praxis_10.html von Gerd Jüngling.



Den Röhrenteil kann man bei diesem Gerät mit Hilfe des Limiter Feedback Reglers einstellen. Der Requisite Kompressor reagiert aufgrund der hohen Energien in Bassignalen und der damit verbundenen stärkeren Reaktion der Fotozellen auf hohe Intensitäten besonders stark auf Bassanteile. Das Limiter Feedback ist eine Art Hochpassfilter, mit dem man den Bassanteil im Regelsignal verringern kann. Dabei verringert man allerdings auch den Röhrenteil im bearbeiteten Signal, da der Kompressor weniger angesprochen wird. Um einen Eindruck der eigenwilligen Farbe des Kompressors zu bekommen liegt auch hiervon ein Hörbeispiel bei, das nur mit diesem Kompressor und den Filtereinstellungen bearbeitet wurde.



AtMyFeet_Referenz_Mix_Kompression_Requisite



HB_Kompression_Requisite_Farbe

5.2.3 Kompressionstechniken

Die Kompression aller Stücke erfolgte in einer Reihenschaltung der Geräte. Zuerst wurde die Kompressionswelle und Dynamikbetonung im CraneSong angesetzt, der dann das Eingangssignal für den Manley Vari Mu erzeugte, soweit er eingesetzt wurde. Der L2M schliesst dann den Vorgang ab. Interessant dabei ist die Wechselwirkung der Geräte, die am Ende des Kapitels näher erläutert wird. Im folgenden Abschnitt werden kurz verschiedene Möglichkeiten bei der Verwendung von Kompressoren erläutert.

5.2.3.1 Serieller Betrieb

Bei 24 96 Mastering werden alle analogen Geräte in Reihe geschaltet. Das bedeutet, daß das Ergebnis einer Bearbeitung am nächsten Eingang anliegt und so den folgenden Regelvorgang anders beeinflussen kann, als wenn wieder der Mix selbst am Gerät anliegt. Die Beschaffenheit des Signals wird also nicht parallel sondern nacheinander verändert und jede Veränderung wird im folgenden Gerät wieder beeinflusst.

5.2.3.2 Side Chain Kompression

Wir haben gesehen, daß alle Kompressoren das Eingangssignal als Regelgröße verwenden und in der Regel aus diesem ihr Regelsignal ableiten. Dabei können aber Probleme aufkommen, die nicht zum gewünschten Ergebnis führen. Wie wir bereits wissen, spielen tiefe Frequenzen wegen ihres hohen Energieanteils eine maßgebliche Rolle für das Verhalten des Kompressors. Wird also ein energiereiches Signal als Regelsignal verwendet, kann dies zu sehr starken Regelvorgängen führen, was ggf. nicht erwünscht ist. Aus diesem Grund gibt es die Möglichkeit, den Kompressor mit einem aufbereiteten Regelsignal zu steuern. Fast alle Kompressoren bieten einen Sidechain Kanal, oft auch Keychain genannt.

Über diesen Einschleifweg kann man das nach den gewünschten Vorstellungen gefilterte oder anderweitig aufbereitete Steuersignal in den Kompressor einspeisen und so den Regelvorgang anders gestalten. Manche Kompressoren werden auch so modifiziert, daß man in den Regelsignalweg des Kompressors einen Hochpassfilter einbaut, der in fester Einstellung zugeschaltet werden kann, um bspw. bei 40 Hz oder 60 Hz das Signal spektral zu begrenzen. Der Manley Vari Mu bietet in unserem Fall diese Filterung des Regelweges. Die Sidechain Methode eröffnet jedoch auch neue Gestaltungsmöglichkeiten, da das Regelsignal völlig vom Nutzsignal entkoppelt ist. Theoretisch könnte man völlig andere Musik oder Einzelspuren aus der Mischung als Steuersignal verwenden. In unseren Beispielen wurde jedoch keine Sidechain-Kompression angewandt.

5.2.3.3 Parallelkompression

Die Parallelkompression bietet die Möglichkeit, das Klangbild auf sehr natürliche Weise zu verändern, ohne den Kompressionsvorgang explizit hörbar zu machen. Das menschliche Gehör kann das Abregeln von Pegelspitzen, sofern hörbar komprimiert, als unangenehm oder störend empfindend. Ein Loch wird hörbar und das Ergebnis klingt unnatürlich. Nutzt man einen Kompressor, der die Dynamik der Musik eingrenzen und Lautheit in ruhigeren Teilen des Stückes gewinnen soll, so muss man, je nach Stärke der Kompression, in Kauf nehmen, daß die Mitten angehoben werden und zu den höheren Frequenzen hin der Klang dunkler und matter wird, als im unbearbeiteten Original. Mischt man nun das unbearbeitete Signal (Dry) zum komprimierten Signal (Wet) hat man beide Vorzüge zur Verfügung: Die Pegelspitzen und das Klangbild des Originals und, durch die begrenzten Anteile des Kompressionssignals, den Pegelgewinn für ruhigere Anteile in der Musik. Beides kombiniert führt zu einem sehr durchsetzungsfähigen und trotzdem musikalischen und dynamischen Ergebnis. Die jeweiligen



Anteile sind frei regelbar.

Im Mixing habe ich dieses Verfahren genutzt, um das Schlagzeug durchsetzungsfähiger und transparenter zu gestalten. Problem dabei sind auch hier Phasenverschiebungen auf Grund von Durchlaufzeiten der Geräte, die aber in der digitalen Domäne über Delay-Kompensation ausgeschlossen werden können. Schwieriger wird es bei analogen Geräten, da korrelierende Anteile zusätzlich zu Zeitvarianzen zu Verfärbungen führen können. Es gibt bereits Hersteller, die das Parallelprinzip implementiert haben. Persönlich gehört habe ich in diesem Zusammenhang den Weiss DS1 MK2, mit dessen Hilfe das Probemaster in den Bauer Studios entstanden ist. Allerdings wurde das Gerät in diesem Fall als Limiter zur Lautheitsgewinnung genutzt.

Das Bauer-Master kann eigentlich nicht objektiv mit dem Album-Master verglichen werden, da nach dieser Mastering-Session der Mix neu ausgearbeitet wurde. Trotzdem ist es interessant, die beiden Master einander gegenüber zu stellen. Der Vergleich ist in der ProTools Session zu Kapitel 8 zum Thema Lautheit vorbereitet.

5.3 Anwendung des Mitte Seite Prinzips im Stereo - Mastering

Aus der Mikrofonierung sind uns verschiedene Stereo Abbildungsverfahren bekannt. Eines davon, das Mitte-Seite Verfahren (MS-Verfahren) kann, im Mastering Prozess Manipulationsmöglichkeiten am Stereobild und andere Korrekturen an einer Stereo Mischung ermöglichen. In den meisten Mischungen finden sich Bass, Gesang und Bassdrum in der Mitte des Panoramas, während räumliche Anteile oder bspw. die Becken des Schlagzeugs und Backinginstrumente, wie Keyboardteppiche, mehr auf den Seiten angeordnet sind. Im Mastering kann das sehr hilfreich sein, da man in manchen Fällen das aufgespaltene Stereosignal in der Mitte und an der Seite nutzt, um Klangbearbeitungen wie Kompression und Filterung begrenzt auf bestimmte Bedürfnisse anwenden zu können.

Heute bieten DAWs oft vorgefertigte Enkodierungs- und Dekodierungsmatrizen, die ein Stereosignal in seine MS Anteile auflösen und wieder zusammenfügen können. Das MS Verfahren ermöglicht die Gewinnung des Mitten- und Seitenanteils durch Summen- bzw Differenzbildung mittels des Monokanals (Summe) und des Seitenkanals (Differenz). Daher ergeben sich folgende Gleichungen:

$$(L + R) \cdot 1 / \sqrt{2} = M \quad \text{und} \quad (L - R) \cdot 1/\sqrt{2} = S$$

Nachdem die gewünschten Korrekturen erstellt sind, wird das MS-Signal wie folgt wieder zu L und R dematriziert:

$$L = (M + S) \cdot 1/\sqrt{2} \quad \text{und} \quad R = (M - S) \cdot 1/\sqrt{2} \quad 48$$

Das Interessante an der MS Bearbeitung ist, dass bspw. etwas zu grelle Overheads, die im Mix in der Regel mehr auf den Seiten positioniert sind, mit Hilfe eines Filters entschärft werden können, ohne die Signalanteile der Mitte zu verändern.

Auch eine separate Kompression wird dadurch möglich, muss aber kritisch geprüft werden. Unterschiedliche Kompressionsraten und Regelzeiten auf dem M-Signal und S-Signal verursachen unterschiedliche Amplitudenmodulationen durch den Regelverstärker. Dies kann zu einem nicht immer erwünschten Pumpeffekt des Stereobildes führen. Das Klangbild wird unruhig und wirkt unnatürlich. Dennoch kann es manchmal sinnvoll sein, unterschiedliche Kompressionseinstellungen oder andere Bearbeitungen an nur einem der beiden Elemente vorzunehmen. Bedingung ist immer der Nutzen für das Produkt.

Ob man sich für eine LR oder MS Bearbeitung entscheidet, hängt also immer mit dem gewünschten Effekt zusammen. Will man bspw. den Bass etwas reduzieren, kann Filtern im Mittensignal schon ausreichen und man lässt die gefilterten Anteile im Seitensignal somit unangetastet. Auch Resonanzprobleme von Aufnahmeräumen oder überbetonte Tiefen im Hallanteil der Mischung können vermehrt im S-Signal vorkommen. Wenn man diese Überbetonungen im LR Signal filtert, werden auch Bass- und Bassdrumsound maßgeblich beeinflusst. Findet man die Resonanzen isoliert auf dem S-Signal, kann die Wärme und der Druck im M-Signal erhalten werden und das S-Signal im betroffenen Frequenzbereich abgesenkt werden.

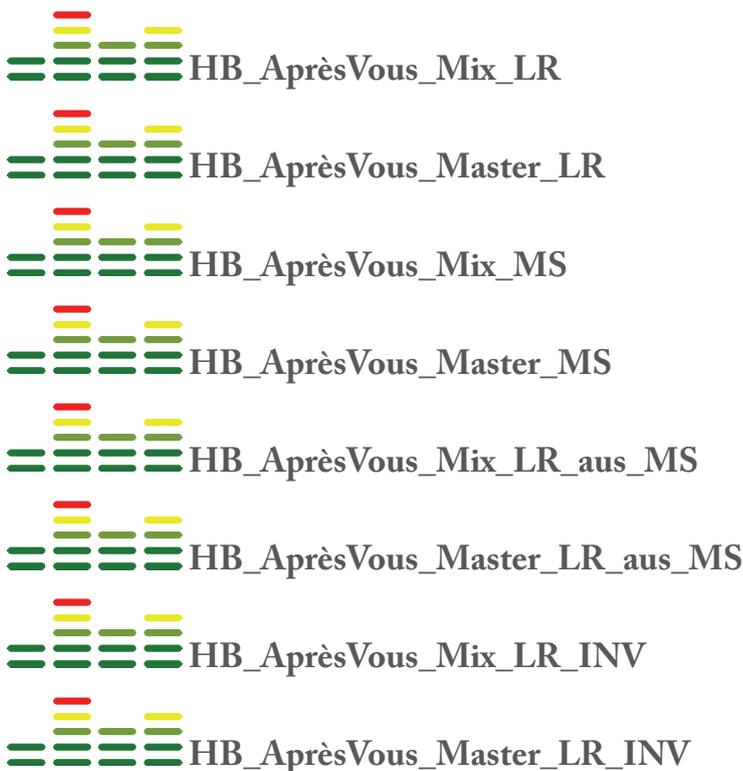
Zudem ist es möglich, dem Seitensignal künstlich Hall hinzuzufügen, ohne dabei im M-Signal etwas hinzuzufügen. Das Stereobild lässt sich mit dieser Methode verbreitern. Wie man diese Modifikation der Bearbeitung nutzt, unterliegt, wie alle hier aufgeführten Prozesse, immer dem Nutzen und der kritischen Beurteilung durch den Masteringingenieur. Bei unserer Beispielproduktion wurden beide Bearbeitungsvarianten (also LR und MS) verwendet. Die Es liegen Hörbeispiele in einer ProTools Session bei, die es möglich macht, selbst auszuprobieren, welchen Effekt die unterschiedlichen Bearbeitungen auf das Klangbild haben können.

48 vgl. Dickreiter (1997) Handbuch d. Tonstudioteknik, S, 291-292



Hierfür wurden die ursprüngliche Mischung und das Master in MS-Signale aufgeteilt und angepasst.

Da die DAW keine MS-Matrix implementiert hatte, wurden die Signale händisch nach der mathematischen Vorschrift erzeugt. Überlagert man das L-Signal mit dem phasenrichtigen R-Signal (R), so entsteht, nach der Vorschrift, das Summensignal (M). Dann wird das R-Signal dupliziert und in seiner Phase um 180° gedreht (-R). Werden L und -R überlagert, entsteht das Differenzsignal (S), das wieder aufgezeichnet werden kann. Das S-Signal muss nach der eventuell gewünschten Manipulation dann dupliziert, in der Phase gedreht und einmal Phasenrichtig und einmal Phasenverdrehet mit dem M-Signal überlagert werden. (Es entstehen +S als linke Seite und -S als rechte Seite.) Dabei sollte man darauf achten, dass das M-Signal immer als Mono-Signal und nicht in der Mitte eines Stereokanals mit den S-Signalen überlagert wird, damit das LR Ergebnis nach der Dematrizierung mit dem LR-Ergebnis davor übereinstimmt. Der Faktor $1/\sqrt{2}$ ($\sim 0,71$) reduziert die Leistung der durch die Summen- bzw. Differenzbildung erhöhten Pegel im richtigen Maß, damit das MS-Ergebnis dem LR Ergebnis entspricht. Das heißt, dass M- und beide S-Signale um rund 29 % im Pegel abgesenkt werden müssen. Logarithmisch ausgedrückt bedeutet dies, den Pegel um $20 * \log 0,71 \approx -3,01$ dB abzusenken.



5.4 Zusammenfassung der Klangbearbeitungen anhand der ausgewählten Hörbeispiele

Die bisher beschriebenen, grundlegenden Bearbeitungsmöglichkeiten sind vielfältig und wirksam. Doch erst in der Kombination und Wechselwirkungen der einzelnen Bearbeitungsprozesse entsteht, zumindest in unserem Fall, das Endergebnis. Im Folgenden werden unsere drei Beispiele näher erläutert und die Probleme und Lösungen noch einmal zusammengefasst:

It Is Mine

Die Mischung von *It Is Mine* barg, wie bereits oben angerissen, die meisten Probleme in sich. Insgesamt war sie sehr dicht und hatte im Subbass bei 40 Hz sehr viel Energie, die zuerst im DAW Filter herausgenommen wurde. Die bereits erwähnten Resonanzreduzierungen im LR-Modus bei 319 Hz und 359 Hz bewirkten hier, dass die Stimme nasal und pappig zu klingen begann. Ihr fehlte die spektrale Anbindung nach unten. Hinzu kommt, dass man immer abwägen musste, ob mehr Klarheit oder mehr organischer Klang gewünscht war. Um die Resonanzen zu eliminieren und das Vocal-Problem zu lösen, wurden die stark hervortretenden Resonanzen temporär mittels Spectral Cleaner beseitigt und so das untere Spektrum möglichst unbearbeitet gelassen. Dieser Vorgang wird in Abschnitt 6.2 näher erläutert.

Außerdem wurden auf dem S-Anteil ein Hochpassfilter ab 100 Hz angesetzt, um das Mulmen in den Tiefen auf der Seite zu reduzieren und dadurch auch in der Mitte für mehr Klarheit zu sorgen. Insgesamt klang der Mix auch nach der Vorfilterung eher mittenbetont und dumpf. Mit Hilfe des Avalon Filters wurde im Subbass-Bereich bei 35 Hz sowohl im M-Signal (-0,5dB) dB als auch an der Seite (-1 dB) schmalbandig gefiltert. Eine exakte Güteangabe ist nicht möglich, da die Angaben auf dem Filter nicht den mathematischen Werten entspricht. Es kam die typische Avalon-Farbe hinzu und die Reduktion der Subbass-Überbetonung verminderte den dumpfen Klang, konnte aber noch kein optimales Ergebnis liefern. Es blieb bei einem Kompromiss.

Der CraneSong wurde, im LR Modus gelinkt, für beide Kanäle mit eher langem Attack und mittlerem bis kurzem Release betrieben. Der eher transparente Hara Mode kombiniert mit dem Requisite L2M Tubesound vervollständigte das Bild indem er die Präsenz der Snare-Transienten etwas milderte und dem Mix die nötige Fülle hinzufügte. Die Wechselwirkung der beiden Geräte ermöglicht es, den transparenteren und helleren Hara-Klang zusammen mit den Röhren wärmer und weicher zu gestalten. Diese Kombination ermöglichte mehr Punch



in der Snare und den Gitarren und erzeugte gleichzeitig weichere, aber spritzige Höhen und Mitten.

Leider blieb *It Is Mine* bis zum letzten Schritt in der Bearbeitung ein Sorgenkind. Die Aufnahme-probleme und Fehler der Mischung waren in diesem Fall schwerer auszugleichen.

 HB_ItIsMine_Bridge_Ref_Mix

 HB_ItIsMine_Bridge_Ref_Mix-INV

 HB_ItIsMine_Bridge_Ref_ResonanzEQ

 HB_ItIsMine_Bridge_Reff_ResonanzEQ_AnalogChain

 HB_ItIsMine_Bridge_Ref_ResonanzEQ_AnalogChain_MasterEQ

 HB_ItIsMine_Bridge_Ref_ResonanzEQ_AnalogChain_Limited_LeveledToMix

 HB_ItIsMine_Schluss_Mix

 HB_ItIsMine_Schluss_Mix-INV

 HB_ItIsMine_Schluss_ResonanzEQ

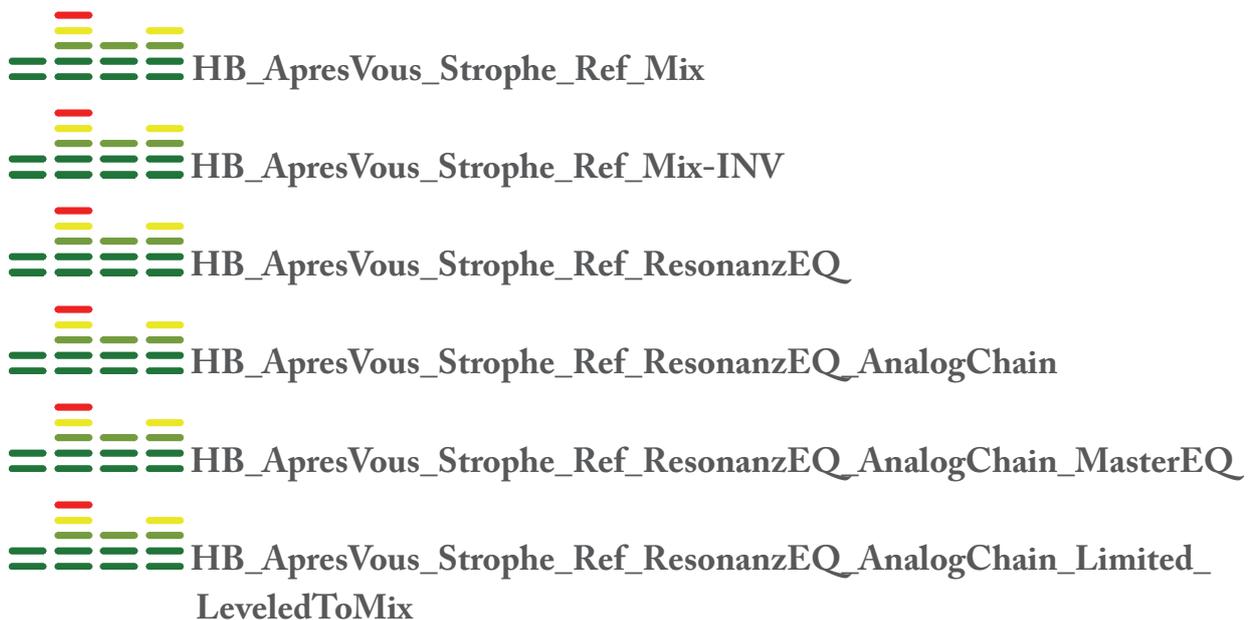
 HB_ItIsMine_Schluss_ResonanzEQ_AnalogChain

 HB_ItIsMine_Schluss_ResonanzEQ_AnalogChain_MasterEQ

 HB_ItIsMine_Schluss_ResonanzEQ_AnalogChain_Limited_LeveledToMix

Après Vous La Déluge

Après Vous war in der Mixversion wesentlich dünner und spitzer. Die Tiefen bei 150 Hz waren eher unterbetont. Nach der Resonanzbearbeitung bei 317 Hz wurde mit Hilfe des Avalon Filters die Tiefen schmalbandig angehoben (M-Signal 150 Hz +1dB, S-Signal +0,5 dB), um die Unterbetonung zu korrigieren. Danach kamen wieder der CraneSong und der Requisite L2M zum Einsatz, um, ähnlich wie bei *It Is Mine*, den Groove und den Punch bzw. den Bauch der Musik hervorzuheben und die Farbe hinzuzufügen.



At My Feet

Bei *At My Feet* wurde zusätzlich zur Resonanzbearbeitung im DAW-Filter eine Anhebung bei 180 Hz angesetzt. Diese Filterung half, den Bassdrum-Kick, der zu sehr im Vordergrund war, zu mildern und durch den erhöhten Tiefenanteil satter zu gestalten. Der Avalon-Filter korrigierte die unteren Mitten (500 Hz, mittlere Güte, -0,5 dB) und milderte die Overheads in den Höhen (12 kHz, -2dB Peak Dip), die zu kantig und harsch klangen.

In der Dynamikbearbeitung kamen in diesem Fall alle drei Kompressoren zum Einsatz. Der Manley wurde kaum in die Kompression gefahren (Threshold MAX) und mit eher langsamen Attack und relativ schnellem Release dazu gebracht, eine leichte Pumpwelle zu erzeugen und der Mischung Bauch zu geben. Die Empfindlichkeit des Regelvorgangs für Frequenzen unter 45 Hz wurde mit dem implementierten Hochpassfilter begrenzt, damit die Pumpbewegung



nicht zu sehr von den Bassanteilen der Mischung gesteuert wird. Der Röhrenklang stand also im Vordergrund.

Danach kam der Crane Song für die rhythmische Bewegung dazu. Er wurde relativ stark in die Kompression gefahren (Threshold zw. 3 und 4), was den pumpigen Eindruck verstärkt. Der L2M wurde auch hier wieder für den Punch hinzugefügt.

 HB_AtMyFeet_Bridge_Mix

 HB_AtMyFeet_Bridge_Mix-INV

 HB_AtMyFeet_Bridge_ResonanzEQ

 HB_AtMyFeet_Bridge_Resonanz_AnalogChain

 HB_AtMyFeet_Bridge_ResonanzEQ_AnalogChain_MasterEQ

 HB_AtMyFeet_Bridge_ResonanzEQ_AnalogChain_MasterEQ_Limited_LeveledToMix

Am Ende der Mastering Session zeigte sich jedoch, dass die Bereiche der unteren Mitten und der Bässe immer noch zu stark betont waren. Mittels eines weiteren DAW Filters wurde die Fülle des Klangs tonal korrigiert und so das Endergebnis erstellt. Der MasterEQ (Abb. 29) lag also bei allen Stücken am Ende der Bearbeitungskette.

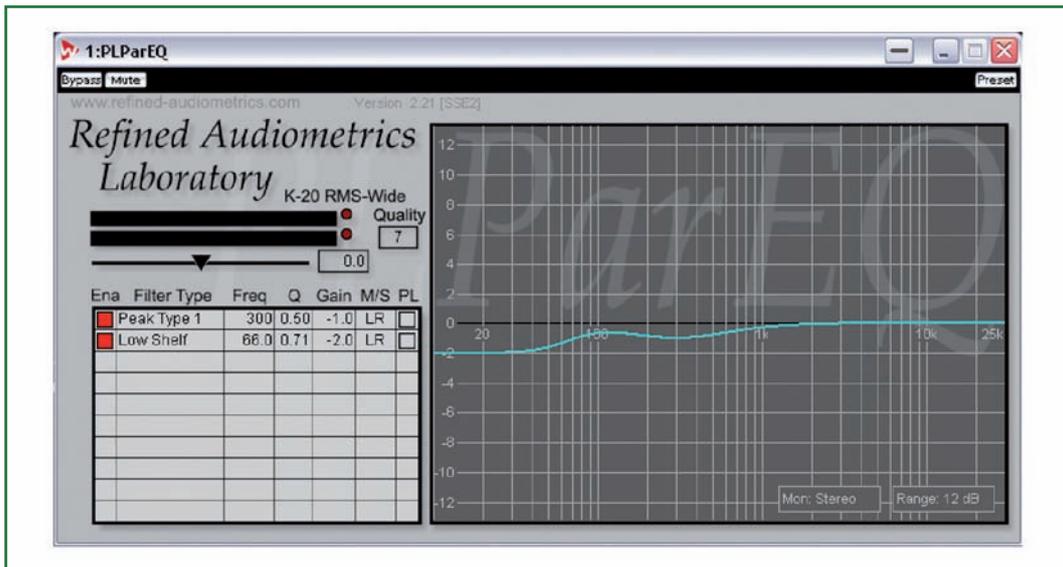


Abb. 29) Master EQ Bildschirmfoto aus DAW 24-96 Mastering, Karlsruhe

Die Hörbeispiele sind in der ProTools Session zum Kapitel untereinander phasengleich angelegt und jeweils mit einer phasengedrehten Version des Mixes versehen. Es wird eine sukzessive Rekapitulation der Klangbearbeitungsschritte möglich. Dabei wird bereits auch die Endversion nach der Lautheitsbearbeitung mitgeliefert. Dieser Vorgang wird in Kapitel 8 genauer erläutert.



6 Editing

6.1 Schnitt und Blende als technisches und gestalterisches Mittel

Heute sind die technischen Möglichkeiten der DAWs im Vergleich zu früheren Zeiten des Tonbandschnitts um ein vielfaches komfortabler und exakter.

Alle Arbeitsschritte können durch die non-destruktive Philosophie der digitalen Arbeitsabläufe jederzeit wieder rückgängig gemacht werden. Der vereinfachte Umgang hilft dabei, schneller zu sehr guten Ergebnissen zu gelangen. Schnitte werden möglich, die auf Tonband, wenn überhaupt, nur mit Umspielen des Materials unter Qualitätsverlust und hohem Zeitaufwand herzustellen sind. Die Vielfalt der möglichen Formen und Zeitvarianten von Blenden in einer DAW ist nur durch die Sampledauer als kürzestmöglichem Zeitintervall und der möglichen Überlappung, dem Schnitt“fleisch“ des digitalen Materials, begrenzt. Welchen Einfluss man bei diesem Schritt des Masterings auf das Audiomaterial in der Bearbeitung nehmen kann, soll der folgende Abschnitt näher erläutern.

Zunächst ist Editing als mechanischer Korrekturprozess zu verstehen, wenn bei den angelieferten Dateien beispielsweise zu Beginn und Ende noch längere Zeit Atmosphäre des Aufnahmestudios zu finden ist. Besonders wenn Störgeräusche enthalten sind, können diese die Aufmerksamkeit des Zuhörers von der eigentlichen Wirkung des Musikstückes ablenken und die Wirkung des Stückanfangs beziehungsweise -endes, die der Künstler beabsichtigt, verfälschen.⁴⁹

Um dies zu verhindern, müssen Anfang und Ende eines Stückes immer vollständig gesäubert sein und das über das ganze Album hinweg, sofern Geräusche nicht beabsichtigt verwendet werden, um einen speziellen Ausdruck oder eine damit verbundene Ästhetik zu erhalten. Störgeräusche lassen sich durch Hinzufügen von atmosphärischem Ton kaschieren und verdecken, abgeschnittene Hallfahnen eines Stückendes können nachverhallt werden. All diese Arbeiten fallen unter dem Begriff Editing zusammen.

Die Art und Weise, wie ein Musikstück eingeblendet und ausgeblendet wird, muss unter musikalischen Gesichtspunkten betrachtet werden. Schnelles Einblenden funktioniert bei laut beginnenden Stücken aus der Rock und Popmusik. Balladen dagegen beginnen häufig ruhiger, oft nur mit Gesang als Auftakt. Als Zuhörer nimmt man den räumlichen Hintergrund oder das leise Rauschen des Gitarrenverstärkers trotzdem unterschwellig wahr. Es existieren keine lauterer Anteile, die diese Signalanteile verdecken könnten. Eine langsame Blende wirkt in

⁴⁹ vgl. Katz, Mastering Audio (2007), S.99

diesem Kontext natürlicher, weil sie den Zuhörer in eine ruhige Umgebung einführt, wie das Gehör es in einer natürlichen Hörumgebung empfindet. Instrumentenspezifische Geräusche, wie Saitengeräusche oder das Einatmen des Sängers gehören zur musikalischen Darbietung und sollten gerade am Songanfang nicht entfernt werden. Werden sie abgeschnitten, wirkt es meist künstlich und entspricht nicht der natürlichen Hörerwartung.⁵⁰ Man muss sich vor Augen halten, dass alle Menschen gewisse Hörerfahrungen in Ihrem Leben abspeichern und als natürlich empfinden. Zudem werden Geräusche auch als emotionales Element des Musikers eingesetzt und gehören zum Stil des Instrumentalisten oder Sängers .

Schnelle Ein- oder Ausblendungen können im Sinne der Ästhetik hilfreich sein, wenn das abrupte Moment in der Musik vorhanden ist und mit dem Fade unterstützt wird. In der Rockmusik werden in der Mischung gerne schnell schließende Gates eingesetzt, um bei akzentuiert gespielte Rhythmusgitarren den Abdämpf-Moment eines Akkordes stärker zu betonen und nachfolgende Nebengeräusche, die den Stop-Effekt vermindern, auszublenden. Letztlich handelt es sich dabei ebenfalls um einen sehr schnellen Fade-Out, den man im Masteringstudio mittels kurzer Linearblende oder cosinusförmig eingestellter Blende erzeugen kann. Die Erfahrung bei Überblendungen zeigt jedoch, dass häufig Blenden von 2 Sekunden und mehr, natürlicher wirken und Pegeldifferenzen der Teile, die ineinander überführt werden sollen, unhörbar ausgleichen helfen.

6.2 Störgeräusche entfernen

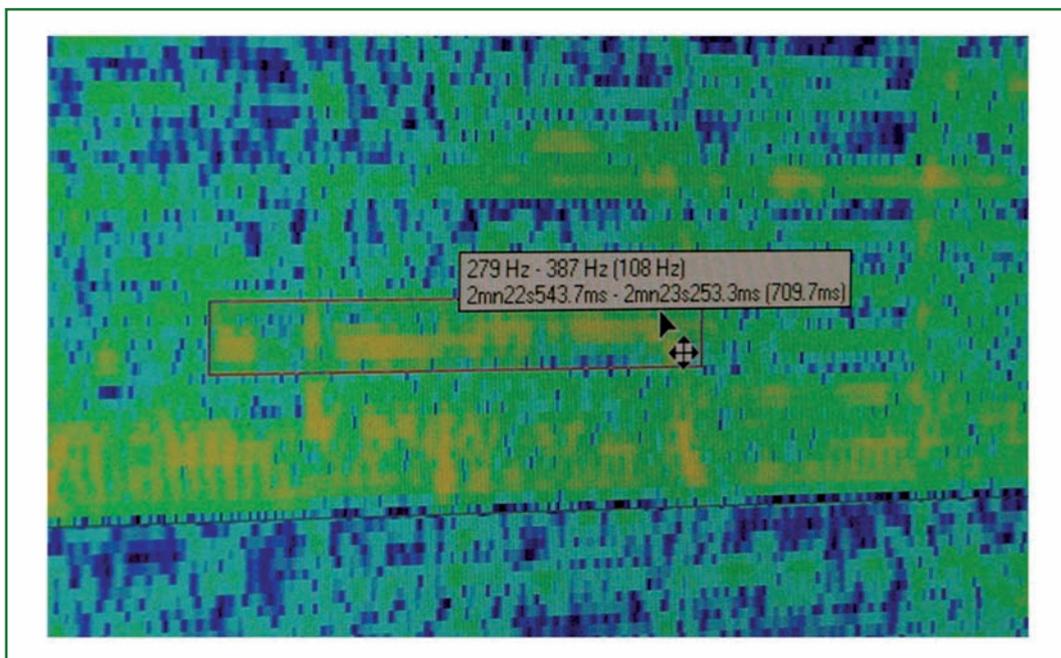
Wie man sieht, kann man durch geschickte Fades und deren Positionierung geräuschhafte Fehler ausblenden und sich dabei den Verdeckungseffekt zu nutzen machen. Aber dies gelingt fast ausschließlich an Songanfängen und -Enden oder längeren Pausen innerhalb des Stückes. Wenn also innerhalb der musikalischen Darbietung Klick- und Rauschartefakte auftreten, bedarf es oft anderer Mittel der Korrektur, da Schnitte häufig, aber nicht immer ideale Ergebnisse liefern.

Die Softwareindustrie bietet hierfür sehr umfangreiche Restaurations-Werkzeuge an. Von De-Cracklern und De-Scratchern über adaptive Entrauschungsfilter bis hin zu ganz speziellen Werkzeugen, wie den De-Buzzer, der Netzstörungen im Signal analysieren und beseitigen kann. Im Folgenden möchte ich nur die Anwendung beschreiben, die bei dieser Produktion eingesetzt wurde.

50 vgl. ebd.



In unserem Fall gab es bei *It Is Mine* immer wieder kurzzeitige Resonanzhuper die sowohl im Mitten- wie auch Seitenanteil hervorstachen. Durch globale Filterung würde dem Song jedoch Wärme genommen. Also entschied sich Robin, diese zeitlich und spektral temporär zu isolieren und auszulöschen. Das Werkzeug dafür, der Spectral Cleaner, ist in einigen Softwarepaketen bereits Standard und bietet die Möglichkeit, solche Resonanzen grafisch zu erkennen und in einem Spektrogramm zu markieren. Abbildung 32) zeigt eine solche Darstellung mit dem markierten Frequenzbereich, der korrigiert werden soll.



*Abb. 30) Spectral Cleaner Darstellung der Resonanzen Bildschirmfoto aus DAW
24-96 Mastering, Karlsruhe*

Die Software analysiert mit Hilfe einer kurzzeitigen FFT⁵¹ den markierten Bereich und zeigt die spektralen Pegel als farblich unterschiedlich angezeigte Felder. Je höher der Pegel, desto heller die Farbe. In der Grafik werden horizontale Linien oder Balken sichtbar, wenn es zu tonalen Störungen kommt. Breitbandigere Störungen werden, je nach Impulsdauer, als vertikale Linien oder Balken sichtbar. Diese Bereiche können markiert und gelöscht werden. Dabei interpoliert das Programm anhand der zeitlich um sich liegenden Signalinformationen

51 Die Fast-Fourier-Transformation ist eine mathematische Operation, die ein Signal von der zweidimensionalen Amplitudendarstellung über der Frequenz in eine Frequenzdarstellung über der Zeit umformt, wobei in der hinzukommenden Z-Achse der Pegel angezeigt wird. Die Computergrafik verzichtet auf eine dritte Koordinatenachse und zeigt die Pegelstärke mittels Farbverläufen von Blau, für niedrige Pegel, bis Rot, für hohe Pegel, an)

das spektrale Gefüge im markierten Korrekturbereich und füllt diesen auf. Vorsichtig angewandt, kommt man mit dieser Methode zu sehr guten Ergebnissen.⁵²

6.3 Stem Mixing - Eine Stütze in letzter Instanz

Bei *Dave* und *Après Vous* wurden bereits im Mixstudio Unsicherheiten in den Mischungen hörbar. Die Stücke hatten im Gesang die Tendenz zu wenig Präsenz bis hin zu unverständlichen Textpassagen. Grund dafür waren Meinungsverschiedenheiten und Geschmacksunterschiede zwischen Techniker und Künstler. Der Künstler tendierte zu Beginn der Mix Sessions dazu, Gesang weiter innerhalb der Band zu bevorzugen, während ich Sprachverständlichkeit in den Konsonanten als Untergrenze der Wahrnehmung sah und mehr Vordergründigkeit des Gesangs bevorzugte, wie es beispielsweise bei *Crocodile* der Fall ist. Ergebnis war, nach einer Einigung mit dem Künstler, daß einzelne Gesangsparts (Refrains sowie Intro mit Einsatz der Roboterstimmen bei *Dave*) dieser Stücke noch angehoben werden sollten, wofür aber im Studio keine Zeit mehr war.

Für den Titel *Dave* wurden neben der Anhebung des Intro- und Refrain-Gesangs noch verzerrte Gitarren und ein Gesangseffekt benötigt. Bei den Gitarren war der Eindruck entstanden, dass sie mit ihrem ersten Einsatz nach dem Intro nicht genug Energie hatten, um den entsprechenden Effekt der Steigerung zum Songauftakt hin zu liefern. Außerdem war der Gesang in der lauten Bridge zum Schluss hin mit einem Delay Effekt versehen, der bei der ausgespielten Mix-Version nicht so vorlag, wie ursprünglich gedacht. Das Delay wiederholte sich nur einmal anstatt dreimal. Durch den bereitgestellten Stem mit Effekten konnte dies korrigiert werden. Der Song *Dave* wird in der ProTools Session bereitgestellt. Hier kann man selbst ausprobieren, welche Möglichkeiten mit den Stems zur Verfügung stehen.

Gut vorbereitete Stems sollten mit im Mix eingestellter Lautheit, Panorama und allen Effekten mitgeliefert werden. Dabei können algorithmisch erzeugte Halleffekte oder Delays problematisch werden, weil sie nie zweimal das absolut identische Signal wiedergeben können, wie dies bei Faltungshalls der Fall ist. Die Impulsantworten der Faltungshalls sind feste Größen während Algorithmen immer Zufallsergebnisse eines Hallsignals liefern. Sie interpolieren die Raumanteile, während bei Faltungshalls die Rauminformation in den Impulsantworten bereits vorliegen und mittels einer Fouriertransformation in den Frequenzbereich exakt übertragen werden.⁵³ Die benutzten Hallmaschinen basieren auf der Interpolationsvariante, weshalb wir

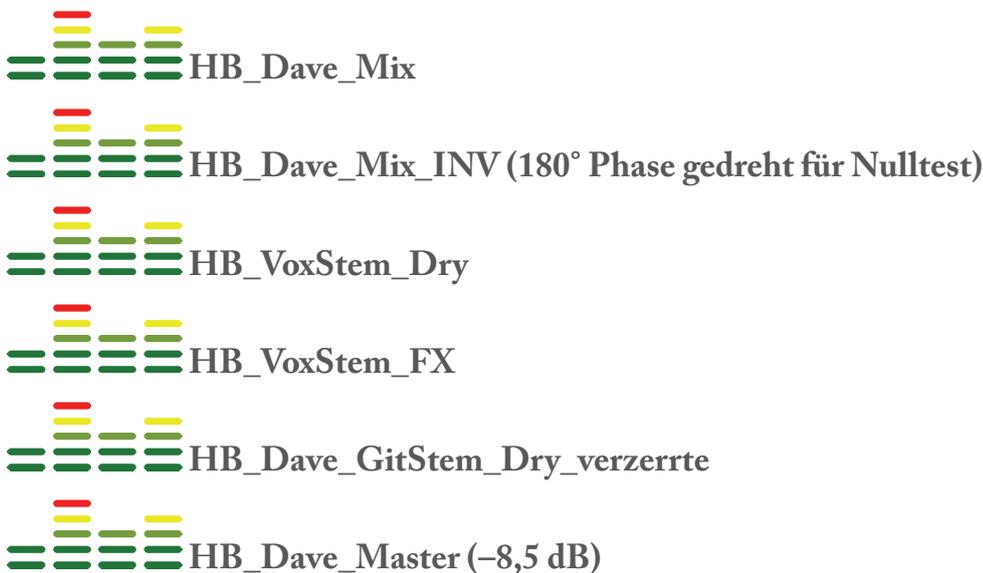
52 vgl. Maempel, Weinzierl, Kaminski: Audiotbearbeitung. in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d.Audiottechnik Kap. 13 S.773.

53 vgl. Zölzer: Signalverarbeitung, Filter und Effekte, sowie Müller: Messtechnik.in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d.Audiottechnik, Kap. 15 S. 846 sowie Kap. 21, S.1094



uns dazu entschlossen, eine effektfreie Stemversion zusätzlich zu generieren, für den Fall, dass bei der Überlagerung zu große Phasenprobleme im Hallsignal auftreten sollten. Man kann in diesem Zusammenhang jedoch nicht davon ausgehen, dass algorithmisch erzeugte Hallanteile einer Mischung nicht zu verwenden sind. Um sicher zu gehen, kann der Masteringingenieur die Kompatibilität beider Varianten durch einen Nulltest prüfen.

Nulltest bedeutet, dass in unserem geschilderten Fall der Gesangs-Stem in seiner Phase 180° gedreht, am Originalsong samplegenau parallel angelegt und hinzugemischt wird. Löscht sich der Gesangsanteil gut aus, kann man von einer guten Kompatibilität ausgehen, sollte aber unter allen Umständen genau hinhören, wenn man den Stem hinzufügt, ob es dabei nicht doch zu Problemen kommt. Löscht sich das Signal nicht gut aus, muss beim Zumischen mit phasenbedingten Problemen wie Auslöschung oder Überbetonung im Klangbild gerechnet werden. Diese Vorgehensweise ist im Übrigen ein gutes Hilfsmittel in vielerlei Hinsicht. Man kann zwar mit diesem Test nicht feststellen, warum ein Signal korreliert, aber Artefakte der Korrelation hörbar machen. Viele Probleme der Zeitdomäne und nichtlineare Verzerrungen, wie Clipping Artefakte, kommen dabei zum Vorschein. Die Hörbeispiele helfen dabei, den Prozess noch einmal nachzuvollziehen und die Wirkung selbst auszuprobieren. Die Master Version des Songs muss im Pegel angepasst werden, um den Vergleich zu ermöglichen, wenn man die Datei in einer anderen DAW verwendet.



Unser Beispiel ist eine relativ häufig vorkommende Variante des Stem Mixings. Im Zuge meiner Recherchen zu möglichen Arbeitsweisen erfuhr ich in einem Gespräch mit Robin Schmidt, dass Ralf Meyer, Eigentümer der Tucan Studios in Kornwestheim, dazu neigt, sich alle Instrumente- und Vokalgruppen als Stems anliefern zu lassen. Im Grunde genommen

setzt er im Mastering einen neuen Mix nach dem Mix auf und summiert die Stems auf einer Konsole. Dabei bearbeitet er die Stems häufig in einem ungewöhnlichen Parallelmodus, bei dem ein Stem mehrfach am Pult anliegt und durch diverse Geräte parallel durchgeschleift wird. Problematisch bei dieser Arbeitsweise sind, wie bereits beschrieben, Phasenverschiebungen. Leider konnte ich Ralf Meyer nicht für diese Arbeit gewinnen, um auf seine Vorgehensweise näher einzugehen. Dennoch erscheint mir dieses Beispiel der Bearbeitung erwähnenswert, da es mehr dem Prozess der Mischung als dem herkömmlichen Masteringablauf zuzuordnen ist und zeigt, dass die Möglichkeiten in diesem Feld sehr vielfältig sind. Ob man dabei noch von Mastering sprechen kann, wird in Kapitel 9 noch einmal thematisiert werden.



7 Das Gesamtkunstwerk

Bisher haben wir an einzelnen Stücken gearbeitet, deren Unzulänglichkeiten und Fehler betrachtet, korrigiert und die Songs in einen tonalen Kontext zueinander gesetzt. Jetzt gilt es, das Album als ablaufendes Ganzes zu betrachten und zusammenzufügen. Die Reihenfolge der Stücke wurde in unserem Fall vom Künstler selbst gewählt. Es stellt sich die Frage, inwiefern es Regeln und künstlerische Begründungen dafür gibt, wie man bei einer Zusammenstellung vorgehen kann oder sollte.

Die folgenden Hörbeispiele zu den folgenden Abschnitten befinden sich in der nach dem Kapitel benannten ProTools Session.

7.1 Titelfolge und Pausen

Grundsätzlich muss man ein Album als eine künstlerische Einheit betrachten. Die Titelfolge kann als dramaturgischer Bogen eines Albums gesehen werden, der dem Zuhörer als emotionaler Leitfaden dient und das Hörerlebnis positiv beeinflussen kann. Dabei sollten intellektuelle Entscheidungen eher im Hintergrund stehen. Ein Album in Abhängigkeit von literarischem Inhalt zu beurteilen und die Reihenfolge danach auszurichten, wird nicht zwingend gut funktionieren. Sinnvoller ist es, musikalische Zusammenhänge und Wechsel ins Auge zu fassen und sich daran zu orientieren und Höhen und Tiefen, Gefühle und Klang eines Albums wahrzunehmen und zu nutzen und dem Album eine „Gestalt“ zu geben.⁵⁴

Musik wird im Allgemeinen häufig mittels Tonträgern konsumiert. Dennoch wissen die meisten Zuhörer um die Besonderheiten eines Konzerts. Unter diesem Aspekt macht es Sinn, ein Album als Konzertvortrag zu betrachten. Voraussetzung hierfür ist, dass der Künstler sein eigenes Konzept noch nicht gefunden hat und darauf besteht, wie es bei echten Konzeptalben, wie „The Wall“ von Pink Floyd, der Fall ist. Live Musik wird in Sets eingeteilt, die eine Funktion innerhalb der Veranstaltung erfüllen. Das Publikum soll einerseits von der Musik animiert, angezogen und emotional geführt werden und verschafft andererseits den Künstlern Ihre Pausen, um Luft zu holen und das Publikum auf die folgende Stimmung des Stückes vorzubereiten. Ähnlich verhält sich die Situation auf einem Album für den Zuhörer.⁵⁵

54 vgl. Katz (2007) Mastering Audio S.94

55 vgl. ebd.

Die Kunst dabei ist, den Fluss der Musik zu gestalten und Anfang und Ende der Songs zu nutzen, um sie ineinander einzuleiten. Je nach Beschaffenheit des Albums entscheidet man sich für die Zusammensetzung der Sets. Auch harmonische Zusammenhänge der Tonarten zwischen den Stücken können hilfreich für die Anordnung sein. Der Anfang des Albums entscheidet, wie anziehend ein Album auf den Zuhörer wirkt. Ebenso wichtig ist der Schluss des Albums, mit dem man den Zuhörer auf das Ende des Hörerlebnisses einstimmen kann und ihn so zufrieden zurück lässt. Insgesamt gilt es, einen musikalisch ästhetischen und emotionalen Verbund der Stücke zu erzeugen, der das Album als Gesamtkunstwerk erscheinen lässt.

Um einen anschaulichen Eindruck dieses Vorgehens zu bekommen, möchte ich dies anhand des ersten Sets des Siambok Albums aufzeigen. Es besteht aus drei Stücken. Track 01, *Take It Out On Me*, ist der auf diesem Album gewählte Einstieg, welcher den Zuhörer auf die Musik in Ihrer Vielfalt und klanglichen Eigenart einstimmt. Der Schlagzeugpart zu Beginn führt den Zuhörer an die Band heran und diese übernimmt mit der ersten Strophe die Führung. Es ist ein Stück mit ruhigem bis mittlerem Tempo und steigert sich am Ende in seiner Lautheit und Härte auf ein recht hohes Niveau. Der nächste Song, *Après Vous*, führt Tempo und Lautheit des Schlusses von Track 01 ohne größere Pause direkt weiter, ist aber fröhlicher und treibender. Er animiert zum Tanzen. Die letzte Minute ist sehr reißerisch, klanglich sehr voll und endet auf diesem Niveau, ohne einen ruhigeren Schluss, mit einem Abschlag. Track 03, *It Is Mine*, hat ein ähnliches Tempo wie die beiden vorausgegangenen Stücke und beginnt ebenfalls nach nur zwei Sekunden Pause mit Robotergesang. Wegen seiner etwas geringeren Durchschnittslautstärke ermöglicht er dem Zuhörer eine kurze Verschnaufpause, bevor der erste Höhepunkt des Albums im Refrain von *It Is Mine* erreicht wird. In den letzten zwei Minuten des Stückes geht der harte und rockige Charakter des Stückes zurück. Es gestaltet sich durch Chöre und einen in Harmonie und Melodie anders beschaffenen Teil, der sich zunächst steigert, dann aber in einen choralen Schlussgesang mündet und den Zuhörer wieder zurück in die Realität holt. Das folgende Intro zu *Step Up* setzt erst nach fünf Sekunden ein, das ist die erste längere Pause auf dem Album.

Im Grunde ähneln sich die hier untersuchten Stücke in Abläufen und Sounds, und doch sind sie so unterschiedlich, dass ein dramaturgischer Bogen von Stück zu Stück gespannt werden kann. Die Pausenlängen sind aus meiner Sicht nicht immer optimal gewählt, da manche Stücke nach längeren Pausen verlangt hätten. Beispielsweise bricht Track 06 (*Lovin' World*) stilistisch aus den anderen Stücken aus. Akustikgitarren und weichere Synthiesounds prägen das Bild. Da das vorangegangene Stück wesentlich rockiger komponiert ist und der Zuhörer bereits auf einer dauernden Welle harter Sounds getragen wird, ist es aus meiner Sicht an



dieser Stelle angebracht, die Pause mindestens 3 Sekunden lang zu machen oder sogar noch länger. Die folgenden Hörbeispiele zeigen verschiedene Pausenvarianten mit ausreichendem Vorlauf, um den Gesamteindruck zu wahren. Denn hört man einen zu kurzen Ausschnitt, fällt die Pausenentscheidung in der Regel kürzer aus, als wenn man das ganze Stück oder gar das ganze Album bis dahin durchgehört hat. Auch die Zusammenstellung kann aus meiner Sicht anders gesetzt werden. Welches aber im künstlerischen Sinne die beste Form ist, kann nicht explizit angegeben werden und liegt, wie in diesem Beispiel, immer im Ermessen des Künstlers selbst.

 HB ganzes Album in 16 Bit upsampled auf 24 bit

 HB ganzes Album in 24 Bit

 HB_Pause_Track02_zu_Track03_original

 HB_Pause_Track02_zu_Track03+_1_Sekunde

 HB_Pause_Track05_zu_Track06_original

 HB_Pause_Track05_zu_Track06+_2_Sekunden

 HB_Pause_Track05_zu_Track06+_2.5_Sekunden

 HB_Pausen_Track05_zu_Track06_-0,5_Sekunden

7.2 Levelling

Nachdem das Album in seiner vertriebsfertigen Form vorliegt und der Kontext bestimmt ist, gilt es die Stücke in ihrer empfundenen Lautheit zueinander zu überprüfen, die Übergänge dabei zu betrachten und anzupassen. Oft verändert sich der Durchschnittspegel durch die vorangegangene Klangbearbeitung bereits erheblich, sodass sich technisch bedingt Pegelsprünge in der Durchschnittslautstärke ergeben. Die musikalischen Unterschiede der Stücke tragen dazu in gleichem Maße bei. „Ein Stück das leise beginnt, aber auf ein lauterer Stück folgt stellt uns vor ein potentielles Problem“.⁵⁶

56 vgl. Katz (2007) Mastering Audio S.101

Je dynamischer unser Ausgangsmaterial, desto schwieriger wird es, einen Durchschnittspegel zu finden, der allen Stücken ihre eigene Dynamik lässt ohne einen zu sehr spürbaren Pegelsprung zu erzeugen. In unserem Fall gibt es keine massiven Pegelsprünge, da das Material fast durchgehend sehr dicht ist. Dennoch mussten Enden und Anfänge der Stücke im Pegel angepasst werden. Dabei beginnt man in der Regel mit dem lautesten Stück und sucht die lauteste Stelle, um so die Obergrenze der Dynamik des Albums festzulegen. Man sollte eine kräftige, aber noch angenehme Abhörlautstärke finden, die, einmal festgelegt, nicht mehr verändert wird.

Dann verschafft man sich einen Überblick über die Lautheit der Stücke untereinander und gleicht sie zunächst global aneinander an. Es empfiehlt sich, dabei immer kurze Ausschnitte der Tracks anzuspielden und mit dem davor und danach zu vergleichen. Man „zappt“ sich durch das Material, wie man sich bei der spektralen Beurteilung der Stücke zu Beginn des Prozesses durchgehört hat und achtet auf den Lautheitseindruck. Es muss dabei immer die individuelle Beschaffenheit jedes Stücks zu den anderen im Auge behalten werden.

Lovin World beispielsweise beginnt in der Mix Version im Vergleich zu *Step Up* sehr leise. Trotz aller vorangegangenen Korrekturen bleibt der Titel leiser. Da der Schluss von *Step Up* in seiner Lautheit ideal war, mußte *Lovin World* etwas angehoben werden. Bei dynamischerem Material wird dieser Vorgang häufiger vollzogen. Es ist sinnvoll, dabei auch den Umfang der Dynamikbearbeitung der Stücke im Hinterkopf zu behalten. Der dabei erreichte Pegelgewinn kann bei jedem Stück unterschiedlich sein und somit die Durchschnittslautstärke variieren. Eventuell ist eine Korrektur dieser Prozesse hilfreich. Dies gilt es abzuwägen und sich dann zu entscheiden. Die Lautheitsgewinnung erfolgt nach dieser Anpassung der Lautstärken. Dadurch erhält sich der Kontext und alle Stücke werden um den gleichen Betrag angehoben.



8 Lautheit

Lautheit ist in den vergangenen 20 Jahren ein sehr kritisches Thema geworden. In den 1980er Jahren wurden Popalben bei weitem dynamischer und somit in ihrer Durchschnittslautheit leiser produziert und akzeptiert, als dies seit den 1990er Jahren der Fall ist. Für viele Produktionen wurde es im Laufe der Zeit zunehmend wichtiger, laut zu klingen, als gut abzubilden und eine natürliche Dynamik zu wahren. Hört man sich Pop-Produktionen über den Verlauf der letzten 20 Jahre bis heute an, kann man die Steigerung der Lautheit mühelos nachempfinden.

Heute stehen wir bereits wieder vor einer Trendwende. In vielen Foren und im Gespräch unter Tonkollegen kommt immer wieder die Diskussion über dieses Thema auf. Nachdem bereits einige Alben aus dem Handel zurückgerufen wurden, weil die Hörerschaft deren Klangqualität bemängelte, wächst der Zuspruch auch in der Hörerschaft, wieder dynamischer und somit auch audiophiler zu produzieren. Dies betrifft in erhöhtem Maße den Arbeitsbereich der Masteringstudios, da viele Mischungen bis zum Mastering sehr wohl dynamisch und auf Klang optimiert angeliefert werden. Jedoch stehen oftmals kommerzielle und technische Interessen der Produzenten und Radiostationen hinter der Forderung nach mehr Lautheit.

Das Streben nach Lautheit ist schon so alt wie die Popmusik-Industrie selbst. Das Motown-Label war schon früh für seine präsenten Produktionen bekannt. Und dennoch erhielt man den natürlichen Charakter der Musik. Heute steht audiophiler Anspruch kommerziellen und psychologischen Argumenten diametral gegenüber. Lauter wird oft subjektiv als besser wahrgenommen und steigert laut Produzenten und Marketingexperten die Aufmerksamkeit beim Zuhörer. Allerdings ist diese Erkenntnis im Sinne von besseren Verkaufszahlen hervorgerufen durch erhöhte Lautheit nicht belegbar.

In diesem Abschnitt wird anhand der bisher besprochenen Produktion gezeigt, mit welchen Mitteln und den dazu gehörigen Folgen heute Lautheitsgewinnung betrieben werden kann. Auch hierfür werden Hörbeispiele zur Verfügung gestellt, um sich ein intensives und verständliches Bild von diesem letzten Schritt des Premasteringprozesses machen zu können.

Grundsätzlich bedarf es im Vorfeld einer Festlegung was dem Kunden wichtig ist: Erhalt der Dynamik oder mehr Lautheit. Denn je höher die Lautheit, desto stärker der Eingriff in Dynamik und Klang des Materials. Um die Durchschnittslautstärke zu erhöhen, stehen heute neben den klassischen Kompressoren unterschiedliche Mittel zur Verfügung: Clipper und Limiter.

Beide begrenzen die Spitzen eines Signals, verringern dadurch die Dynamik und ermöglichen eine Anhebung des Pegels (Make Up, Ceiling oder Out Gain genannt). Im Zuge der digitalen Revolution wurde es möglich, anhand der Look - Ahead (vorausschauen) Funktion, Spitzen zu detektieren, bevor sie in ein Bearbeitungssystem, wie einen Limiter, eingelassen werden. Dies ermöglichte schnellere und individuelle Regelvorgänge und intelligente Reaktionsmöglichkeiten der Bearbeitungsgeräte. Je nach Geschwindigkeit des einsetzenden Regelvorgangs kommt es zu unterschiedlichen Artefakten, die ich im folgenden Absatz erläutere. In unserem Fall standen drei verschiedene Lautheitsgewinnungs-Programme zur Debatte, die verschiedene Parameter zur Steuerung des Regelvorgangs bieten. Dabei handelt es sich um eine Clipping-Software, den GVST Clipper (Abb. 31) und zwei Limiter: den Voxengo Elephant Limiter (Abb. 32) und den Sonnox Oxford Limiter (Abb. 33).

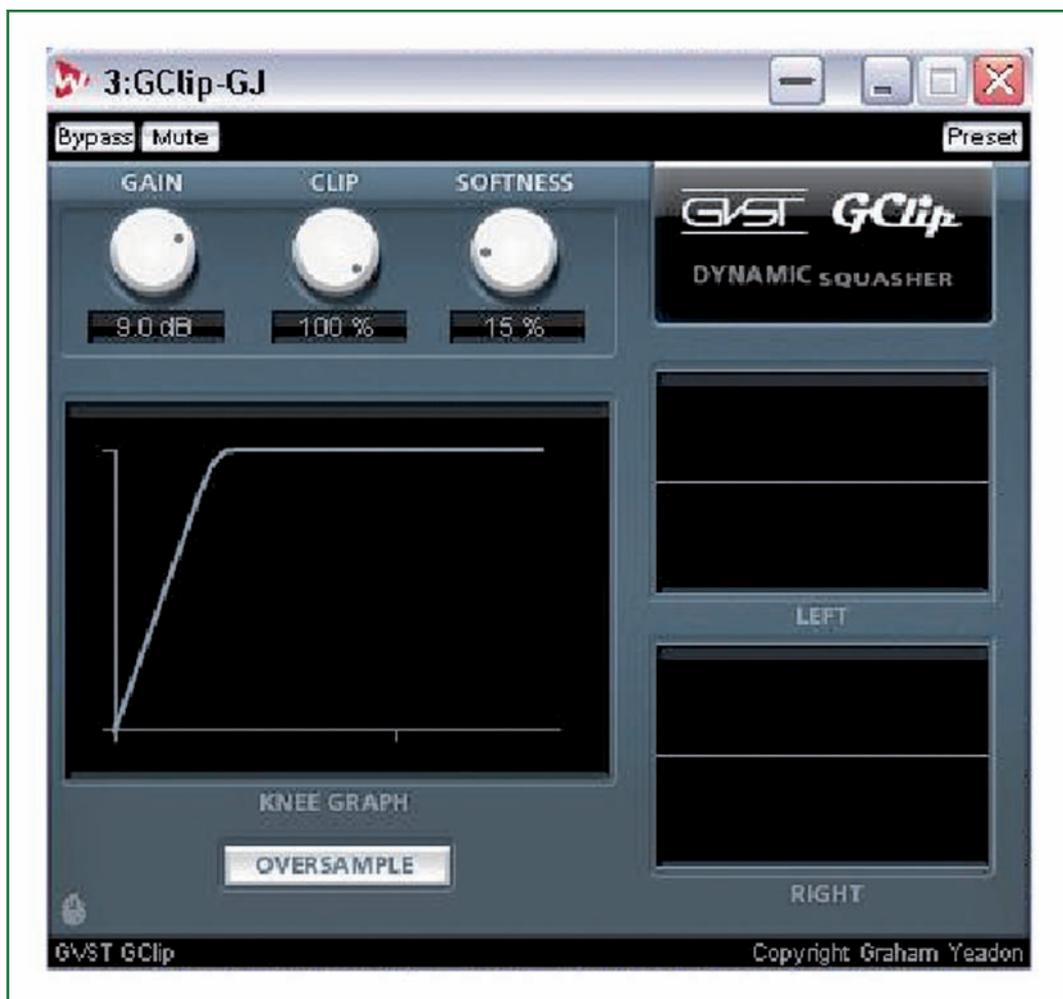


Abb. 31) Bildschirmfoto GVST Clipper



Abb.32) Bildschirmfoto Voxengo Elephant



Abb.33) Bildschirmfoto Sonnox Oxford

Clipper schneiden die Spitzen der Amplituden, die die systembedingten Übersteuerungsgrenze überschreiten, ab 0dB Fullscale hart ab. Das Signal wird zunächst nicht wie bei Kompressoren geregelt, sondern bewusst im Pegel so angehoben (Gain), dass seine Spitzen die Übersteuerungsgrenze überschreiten. An der geclippten Spitze entsteht an den Flanken eine Kante. Die Folge ist ein starker Anstieg nichtlinearer Verzerrungen, da aufgrund der rechteckigen Verformung der Amplitude Obertöne hinzugefügt werden.

Je nachdem wie stark der Pegel angehoben, also ins Clipping gefahren wird, wird das Klangbild nicht nur lauter, sondern auch härter und harscher. Diese Artefakte lassen sich aber mittels Oversampling (Überabtastung) in ihrer anteiligen Leistung reduzieren und maskieren.⁵⁷ Inwiefern noch andere mathematische Operationen wie Noise-Shaping oder dergleichen in der Software implementiert sind, bleibt Herstellergeheimnis. Der GClipper bietet allerdings doch eine Softness-Regelung, die die Kennlinie am Übergang einstellen lässt. Wie der Softening-Vorgang konkret programmiert ist, war im Zuge dieser Arbeit nicht zu ermitteln. Es ist anzunehmen, dass es sich um einen sehr kurzen Regelvorgang des Verhältnisses handelt, wie wir ihn bei Kompressoren und Limitern als Soft Knee kennen.⁵⁸

Limitier wiederum sind Kompressoren, die einen einstellbaren Schwellwert (Threshold) und einstellbare Regelzeiten für Attack und Release aufweisen. Es ist jederzeit möglich, einen Kompressor als Limiter zu nutzen, wenn man das Kompressionsverhältnis entsprechend hoch wählen kann (>1 : 20) und Attackzeiten unter 100 µsec möglich sind. Je nach Attack- und Releasezeiten ist das Ergebnis des Limiters weicher oder härter bzw. pumpiger oder glatter. Der gewonnene Pegel kann dann über eine Verstärkerstufe hinzugefügt werden. Die Softkneefunktion bedeutet, dass das Kompressionsverhältnis automatisiert und stufenlos in den eingestellten Wert überführt wird. Es kommt zu weniger rechteckigen Artefakten im Signal und so zu einem weichgezeichneten Ergebnis. Limiter regeln häufiger und greifen so stärker in das Klangbild ein. Sie verändern die Dichte des Materials. Die Folge ist, dass Nuancen in der Dynamik der Mischung verloren gehen können.

57 vgl. Lerch, Weinzierl: Digitale Audiotechnik: Grundlagen. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d. Audiotechnik Kap. 14, S. 802-803

58 Bei Kompressoren und Limitern wird bei eingeschaltetem Soft-Knee das Kompressionsverhältnis in Schritten an den gewählten Verhältnisbereich angenähert. Dies bedeutet, dass das Ergebnis der Regelung erst nach einer gewissen Zeit, und somit weich, herbeigeführt wird. Barry Rudolph erklärt: „Hard knee‘ compression describes this moment as sudden and certain. ‚Soft knee‘ or smooth knee compression is a less obtrusive change from simple amplifier to compressor. Soft knee widens or broadens the range of threshold values necessary for the onset of compression.“ Rudolph, 1999 Understanding Compressors and Compression
aus http://mixonline.com/mag/audio_understanding_compressors_compression/index.html



Im Folgenden sollen anhand von Hörbeispielen die unterschiedlichen Ergebnisse aufgezeigt und der Entscheidungsprozess erläutert werden, warum welche Methode für das Material positive Ergebnisse liefert. Die Entscheidungen beruhen auf subjektiver Wahrnehmung und audiophilen Entscheidungsgrundsätzen, wie Transparenz, Tiefe und verändertes Klangbild durch spektrale Veränderungen aufgrund der hinzugefügten nichtlinearen Verzerrungen. Um den Prozess gut nachvollziehen zu können, ist es hilfreich alle Bearbeitungsversionen am selben Klangmaterial zu veranschaulichen. Daher wurde immer der selbe Ausschnitt aus Track 11 (*At My Feet*) gewählt. Was in dieser Betrachtung fehlt, ist der Kontext aller Stücke, der ebenfalls zu dieser Entscheidung beitrug.

Um den Analyseprozess leichter nachempfinden zu können liegt auch für dieses Kapitel eine ProTools 7 Session bei, in der alle Versionen parallel zueinander liegen und so direkt miteinander vergleichbar sind. Alle Beispiele der Lautheitsgewinnung des gewählten Vergleichsstückes sind zueinander im Pegel angepasst, damit Pegelunterschiede nicht die Klangwahrnehmung manipulieren. Zusätzlich wurde die Mix-Version mit angelegt und in ihrer Phase 180° gedreht, was einen Nulltest ermöglicht, um die korrelierenden Artefakte zwischen den Versionen vergleichen zu können. In der ProTools Session sind die Pegel bereits manuell auf das Level der Mix-Version abgesenkt. Werden die Dateien in einer anderen DAW neu aufgesetzt, müssen für den Nulltest die Pegel noch angepasst werden. Wie weit abgesenkt werden soll steht im Folgenden bei den Namen der Hörbeispiele in Klammern dahinter. Will man das Lautheitsergebnis hören, müssen die Pegelsteller auf 0dB eingestellt und die Automation von ProTools deaktiviert werden.





HB_Lautheit_Leveled_Limit_Oxford_Auto (- 9,2 dB)

Ergebnis und Begründung

Wir entschieden uns bei allen Titeln für den Clipper ohne Softening und mit zweifachem Oversampling. Diese Variante barg mehr Klarheit und Transparenz und erhielt das Transientenverhalten der bisherigen Bearbeitungen am besten. Auch das spektrale Ergebnis war bei dieser Variante kontrastreicher und beeinflusste das obere und untere Ende des Spektrums am besten zu Gunsten des Klangbildes.

Die Soft-Clipping-Variante mit Oversampling dagegen nahm Präsenz aus den Becken und gestaltete den Gesamtsound weicher. Im Gegenteil dazu war die reine Clipping-Variante zu scharf und aggressiv in den Mitten, wo ohnehin schon scharfe Gitarren sehr dominant das Bild prägen. Der Voxengo Elephant Limiter wirkte in beiden Varianten (Slow und Fast) undurchsichtig und verflachte das Klangbild. Der Gesang klang ebenfalls flacher und weiter nach hinten geschoben als schon in der Mischung gegeben. Insgesamt waren beide Ergebnisse des Elephant Limiters, im Vergleich zum Clipping, weich, mehr oder weniger unruhig und pumpig. Transienten, die aufgrund Ihrer Energie Hauptauslöser von Regelvorgängen sind, wurden eher fade und nicht durchsetzungsfähig genug wiedergegeben. Der Gesamtklang wurde matter und nahm der Mischung Tiefe.

Ein ähnliches Ergebnis lieferte der Sonnox Oxford Limiter im Auto-Mode. Ergänzend kann man sagen, dass die Limiter bei dichterem Material wesentlich stärker ansprechen und eingreifen, als der Clipper. Auffällig dabei war, dass der Elephant Limiter niemals 0dB Fullscale erreicht. Sein Algorithmus hält die Maximalwerte des Signals immer knapp unter der Übersteuerungsgrenze.

Abschließend kann man sagen, dass dichteres Material in Limitern mit intelligenten Algorithmen zu erhöhtem Regelaufkommen führt, was zu einer zusätzlichen Verdichtung und Verweichlichung des Ausgangsmaterials führt, während Clipper in diesem Fall mehr Verzerrung hinzufügen, aber die ursprüngliche Dichte nicht erhöhen. Welches Verfahren besser funktioniert gilt es zu prüfen. Obwohl dem ungeübten Hörer diese Unterschiede marginal erscheinen mögen, haben sie doch Einfluss auf die Wahrnehmung der Stücke und deren Wiedergabe.



Die Lautheit des Siambok-Albums ist bei Weitem noch nicht am Ende des Möglichen angelangt. Viele aktuelle Produktionen werden lauter gezogen und büßen dabei aufgrund der Verzerrungsanteile einiges vom eigentlichen Charakter der Mischung ein. Dazu gibt es ebenfalls ein Hörbeispiel in der Session zu diesem Abschnitt. Es befindet sich in der untersten Spur angelegt an die Lautheitsbeispiele. Außerdem kann man die unterschiedlichen Master von *Après Vous* miteinander vergleichen. Im Zuge dieser Arbeit entstand von diesem Titel neben dem Album-Master von 24-96 Mastering eine Version in den Bauer-Studios, die Johannes Wohlleben erstellt hat. Es ist zwar grundsätzlich schwierig, beide Master zu vergleichen, da der Mix nach dem Bauer Master nochmals überarbeitet wurde. Deshalb wurde dieses Master nicht zur näheren Betrachtung herangezogen. Das Wohlleben Master ist leiser, farblich neutraler und braver im Punch. Dabei bleibt jedoch mehr von der Dynamik der Mischung erhalten. Das Schmidt Master ist druckvoller und hat mehr Wärme. Es ist undynamischer, aber insgesamt sowohl farblich als auch in seiner vorhandenen Dynamik ausgewogener. Hier wird es schwierig zu unterscheiden, was durch Mix oder Mastering bedingte Effekte sind. Aber man kann doch einen Eindruck davon bekommen, wie unterschiedlich die Ergebnisse der Lautheitsgewinnung und Gesamtklangbearbeitung klingen können.



HB Blocparty_Intimacy_03_Halo



HB_Schmidt_Master_Après_Vous



HB_Wohlleben_Master_Après_Vous



9 Schlussbetrachtung

Die bisher betrachteten Vorgehensweisen sind im Großen und Ganzen gültig. Abgesehen von unterschiedlichen Geschmäckern, wie der Arbeitsablauf geplant und zusammengestellt wird, greifen alle Mastering-Ingenieure auf das gleiche physikalische, technische und musikalische Wissen zurück. Es wurde deutlich, dass die Manipulationsmöglichkeiten sehr umfangreich und wirksam sind und so schwierige Bedingungen in einer Mischung meist geklärt und zu einem sehr guten Ergebnis gebracht werden können. Diese Arbeit hat grundlegende Aspekte der Arbeit eines Mastering-Ingenieurs beleuchtet, konnte aber auf Grund des großen Umfangs dieses Themengebiets und der Vielzahl der technischen Möglichkeiten bei weitem nicht alles in der gewünschten Tiefe vermitteln. Besonders der Vergleich der Filter und deren jeweilige Wechselwirkung mit Kompressoren unterschiedlicher Topologien ist ein Thema, das ich über diese Arbeit hinaus noch näher betrachten werde. Es ist für mich faszinierend zu hören, wie nur kleine Änderungen im Zusammenspiel mit den Geräten, der Musik eine völlig neue Farbe und mehr Durchsetzungskraft verleihen kann. Es sind die Nuancen, die herausgearbeitet werden, die den Unterschied machen, ob ein Klangergebnis etwas Besonderes ist oder lediglich ganz passabel erscheint. Mir ist im Verlauf dieser Arbeit klarer geworden, dass es besonders wichtig ist, die Notwendigkeit eines Prozesses und eines Arbeitsschrittes im Auge zu behalten und jede Entscheidung für das Produkt zu fällen und nicht nur aus Spaß an der Arbeit, den man natürlich gerne haben kann, einzugreifen. Man muss sehr kritisch mit sich selbst sein und nicht immer dem ersten Eindruck, der positiv erscheint, Glauben schenken. Natürlich wird das Beurteilungsvermögen mit der Zeit schneller und zuverlässiger, aber gerade wenn man beginnt, sich diesem Arbeitsfeld zu nähern, muss man sich diese Grundhaltung immer wieder aufs neue ins Gedächtnis rufen.

Puristen sagen, dass nur das das Notwendigste in diesem letzten Prozess ausgeführt werden soll. Das Zitat von Steve Hoffman in Abschnitt 3.2, in dem er erklärt, dass Mastering die Musik wie ein Gemälde ins rechte Licht rückt und dann davon ein Foto gemacht wird, beschreibt aus meiner Sicht sehr gut, um was es bei dieser Arbeit geht: den Ausdruck zu bewahren und zu unterstützen, den der Künstler mit dem Mischingenieur bereits erarbeitet hat. In erster Linie ist der Mastering-Ingenieur ein technisches und korrekatives Glied in der Produktionskette, der zudem noch kreativ und gestalterisch berät und ggf. auch gestalterisch tätig wird. Es gibt vor allem in der Popmusik-Produktion die weit verbreitete Meinung, dass erst im Mastering Prozess der Klang des Albums entsteht. „We'll fix it in the mastering“. Grundsätzlich sollte man aber annehmen, dass so weitestgehend in der Mischung alles im Verhältnis zueinander steht, wie es der Künstler und der Tonmeister beabsichtigt haben und somit der

künstlerische Teil soweit abgeschlossen ist. Im Mastering wird dann bekanntermaßen der Transfer und die Ausgewogenheit der Stücke zueinander erstellt. Klangliche und farbliche Maßnahmen sind nicht zwingend erforderlich, können aber angewendet werden, um einen bestimmten Eindruck zu verstärken oder ggf zusätzlich zu kreieren.

Eines der Beispiele, das man mit kritischen Augen betrachten muss, ist die erwähnte Variante des Stem Mixings. Als Stütze für einzelne Elemente einer Mischung kann, wie in Abschnitt 6.3 beschrieben, Stem-Mixing sehr hilfreich sein. Werden aber Stems aller Instrumente und sonstigen Anteile der Mischung am Mischpult angelegt und neu ins Verhältnis gesetzt, befindet man sich bereits wieder im Mischprozess und verändert die vorangegangene Arbeit im Kern. Es stellt sich hier die „philosophische“ Frage, ob das Mischen im Master Prozess dem Zweck des Masterings entspricht. Wie bereits im Kapitel zuvor angedeutet, ist diese Art des Masterings nicht nur aus technischer Sicht zu hinterfragen, sondern vor allem in Bezug auf die Betrachtung der Arbeit des Mischtonmeisters als kritisch anzusehen, auch wenn prinzipiell alles, was möglich ist, erlaubt ist und somit keine Grenzen gesetzt zu sein scheinen. Es geht also um die Frage, wie der Mastering-Ingenieur seine Arbeitsweise und sein Arbeitsfeld begreift.

Persönlich sehe ich es nicht als eine Hauptaufgabe des Mastering-Ingenieurs, die Mischung in diesem Maß aufzuarbeiten und so in das Feld des Tonmischers einzugreifen. Vielmehr ist es wichtig, eine gute Analyse vorzunehmen und die notwendige Reaktion auf das Ergebnis der Analyse zu generieren. Hinzu kommt, dass man bei der beschriebenen Parallel-Arbeitsweise schnell dazu verführt werden kann, ziellos und ohne Konzept in eine Mischung einzugreifen und den Kontext zu verändern. Der Mastering-Ingenieur sollte sehr durchdacht und strukturiert an seine Arbeit herangehen und sich als objektiven Beobachter definieren. Jeder, der sich mit dem Feld der Audioproduktion auseinandersetzt, weiß, dass die Grenzen zwischen Objektivität und subjektiver Wahrnehmung ineinander fließen, was es oft schwierig macht, Ansichten und Maßnahmen zur Klanggestaltung argumentativ zu begründen. Vor allem, wenn es um Klangformung geht, sind keine objektiven Regeln gegeben, sondern die Art und Weise der Eingriffe werden meist vom Stil des Programmmaterials und dem Geschmack der Künstler diktiert.

Hinzu kommt das Problem des Plazebo-Effektes. Wenn man z.B. eine Frequenzkorrektur vornimmt und am anderen Ende der Kette diese Maßnahme wieder rückgängig macht und dagegen filtert, kann dies, subjektiv betrachtet, eine positive Veränderung bewirken, die aber objektiv kaum vermittelbar ist. Auch wenn dieser subjektive Anteil in der Wahrnehmung



zum Arbeitsablauf gehört, ist es nötig, seine Position zur eigenen Arbeitsweise immer wieder zu reflektieren, zu hinterfragen und ggf. zu optimieren.

Das gute halbe Jahr, das ich nun mit diesem Projekt, inklusive der Vorproduktion und Mischung des Albums, zugebracht habe, war sehr spannend und aufschlussreich. Das Feld des Masterings birgt jedoch sehr viele Themen, die man, neben den in dieser Arbeit aufgeführten Aspekten, als ebenso wichtig erachten und verinnerlichen sollte, wenn man in diesem Arbeitsbereich tätig sein will. Leider war bei dieser Thesis von Anfang an klar, dass sie keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann. Ich sehe die Aufarbeitung dieses Themas im Rahmen der Thesis als einen ersten Schritt hin zu dem Arbeitsfeld des Mastering-Ingenieurs und betrachte diese Zeit als Grundausbildung. Da ich sehr viel Spaß und Neugier für dieses Thema entwickelt habe, möchte ich meine Fähigkeiten und meine Energie auch in Zukunft diesem Thema widmen und das erworbene und hier dargestellte Wissen nutzen und erweitern.

- 1) vgl. Katz, (2007) Mastering Audio, S. 20-22
- 2) vgl. Katz, (2007) Mastering Audio S.83
- 3) vgl. ebd. (2007) S.84
- 4) vgl. Katz, (2007) Mastering Audio S.83 sowie Noise Criteria Curves Electronic Music Studios at the University of California, Santa Cruz http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html
- 5) vgl. Electronic Music Studios at the University of California, Santa Cruz
http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html
- 6) vgl. Katz, (2007) Mastering Audio, S.83
- 7) vgl. ebd. (2007) S.194 ff.
- 8) vgl. ebd. (2004) S.194
- 9) vgl. Goertz: Lautsprecher. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d. Audiotechnik, Kap. 8, S.479.
- 10) vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S.194
- 11) vgl. Slavik: Anschluss technik, Interfaces, Vernetzung. in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d. Audiotechnik S. 1010 f.
- 12) vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S. 39
- 13) vgl. ebd. (2007)
- 14) vgl. ebd. (2007)
- 15) vgl. ebd. (2007) S.40
- 16) vgl. Zwicker (1982) Psychoakustik, S.94
- 17) vgl. Dickreiter (1997) Handbuch d. Tonstudioteknik, S.113 f
- 18) vgl. Dickreiter (1997) Band 1, S. 72 sic
Dickreiter erwähnt 70 Schwankungen pro Sekunde, was einen hörbaren tiefen Ton ergäbe. Daher Bezug auf Vorlesungsaufzeichnungen Tontechnik 1 bei Professor Oliver Curdt an der Hochschule der Medien, Stuttgart.
- 19) vgl. Zwicker (1982) Psychoakustik S.84 f. / S.148 f.
- 20) vgl. Hoffman, Interview The Absolute Sound Issue #128 aus
http://www.stevhoffman.tv/dhintervIEWS/Hoffman_TAS.htm by Richard Boesser
- 21) vgl. Katz (2007) Mastering Audio S. 45
- 22) vgl. Weinzierl: Grundlagen. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch der Audiotechnik, Kap. 1, S. 12.
- 23) vgl. Katz (2007) Mastering Audio S. 47
- 24) vgl. Maier: Studioakustik. in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d.Audiotechnik Kap. 6, S. 282 f.
- 25) vgl. ebd.
- 26) vgl. Maempel, Weinzierl, Kaminski: Audiotbearbeitung. in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d.Audiotechnik Kap. 13 S.772.
- 27) vgl. <http://www.myspace.com/siambok>
- 28) vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S. 104
- 29) vgl. ebd. S. 110
- 30) FIR engl. Finite Impulse Response Filter = Filter mit endlicher Impulsantwort und IIR engl. Infinite Impulse Response Filter = Filter mit unendlicher Impulsantwort
- 31) vgl. Zölzer: Signalverarbeitung, Filter und Effekte. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d.Audiotechnik. S. 824



- 32) vgl. <http://www.rane.com/note115.html> RaneNote 115 written 1986; last revised 3/98 Dennis Bohn, Rane Corporation
- 33) vgl. Gerzon (1990) Why do Equalisers sound different S. 1 aus
http://www.audiosignal.co.uk/Resources/Why_do_equalisers_sound_different_A4.swf
reproduced from an article out of the Magazine Studio Sound July 1990
- 34) vgl. ebd. (1990) S.2
- 35) vgl: ebd. (1990) S.2
- 36) vgl. ebd. (1990) S.1
- 37) „Treffen beim Zuhörer zwei gleiche Schallereignisse kurz nacheinander ein [...] so gilt für Verzögerungen von ca. 1 - 30 ms das Gesetz der ersten Wellenfront, das auch als Haas Effekt oder Präzedenzeffekt bezeichnet wird. Der zuerst eintreffende Schall bestimmt den Richtungseindruck, unabhängig vom nachfolgenden Schallereignis und dessen Richtungsinformation. Der Pegel des nachlaufenden Schallereignisses darf [...] bis zu 10 dB über dem Primärsignal liegen, ohne daß dadurch das Gesetz der ersten Wellenfront seine Gültigkeit verliert.“
vgl. Dickreiter (1997) Das Tonstudiohandbuch, S. 120-121
- 38) vgl. Herstellerinformation aus http://www.algorithmix.com/en/classic_peq_blue.htm
- 39) vgl. Bohn, Rane Corporation White Paper Rane Notes <http://www.rane.com/note115.html> RaneNote 115 written 1986; last revised 3/98 Dennis Bohn, Rane Corporation
- 40) vgl. Katz (2007) Mastering Audio, S. 113
- 41) vgl. Manual Crane Song STC - 8, S.2
- 42) Dave Hill, Chefentwickler und Gründer der Firma CraneSong LTD., pers. Telefonat am 30.10.2009
- 43) vgl. Manual Crane Song STC - 8, S.2
- 44) Dave Hill, Chefentwickler und Gründer der Firma CraneSong LTD in Superior, Wisconsin, Telefonat am 30.10.2009
- 45) vgl. http://www.digitalprosound.com/2001/02_feb/features/big_squeeze/big_squeeze.htm by Michael Cooper sowie Dave Hill, Chefentwickler und Gründer der Firma CraneSong LTD in Superior, Wisconsin, Telefonat am 30.10.2009
- 46) aus http://www.digitalprosound.com/2001/02_feb/features/big_squeeze/big_squeeze.htm by Michael Cooper
- 47) vgl. http://mixonline.commagaudio_understanding_compressors_compression/index1.html by Barry Rudolph 1999 sowie http://www.adt-audio.de/ProAudio_WhitePapers/Kompressor_Praxis_10.html von Gerd Jüngling.
- 48) vgl. Dickreiter (1997) Handbuch d. Tonstudioteknik, S, 291-292
- 49) vgl. Katz, Mastering Audio (2007), S.99
- 50) vgl. ebd.
- 51) Die Fast-Fourier-transformation ist eine mathematische Operation, die ein Signal von der zweidimensionalen Amplitudendarstellung über der Frequenz in eine Frequenzdarstellung über der Zeit umformt, wobei in der hinzukommen den Z-Achse der Pegel angezeigt wird. Die Computergrafik verzichtet auf eine dritte Koordinatenachse und zeigt die Pegelstärke mittels Farbverläufen von Blau, für niedrige Pegel, bis Rot, für hohe Pegel, an)
- 52) vgl. Maempel, Weinzierl, Kaminski: Audiotbearbeitung. in: Weinzierl [Hrsg.]Handbuch d.Audioteknik Kap. 13 S.773.
- 53) vgl. Zölzer: Signalverarbeitung, Filter und Effekte, sowie Müller: Messtechnik.in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d.Audioteknik, Kap. 15 S. 846 sowie Kap. 21, S.1094
- 54) vgl. Katz (2007) Mastering Audio S.94

- 55) vgl. ebd.
- 56) vgl. Katz (2007) Mastering Audio S.101
- 57) vgl. Lerch, Weinzierl: Digitale Audiotechnik: Grundlagen. in: Weinzierl [Hrsg.] Handbuch d. Audiotechnik Kap. 14, S. 802-803
- 58) Bei Kompressoren und Limitern wird bei eingeschaltetem Soft-Knee das Kompressionsverhältnis in Schritten an den gewählten Verhältnisbereich angenähert. Dies bedeutet, dass das Ergebnis der Regelung erst nach einer gewissen Zeit, und somit weich, herbeigeführt wird. Barry Rudolph erklärt: „Hard knee‘ compression describes this moment as sudden and certain. ‚Soft knee‘ or smooth knee compression is a less obtrusive change from simple amplifier to compressor. Soft knee widens or broadens the range of threshold values necessary for the onset of compression.“ Rudolph, 1999 Understanding Compressors and Compression aus http://mixonline.com/mag/audio_understanding_compressors_compression/index.html



Dickreiter, Michael:

Handbuch der Tonstudiotechnik, hrsg. von der SRT - Schule für Rundfunktechnik.

Band 1, 6. Auflage

K. G. Saur Verlag KG, München, 1997

Görne, Thomas:

Tontechnik

hrsg. von Ulrich Schmidt

Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl., 2006.

Goertz, Anselm:

Lautsprecher. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,

Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 8, S.421 - 490

Katz, Robert A.:

Mastering Audio - The Art and the Science.

2. Auflage engl.

Focal Press, 2007

Lerch, Alexander und Weinzierl, Stefan:

Digitale Audiotechnik: Grundlagen. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,

Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 14, S. 785 - 812

Maempel, Hans-Joachim, Weinzierl, Stefan und Kaminski, Peter:

Audiobearbeitung. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,

Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 13, S. 719 - 784

Maier, Peter:

Studioakustik. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,

Springer. Berlin, Heidelberg (2008)

Müller, Swen:

Messtechnik. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,
Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 21, S. 1087 - 1169

Owsinski, Bobby:

Mastern wie die Profis : das Handbuch für Toningenieure

(Original) The Mastering Engineer's Handbook: The Audio Mastering Handbook

1. Auflage USA 2008

[Übers.: The Lingo Agency]. -

Carstensen, München, 2009

Roederer, Juan G.:

Physikalische und psychoakustische Grundlagen der Musik

(Original) Introduction to the physics and psychophysics of music

Berlin ; Heidelberg [u.a.] : Springer, 1977

Slavik, Karl M.:

Anschluss technik, Interfaces, Vernetzung. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,
Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 18, S. 945 - 1034

Weinzierl, Stefan:

Grundlagen. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,
Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 1, S. 1 - 40

Zölzer, Udo:

Signalverarbeitung, Filter und Effekte. in:

Weinzierl, Stefan [Hrsg]: Handbuch d. Audiotechnik,
Springer. Berlin, Heidelberg (2008) Kap. 15, S. 813 - 848

Zwicker, Eberhart:

Psychoakustik

Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York 1982



Bedienungsanleitungen

Owners Manual Crane Song STC - 8
(1996) Crane Song Ltd., S.2

Owners Manual Manley Vari-Mu®
revised (2004) Manley Laboratories, INC.

Herstellerinformation Martinsound INC.
(2005) zur Abhörmatrix MultiMAX

Informationen zur Band Siambók

<http://www.myspace.com/siambok>

Stand Oktober 2009

WhitePaper: Why Do Equalisers Sound Different?

Gerzon, Michael

Reproduced from Studio Sound, July 1990 by Keith Howard

<http://www.audiosignal.co.uk/Gerzon%20archive.html>

Stand Oktober 2009

The Big Squeeze - A comprehensive guide to compression and compressors.

Cooper, Michael

http://www.digitalprosound.com/2001/02_feb/features/big_squeeze/big_squeeze.htm

Stand Oktober 2009

Kompressor-Praxis

Jüngling, Gerd Dipl. Ing.

http://www.adt-audio.de/ProAudio_WhitePapers/Kompressor_Praxis_10.html

Stand Oktober 2009

Steve Hoffman Interview The Absolute Sound Issue #128

Boesser, Richard

http://www.stevhoffman.tv/dhinterviews/Hoffman_TAS.htm

Stand Oktober 2009

White Paper Exposing Equalizer Myths

Bohn, Dennis

Rane Corporation

<http://www.rane.com/note115.html>

RaneNote 115 written 1986; last revised 3/98

Stand Oktober 2009

Classic PEQ Blue Herstellerinformation von Algorithmix

http://www.algorithmix.com/en/classic_peq_blue.htm

Last updated: 25.09.2009

Stand Oktober 2009



Digital EQ Facts and Myths

by rhythmminmind on Mar.11, 2009, under Analysis EQ

<http://www.rhythmminmind.net/presetblog/2009/03/digital-eq-fact-myth/>

Stand Oktober 2009

Understanding Compressors and Compression

Rudolph, Barry

Artikel im Online-Magazin MIX Professional Audio and Music Production

Jan 1, 1999 12:00 PM,

http://mixonline.com/mag/audio_understanding_compressors_compression/index.html

Stand Oktober 2009

Noise Criteria Curves

Electronic Music Studios at the University of California, Santa Cruz

http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html

Stand Oktober 2009

- Abb.1)** Flussdiagramm des Musikproduktionsprozesses
aus Katz, Mastering Audio (2007), S.20
- Abb.2)** Beispielhafte NC-Dauergeräuschpegelmessung eines Abhörzimmers
Quelle: www.tvtechnology.com/audio_tips/show_issue.cgi?id=47
- Abb. 3)** NC Kurven
Quelle: http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/TE-02/AcNumbers/AcNumbers.html
- Abb.4)** Katz (2007) Mastering Audio S.38
- Abb 5)** Foto der Regie 2496 Mastering
- Abb. 6)** Skizze Verschaltung des Studios von 24_96 Mastering
- Abb. 7)** Screenshot Martinsound Blockschaltbild Herstellerfoto in der Bedienungsanleitung
- Abb. 8)** Fletcher-Munson Kurven Dickreiter (1997) Handbuch der Tonstudioteknik, S. 111
- Abb. 9)** Hörfeld aus Dickreiter (1997) Handbuch der Tonstudioteknik, S. 111
- Abb. 10)** Zur Entwicklung der Klangfarbenwahrnehmung von Vorschulkindern Von Gabriele Schellberg
<http://books.google.de/>
- Abb. 11)** E.J. Quinby's Zusammenstellung der Frequenzen in Bezug auf die Klaviatur und die spektrale Lage der Instrumente der klassischen Musik Beilage Katz, (2007) Mastering Audio
- Abb. 12)** Subjektive Klangeigenschaften und ihr Bezug zur Frequenz: Katz (2007) Mastering Audio S.47
- Abb. 13)** Diagramm Kammfilter Kurvenverlauf Weinzierl, Handbuch d. Audiotechnik S. 283
- Abb. 14)** Herstellerfoto Drawmer 1961 Röhren EQ
- Abb. 15)** Herstellerfoto UA LA 610 Kompressor und Vorverstärker
- Abb. 16)** Herstellerfoto Empirical Labs Distressor X
- Abb. 17)** Bildschirmfoto des Resonanzfilters von It Is Mine in der DAW bei 24-96 MASTERING, Karlsruhe
- Abb. 18)** Bildschirmfoto des Resonanzfilters von Après Vous in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 19)** Bildschirmfoto des Resonanzfilters von At my Feet in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 20)** ebd. Exemplarische Darstellung des Ausschwingverhaltens einer Impulsantwort im Filter
- Abb. 21)** ebd. Darstellung Pre und Post-Echos
- Abb. 22)** Bildschirmfoto Filtereinstellungen MP in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 23)** Bildschirmfoto MP Filter ohne Pre-Ring in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 24)** Bildschirmfoto Filtereinstellungen LP in der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 25)** Bildschirmfoto LP Filter ohne Pre-Ringin der DAW bei 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 26)** Herstellerfoto CraneSong STC - 8
- Abb. 27)** Blockschaltbild CraneSong Single Channel aus Manual Crane Song STC - 8, S.15
- Abb. 28)** Manley Vari-Mu, Herstellerfoto
- Abb. 29)** Master EQ Bildschirmfoto aus DAW 24-96 Mastering, Karlsruhe
- Abb. 30)** Spectral Cleaner Darstellung der Resonanzen Bildschirmfoto aus DAW 24-96 Mastering, Karlsruhe



- Abb. 31)** Bildschirmfoto GVST Clipper
- Abb.32)** Bildschirmfoto Voxengo Elephant
- Abb.33)** Bildschirmfoto Sonnox Oxford