

**Friedemann Tischmeyer**

**Audio-Mastering**  
mit PC-Workstations

**(:wizoo:)**

**Leseprobe**

Herausgeber Peter Gorges

Autor Friedemann Tischmeyer

Cover-Gestaltung Motype

Gestaltung und Satz Uwe Senkler

© 2006 Wizoo Publishing GmbH, [www.wizoobooks.de](http://www.wizoobooks.de)

ISBN 3-934903-52-5

Die Inhalte dieses Buches und der beiliegenden CD wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag weist darauf hin, dass keine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernommen werden kann.

Die im Buch verwendeten Soft- und Hardwarebezeichnungen und Markennamen der jeweiligen Firmen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz.

Leseprobe

## Hallo, liebe Leser!

Willkommen zu meinem Buch, das Einsteigern, Profi-Tontechnikern, Tonmeistern und Studenten gleichermaßen interessante Informationen bereithält und das Sie in Ihrer täglichen Arbeit inspirieren soll.

Zu den Erfahrungen, die ich als Mastering-Engineer in einem klassischen Mastering-Studio auf Sadie-Basis sammeln durfte, hatte ich in den letzten Jahren die Gelegenheit, die spannende Entwicklung PC-basierter Masterings mit Hilfe sowohl von nativen als auch DSP-basierter Plugins aus nächster Nähe zu verfolgen.

Die Kombination aus Workshop- und Lehrtätigkeiten, kombiniert mit meinen Erfahrungen aus der alltäglichen Praxis, haben fast automatisch dazu geführt, dieses Buch zu schreiben. Ich freue mich, Ihnen mein Wissen weitergeben zu können, und bin froh über jeglichen Horizont erweiternden Austausch mit den Lesern dieses Buches.

Das Ziel all meiner Lehrtätigkeiten ist die Weitergabe von Anwenderwissen. So können auch Sadie-, Sonic- und XY-Programm-Benutzer in diesem Buch bereichernde Informationen finden. Da WaveLab sehr verbreitet, günstig und in weiten Teilen sehr leistungsfähig ist, bietet sich dieses Programm als Arbeitsgrundlage für das Buch an. Sofern Sie WaveLab nicht besitzen, besteht die Möglichkeit, die auf der Begleit-CD befindliche WaveLab-Demoversion zu installieren. Nicht-WaveLab-Benutzer bitte ich insbesondere in Kapitel 2 um fantasievolle Übertragung auf ihr persönliches Lieblingsprogramm. In leichten Abwandlungen sollten alle Funktionen in guten alternativen Programmen zu finden sein, sodass der beschriebene Arbeitsfluss auf Ihre Arbeitsumgebung problemlos adaptiert werden kann.

### Für wen ist dieses Buch geschrieben?

Jeder, der mit dem Computer Musik macht, kann von diesem Buch profitieren. Einsteiger dürfen die Dinge, die ihnen zunächst zu kompliziert erscheinen, gerne überspringen. Wenn Sie sich erst einmal mit den vielen neuen Begriffen vertraut gemacht haben, werden Sie dann auch komplizierte Sachverhalte begierig aufnehmen können. Aber auch der professionelle Tonmeister mit Berufserfahrung sollte im Detail wissen, was beim Mastering mit seinem Mix passiert, um dem Mastering-Studio im Sinne eines bestmöglichen Produktes noch bessere Ergebnisse zu liefern.

Leseprobe

Grundlegendes Fachwissen sollte jeder haben, der mit digitalem Ton arbeitet. Ich möchte Sie keinesfalls mit akademischen Erklärungen langweilen und habe mich bei besonders trockenen Themen auch um eine bildhafte Sprache bemüht. Für unsere tägliche Arbeit ist es wichtig zu wissen, was zum Beispiel Dithering oder Jitter bedeutet und wie damit umzugehen ist.

Für Studenten der Tontechnik und Lesern, die tiefer einsteigen möchten, sind akademische Fachtermini unentbehrlich. Um eine praxisorientierte Balance zwischen Verständlichkeit und Tiefe zu schaffen, habe ich auf wissenschaftliche Ausartungen verzichtet und bitte Sie, sich der weiterführenden Links und Literaturhinweise zu bedienen.

Zum professionellen Mastering gehören neben guten Geräten, guten Lautsprechern und einem gut klingendem Raum vor allem viel Erfahrung und eine gelungene Mischung aus technischem und handwerklichem Wissen, sowie einer musikalischen und technischen Gehörbildung.

Der Einzug des Rechners in den Studioalltag – und damit die Zugänglichkeit von hochwertigen Produktionsmitteln für jedermann – bietet uns wunderbare Entfaltungsmöglichkeiten. Die Demokratisierung der Produktionsweisen birgt aber auch Gefahren. Wo bis vor kurzem noch ausgebildete Tontechniker mit jahrelanger Berufserfahrung im teuren Topstudio saßen, findet heute der Musiker, Komponist oder Produzent selbst nahezu die gleichen technischen Möglichkeiten in seinem Rechner vor.

Ein perfekt klingendes Produkt bedarf einerseits guter Produktionsmittel, andererseits eines virtuosen und erfahrenen Umgangs damit. Wer ist nicht überfordert, wenn er ohne große Vorkenntnisse mit Programmen wie Cubase SX, Logic, Nuendo oder WaveLab mit hunderten von (leider häufig gekrackten) Plugins konfrontiert ist? Und hier ist der Ansatz, um Ihnen das notwendige Anwenderwissen mitzugeben, damit Sie die handwerklichen Voraussetzungen erhalten, mit perfekter Technik auch perfekte Ergebnisse zu erzielen.

Leseprobe

Die Kehrseite dieser fantastischen Möglichkeiten einer modernen und gut ausgestatteten PC-Workstation sollten wir unbedingt meiden. Eine Red-book-CD zu brennen macht noch lange keinen Mastering-Engineer aus. In einer Zeit, in der Mixe immer schlechter werden, können wir diesen flachen und drucklosen Mixen nicht auch noch mit schlechterem Mastering entgegnen. Wir müssen die Wertigkeit von Musik erhalten und erhöhen (!), damit die Käufer wieder gerne Geld für CDs ausgeben.

In diesem Buch ist das vollständige notwendige Grundwissen zu professionellem Mastering zusammengetragen. Mastering ist eben sehr viel mehr als stumpfes Erhöhen der Lautheit mit einem Loudness Maximizer.

### Arbeiten mit diesem Buch

Kapitel 1 behandelt alle Grundlagen rund um das Mastering und ist so strukturiert, dass es als Nachschlagewerk benutzt werden kann.

Kapitel 2 behandelt den Arbeitsablauf eines Kompilations- oder Album-Masterings. Es ist eine Arbeitsflussvorlage, die Sie auf Ihre Bedürfnisse und das verwendete Programm anpassen können.

Kapitel 3 behandelt typische Arbeitsweisen, Problemstellungen und deren Behebung und enthält eine Übersicht über die besten mir zurzeit bekannten Plugins. Auch dieses Kapitel eignet sich zum Nachschlagen und als Anregung bei bestimmten Problemstellungen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Klangrestauration.

WaveLab-Menüs oder -Funktionen sind *kursiv* gekennzeichnet und kommen fast nur in Kapitel 2 vor.

Um das Meinungsspektrum zu erweitern, habe ich ergänzend zu einigen Themen bekannte Persönlichkeiten aus der Audiobranche befragt.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen und in der Umsetzung meines Buches Audio Mastering mit PC-Workstations.

Friedemann Tischmeyer, im Oktober 2005

Leseprobe

# Inhalt

<b>1 Grundlagen</b> .....	II
Was ist Mastering? .....	II
Mastering – nativ auf dem PC oder mit teurem Outboard-Equipment? .....	17
Voraussetzungen für das Mastering .....	27
Was Sie über Lautheit und Pegel wissen sollten .....	85
Grundwissen der Digitaltechnik .....	95
Grundwissen des CD-Masterings .....	121
<b>2 Arbeitsablauf am Beispiel eines Kompilations- oder Album- Masterings</b> .....	129
Zielsetzung für ein gutes Mastering .....	130
Phase 1: Vorbereitung .....	130
Phase 2: Kreative Bearbeitung .....	144
Phase 3: Nachbereitung .....	153
Der Masteringablauf im Schnellüberblick .....	157
<b>3 Bearbeitung</b> .....	161
Grundsätzliche Strategien in der Bearbeitung .....	161
Den ersten Titel optimieren .....	168
Typische Fallbeispiele und Strategien zur Bearbeitung .....	169
Geräteategorien .....	177
<b>4 Klangrestauration</b> .....	235
The Walk on the edge oder der Gang auf Messers Schneide ...	236
Einspielung .....	237
Technische Einstellungen und digitale Vorbereitungen für die Klangrestauration .....	248

Grundlegende Strategie zur Entfernen von Störgeräuschen . . . .	248
Rauschminderung . . . . .	258
Native Restaurationswerkzeuge . . . . .	262
Wo liegen die Grenzen der nativen Klangrestauration? . . . . .	262
Neuigkeiten im Bereich der nativen Klangrestauration . . . . .	263
Nachwort . . . . .	265
Über den Autor . . . . .	266
Dankeschön . . . . .	267
Anhang . . . . .	269
Glossar . . . . .	269
Klangbeispiele . . . . .	272
CD-ROM-Inhalt . . . . .	278
Internet-Links . . . . .	278
Literaturhinweise . . . . .	280
Index . . . . .	281

# 1

## Grundlagen

### Was ist Mastering?

#### Der Begriff

Der Begriff ›Mastering‹ ist eigentlich falsch bzw. irreführend. Das Thema dieses Buches müsste ›Pre-Mastering-Studio‹ heißen, denn das eigentliche Mastering findet im Presswerk statt, wenn das Glasmaster und in weiteren Arbeitsschritten die Matrize (oder auch Stamper) hergestellt werden. Da es sich bei den Arbeiten im Presswerk lediglich um technisch notwendige Vorgänge zur CD-Herstellung handelt, die (möglichst) keinen Einfluss auf den Klang haben sollten, wurde dem für die Klangqualität wichtigeren Arbeitsabschnitt des Premasterings der schönere und eingängigere Begriff ›Mastering‹ zu eigen.

#### Die drei Produktionsphasen: Aufnahme – Mix – Mastering

Die Musikproduktion im herkömmlichen Sinn kann man in drei Arbeitsphasen einteilen. Durch computerbasierte Produktionsverfahren und Total Recall – die volle Abrufbarkeit aller Parameter – werden diese Phasen nicht mehr so klar. Zum besseren Verständnis ist die Bewusstwerdung dieser klassischen Arbeitsaufteilung umso mehr für unsere Arbeit von Bedeutung.

#### Phase 1, die Aufnahmesession

Der Produzent sorgt dafür, dass die einzelnen Spuren mit musikalisch relevantem Inhalt gefüllt werden. Er führt sozusagen Regie. Der Produzent oder sein Aufnahmeleiter sollten dabei nach Möglichkeit so viel Vorstellungsvermögen haben, dass die einzelnen Spuren schon mit dem Klang aufgenommen werden, der bis auf Feinheiten auch im Mix Bestand haben soll. Der oft gehörte Spruch ›We fix it in the mix‹ ist eher dazu geeignet, nervige Zwischenfragen von Randbeteiligten abzuschütteln.

## Phase 2, der Mixdown

Im Mixdown wird aufgeräumt. Auf eine kurze Formel gebracht, werden die drei Dimensionen – Horizontale, Vertikale und Tiefe – sortiert.

- ❖ *Horizontale*: Panorama
- ❖ *Vertikale*: Frequenzverteilung im gesamten Spektrum (Pegel/Dynamik/EQing)
- ❖ *Tiefe*: räumliche Platzierung der Instrumente mit Hall, Delay und zusätzlich EQing von Hall und Delay.

Der Mixdown wird abgeschlossen, indem der Tontechniker ein Stereomaster zieht. Früher wurde dafür gewöhnlich ein guter DAT-Rekorder verwendet, dem zum Beispiel ein Apogee-Wandler mit eingebautem Limiter vorgeschaltet war. Häufig hatte man zusätzlich einen analogen Limiter zum Abschneiden der Pegelspitzen benutzt (z. B. Urei 1178LN). Sinn und Zweck war die optimale Nutzung der 16-Bit-Auflösung der DAT-Rekorder. Da wir uns heute den Luxus eines 24- oder 32-Bit-Mixdowns (Bouncing/Export/Render/Apply) leisten können, müssen wir nicht unbedingt das Master durch den Einsatz eines schlechten nativen Limiters verschlechtern. Mit 32-Bit-Fließkomma-Auflösung haben wir genug Headroom für einen Mixdown ohne Limiter, da – wie wir später sehen werden – auf der 32-Bit-Ebene keine Übersteuerung möglich ist. Wenn Sie ein 24-Bit-Master vorziehen, sollten Übersteuerungen durch Verwendung eines Brickwall-Limiters vermieden werden. Lautheits-optimierende Maßnahmen wie der Einsatz von Multiband-Kompressoren oder Loudness Maximizern und alle anderen Bearbeitungsschritte überlassen wir dem Mastering-Engineer, der die Phase 3 einläutet.

Beim Mixdown haben wir uns also lediglich auf die drei Dimensionen zu konzentrieren.

*Ziel des Mixes* sollte ein warmer, klarer und tiefer Sound sein, indem alle vorkommenden musikalischen Ereignisse klar definiert erscheinen. Wenn es sich nicht gerade um eine leise Fläche zum Anfüllen von ›Wärme‹ handelt, sollte man sich bei jedem Event, für das man keinen definierten Platz im Mix findet, überlegen, ob man nicht darauf verzichten kann. Weniger kann mehr sein!

### Phase 3, das Mastering

Der Mastering-Engineer bringt die unterschiedlichen Mixdowns, die oft Wochen, Monate oder Jahre auseinander liegen und aus unterschiedlichen Studios kommen, zu einer einheitlichen Soundästhetik zusammen. Es wird die Lautheit vorsichtig verdichtet und das Material nach der Loudness-Kurve bei Bedarf leicht entzerrt, damit die Musik im Auto, aus dem Küchenradio und auf der Stereoanlage gleichermaßen gut klingt.

Hier kann Befangenheit Schaden anrichten. Wenn Sie Ihren eigenen Mix mastern möchten, kann ich Ihnen nur raten, sich genügend Abstand zum Mix einzuräumen. Schnellschüsse gehen gerne nach hinten los. Auch ist die Wahl einer anderen Abhörumgebung notwendig, um potenzielle Fehler in der Mixregie aufzudecken.

Das *Ziel des Mastering* lässt sich klar definieren:

- ❖ Gute Durchhörbarkeit des Tonträgers. Selbst im Randomplay-Modus sollte kein Hörer das Bedürfnis verspüren, zur Fernbedienung greifen zu wollen. Die Durchhörbarkeit gilt für Lautheit und Klang.
- ❖ Bestmögliche Übersetzung nach ›draußen‹. Der gewählte Sound sollte auf der größtmöglichen Menge unterschiedlicher Abhörsituationen funktionieren.
- ❖ Um den unglücklichen Wettbewerb um das lauteste Master stilvoll zu berücksichtigen, sollte die größtmögliche Lautheit erreicht werden, die im lautheitskorrigierten A/B-Vergleich mit dem unbearbeiteten Original keine Verschlechterung im Klang oder der empfundenen Dynamik gewährleistet. Im Idealfall sollte die Bearbeitung im lautheitskorrigierten A/B-Vergleich trotz der höheren Dichte besser klingen.
- ❖ Handwerklich einwandfreie Umsetzung des PQ-Editings (Marker) und der Pegelbemessung (−0,3 dBFS Peak-Headroom).

Bei der kurzen Reise durch die drei Produktionsphasen wird deutlich, dass in jeder Produktionsphase anders gehört wird!

Der Engineer in der Aufnahmesession konzentriert sich auf den Klang der einzelnen Instrumente.

Der Misch-Engineer bestimmt die grundlegende Klangästhetik, die Gewichtung der Instrumente. Er muss auf jedes kleine Einzelelement im Mix Acht geben.

Der Mastering-Engineer hört auf den Gesamtklang. Ihm muss es nicht mehr interessieren, ob der Schlagzeuger groovt oder nicht. Der musikalische Inhalt spielt eine untergeordnete Rolle, weil darauf kein Einfluss mehr ausgeübt werden kann. Mir passiert es öfters, dass ich erst beim letzten Gegenhören des finalen Masters bemerke, dass es ein wirklich tolles Album wird.

Da ich mich beim Mastern voll auf den Klang konzentrieren kann, ist ein viel tieferes akustisches Eintauchen möglich. Wenn ich einzelne Geräte einstelle (wie zum Beispiel einen Equalizer), höre ich einen kurzen Loop einer repräsentativen Passage (in der Regel Refrain) immer wieder als Schleife, und meine Ohren werden nicht durch neue musikalische Informationen abgelenkt. Mehr dazu unter ›Hörstrategien‹ (Seite 59).

Der Rückblick auf die drei Produktionsphasen lässt noch eine andere Feststellung zu:

Die Produktionsweise hat sich geändert. Die Phasen vermischen sich; oft ist nur eine Person mit der gesamten Produktion betraut. Da eine CD-Produktion heute keine elitäre Veranstaltung mehr ist und jedermann zu Hause auf dem PC produzieren kann, ist leider auch das Niveau der angelieferten Mixe gesunken. Ein aufgepeppter Musik-Rechner stellt zwar die technischen Möglichkeiten eines umfangreichen, teuren und sehr komplexen Studios mit seinen unzähligen Einzelgeräten zur Verfügung, aber die Ausbildung und jahrelange Erfahrung eines guten Mix-Engineers fehlen bei diesen Produktionen.

### **Der Mastering-Engineer als Qualitätskontrollinstanz**

Interessanterweise wächst die Bedeutung des Masterings mit kleiner werdenden Produktionsbudgets. Es ist sehr sinnvoll, die Kosten für ein Mastering-Studio mit einzuplanen. Dank der Total-Recall-Möglichkeiten gängiger Produktionssysteme lässt sich jeder Mix schnell wieder aufrufen, um kleine Korrekturen vorzunehmen (Total Recall = volle dynamische Automatisation). Sie können sich als Mastering-Engineer die ›frischen‹ Mixe

per Internet mailen lassen und dem Mix-Engineer klare Anweisungen zu notwendigen Änderungen der Mischung geben. So werden die einzelnen Mixe im Verlauf der Albumproduktion automatisch von Song zu Song besser. Aber auch ohne diese Kooperation liegt eine große Verantwortung in den Händen eines Mastering-Engineers. Wenn Eile geboten ist, sind Sie die letzte Instanz, die den fertigen Tonträger hört, bevor die CD vervielfältigt wird.

### **Sorgfalt**

Aufgrund der großen Verantwortung ist Sorgfalt und Geduld das oberste Gebot für jeden Mastering-Engineer. Zum Abschluss eines Auftrages höre ich mir die CD aufmerksam von A bis Z bei moderater Abhörlautstärke durch. Dabei ist das Telefon ausgeschaltet, Tür und Fenster sind verschlossen. Wenn jetzt nur ein einziger Knacker zu hören ist oder ein Übergang zu hektisch wirkt, müssen Sie viele Arbeitsschritte zurückkehren, um in der ungeditherten 32-Bit-Version die Änderung vorzunehmen (mehr dazu unter ›Dithering‹ (Seite 105) und in Kapitel 2). Das kostet Zeit und Nerven, weil keine Änderung im Mastering ›husch, husch‹ geht.

### **CD-Mastering von Stereotracks**

Das Mastering von Stereotracks ist am weitesten verbreitet und hat einen großen Vorteil. Wie unter ›Die drei Produktionsphasen‹ beschrieben, ist das Gehör des Engineers beim Hören von Stereomixen anders geeicht als im Mischprozess. Die Reduzierung der Einflussmöglichkeiten erlaubt das rein klangorientierte Hören. Wenn ich einen frischen Mix gleich nach Fertigstellung in WaveLab als Stereofile anhöre, habe ich manchmal einen anderen Höreindruck, als wenn ich das ganze Mixprojekt vor mir habe. Natürlich hören sich beide Mixe identisch an. Es zeigt nur, wie unterschiedlich die ›Hörweisen‹ sind. Es ist so, als hätte ich die Mixermütze gegen die Mastermütze getauscht.

Den Hauptvorteil von Stereomasterings sehe ich in dieser stringenten Trennung. Das Mastern von mehreren Gruppenspuren verwischt diese Trennung und der Mastering-Engineer erhält gestalterischen Einfluss, der eigentlich dem Misch-Engineer oder Produzenten obliegt. Das Mehrspur-Mastering macht meiner Meinung nach bei Budgetproduktionen Sinn, die

weder auf ein hochwertiges Mischpult samt Outboard-Equipment noch auf einen erfahrenen Mix-Engineer zurückgreifen können. Bei rein PC-internen Produktionen ist es meistens deutlich hörbar, ob zusätzliche DSP-Power à la uad-1 oder Powercore verwendet wurden. Mixe ohne dieses »moderne Outboard-Equipment« klingen meistens flach und schlaff und eignen sich gut für ein Mehrspur-Mastering. Auch wenn mit niedrigen Bitauflösungen unter 32-Bit-Fließkommaverarbeitung gearbeitet werden muss (Logic/Pro Tools), neigen Mixe dazu, flach und konturlos zu klingen, wenn sie rechnerintern summiert werden. Diese Mixe können durch Mehrspur-Mastering an Klarheit und Tiefe gewinnen.

Warum bestimmte Mixe flach und andere Mixe plastisch klingen, erfahren Sie im Abschnitt »Warum sind hohe Bit-Auflösungen so wichtig für den Klang?« auf Seite 101.

### **Mehrspur-CD-Mastering von Instrumentengruppen (z. B. Drums, Bass, Vocals und Gitarren)**

Das Mehrspur-Mastering (nicht zu verwechseln mit Surround) erfreut sich wachsender Beliebtheit. Hierfür ist es wichtig, dass der Misch-Engineer die einzelnen Gruppen mit genau dem Pegel anliefert, mit dem die Gruppen im richtigen Lautstärkeverhältnis zueinander stehen. Bei Cubase SX oder Nuendo eignet sich hierzu die Option, die Gruppenspur als Exportbus anzuwählen (im Exportdialog zu finden). Selbstverständlich sollten alle Spuren auch denselben Startpunkt haben. Der Mastering-Engineer braucht dann nur die Gruppen untereinander zu platzieren und die Kanalpegel auf 0 dB zu belassen, um sich ein Bild der vom Misch-Engineer vorgegebenen Verhältnismäßigkeiten zu machen. Ich finde diesen Trend spannend und werde in Zukunft sicher häufiger so arbeiten, weil dem Mastering-Engineer durch diese Arbeitsweise mehr Einfluss auf die Tiefenstaffelung gegeben wird, die bei Computerproduktionen so oft das Hauptproblem darstellt. Das ist in jedem Fall die bessere Alternative, als einen Kunden mit dem Kommentar »unmasterbar« nach Hause zu schicken. Ich persönlich teile die Mastersession dann in zwei Arbeitsschritte. Den Mixdown der Gruppenspuren realisiere ich in Nuendo, das Mastering in einer zeitlich getrennten Session in WaveLab. Ein Musikproduktionsprogramm wie Nuendo bietet bessere Möglichkeiten in der Automation und für das Routing beim Einbinden von externen Geräten als ein Maste-

ring-Programm wie WaveLab. Als Tipp möchte ich noch kurz auf das Mixdream von SPL hinweisen. Es ist speziell für diesen Zweck konzipiert und ermöglicht das Zusammenmischen von bis zu 16 Kanälen auf hochwertiger analoger Ebene mit analoger Insert-Funktion zum Einschleifen analoger Geräte.

## **Mastering – nativ auf dem PC oder mit teurem Outboard-Equipment?**

Wie leistungsfähig ist der PC mit hochwertigsten Plugins im Vergleich zu einer Batterie an teuren Einzelgeräten? Ist professionelles Mastering im PC ohne externes Equipment überhaupt möglich?

Die preisliche Komponente außer Acht gelassen, sind hochwertige externe Geräte sowohl analoger als auch digitaler Machart den nativen Plugins meistens immer noch klanglich überlegen. Dieser Abstand sinkt zusehends mit der Weiterentwicklung von hochwertigen Plugins und wachsender Rechnerleistung. Während analoge Geräte mit raffinierten Schaltkreisen, dem Einsatz von Röhren oder 120-V-Technik eine authentische Wärme erzeugen können, glänzen digitale Geräte durch sehr leistungsfähige, für die Audibearbeitung spezialisierte DSP-Chips (Digitaler Signalprozessor), die oft die Rechenkapazität eines 3-GHz-PCs sprengen. Natürlich leistet ein voll ausgebautes System 6000 von TC mehr als ein billiges Plugin. Ein Jünger- oder Daniel-Weiss-A/D-Wandler klingt sicher auch besser als ein durchschnittlicher 1.000-Euro-Wandler. Auch bietet der Hardwarebereich sehr spezielle Geräte, die als Plugin gar nicht erhältlich sind. Für sich genommen ist das klassische analoge Mastering-Studio mit einer guten Auswahl an Top-Geräten einem PC-basierten Studio klanglich überlegen. Für professionelles Mastering mit dem PC ist daher die Nutzung zusätzlicher DSP-Leistung unentbehrlich. Am meisten verbreitet sind die uad-1-Karte von Universal Audio oder die Powercore-Karte von TC Electronic, ohne dessen Hilfe ich sicher nicht auf dem PC mastern würde. Beide Karten sind als PCI-Karte, die Powercore auch als Firewire-19"-Gerät erhältlich. Neuerdings bietet auch der Hersteller Waves externe DSP-Power für die Berechnung der eigenen Plugins an. Durch den Einsatz dieser Karten mit ihren hochwertigen Zusatz-Plugins schmelzen die klanglichen Vorteile teurer externer Geräte auf ein kleineres Maß zusammen.