



Mastered for iTunes: Musik so erleben, wie sie vom Künstler und Toningenieur konzipiert wurde.

Es spielt keine Rolle, ob Sie ein großes Label oder eine kleine Indie-Firma betreiben: Sie sind es, der die für iTunes wichtigste Zutat liefert – nämlich die Musik selbst. Es ist unser Job, Ihre Songs und Alben den Fans in aller Welt konsequent in einer Form zur Verfügung zu stellen, die sich exakt so anhört, wie Sie es sich vorgestellt haben. Um dieses Maß an Transparenz zu erreichen, brauchen Sie bestimmte Tools und Technologien, die wir Ihnen bereitstellen. Wir haben sie so entwickelt und optimiert, dass die Ergebnisse Ihren hohen Maßstäben für Musik im iTunes Store entsprechen. Mit diesen Tools können Sie uns Masteraufnahmen in höchster Qualität liefern, wie wir sie für unser Angebot benötigen. Angesichts von mehr als 315 Mio. iOS Geräten, mit denen Ihre Musik wiedergegeben werden kann, war die Gelegenheit nie günstiger als jetzt, aktualisierte Informationen zu den besten Tools und Bearbeitungsmöglichkeiten für die Herstellung der Millionen von AAC-Dateien zu erhalten, die tagtäglich an unsere gemeinsamen Kunden in mehr als 50 Ländern weltweit ausgeliefert werden.

Innovation und höchste Klangqualität

Apple kann auf eine lange und umfangreiche Tradition bei der Schaffung innovativer und herausragend klingender Musik wie auch bei der Produktion von Inhalten verweisen. Bereits der allererste Mac war für uneingeschränkte Audiounterstützung ohne zusätzliche Hardware oder Software ausgelegt. Dies machte ihn zu einem der ersten Personalcomputer, die mit eingebautem Ton ausgeliefert wurden. Bereits

Die **Frequenz** ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde und wird in Hertz (Hz) gemessen. Das menschliche Ohr verarbeitet einen Frequenzbereich von etwa 20 Hz bis 20 kHz.

Die **Bit-Rate** unterscheidet sich von der **Bit-Tiefe**. Die Bit-Rate gibt an, wie viele Daten pro Sekunde verwendet werden, und wird auf der Basis der Sample-Rate und der Bit-Tiefe berechnet. Bei einer iTunes Plus AAC-Datei wird eine Sample-Rate von 44,1 kHz verwendet. Die Kodierung erfolgt mit einer Ziel-Bit-Rate von 256 Kbit/s. Hierbei kommt die VBR-Kodierung (Variable Bit Rate) zum Einsatz, bei der jedes Bit strategisch genutzt wird, d. h., bei einfacheren Passagen werden weniger Daten dynamisch zugewiesen als bei komplexeren.

Als **Dynamikbereich** bezeichnet man in der Audiotechnik den Gesamtbereich möglicher Lautstärkewerte, d. h. den Unterschied zwischen den leisesten und lautesten Passagen.

Im Digital-Audio-Bereich bezeichnet **Aliasing** hörbare Artefakte, die entstehen, wenn hohe Frequenzen mit unzureichender Sample-Rate aufgezeichnet werden. Die Folge sind Verzerrungen. Eine Analogie zum Aliasing aus dem Filmbereich ist der so genannte „Wagenradeneffekt“: Ein sich schnell drehendes Wagenrad, das mit niedriger Bildrate gefilmt wird, scheint sich rückwärts zu bewegen.

2002 – noch vor Eröffnung des iTunes Store – erhielt Apple einen GRAMMY Award™ für technische Spitzenleistungen auf dem Gebiet der Musik. Dies war übrigens das erste und bislang einzige Mal, dass ein Computerhersteller mit diesem Preis ausgezeichnet wurde. Als iTunes eingeführt wurde, beschloss Apple, statt des beliebten MP3-Formats AAC als Standard zu verwenden. Der einfache Grund für diese Entscheidung war, dass AAC im Vergleich zu anderen Codecs bei ähnlichen Bit-Raten eine weitaus bessere Audioqualität ermöglicht. In Zusammenarbeit mit Dolby und Fraunhofer wurde AAC seitdem weiter optimiert und hat mittlerweile das ausgezeichnete klangliche Niveau erreicht, das wir von iTunes kennen. Wenn Sie die in diesem Dokument gegebenen Empfehlungen beachten und sich AAC-Beispielkodierungen auf Apple Geräten genau anhören, können Sie eine Dynamik erzielen, die dem Redbook-Standard überlegen ist. Ihr Endprodukt wird sich dann praktisch nicht mehr von der Originalaufnahme unterscheiden.

Mastern für den digitalen Vertrieb

Die digitale Übermittlung von Inhalten stellt heute keine Randerscheinung mehr dar. Es handelt sich dabei vielmehr um das mittlerweile vorherrschende Medium für den Musikkonsum und verdient demzufolge höchste Beachtung. Seit Jahrzehnten ist die Compact Disc das Standardmedium für digitale Musik im Verbraucherbereich, weswegen auch das Mastering in aller Regel für CDs erfolgt.

In den letzten Jahren hat sich die Qualität des digitalen Musikvertriebs erheblich verbessert und auch die Umsätze konnten in diesem Bereich wesentlich gesteigert werden. Hierbei kommt iTunes sicher eine Schlüsselrolle zu. Angesichts der Tatsache, dass mittlerweile mehr als 16 Mrd. AAC-kodierte Dateien heruntergeladen wurden, kann man AAC wohl mit Recht als neuen Standard für digitale Musik bezeichnen. Deswegen ist es auch durchaus sinnvoll, Master speziell für dieses Format zu erstellen.

AAC und iTunes Plus: Was ist das?

AAC (Advanced Audio Coding) ist ein Format zur Komprimierung und Kodierung digitaler Audiodaten. Es verbindet die Benutzerfreundlichkeit komprimierter und codierter Musikfiles mit einer Audioqualität, die von der großer digitaler Dateien (z. B. auf CD) nicht mehr unterschieden werden kann.

Der iTunes Katalog wurde erstmals 2003 in Form von mit 128 Kbit/s kodierten AAC-Dateien angeboten. Viele dieser Dateien wurden aus den CD-Originalmastern kodiert. Sie klangen exzellent und ihre Audioqualität galt als branchenweit führend. Mehr als 100 Mio. Songs wurden innerhalb eines Jahres in diesem Format verkauft, was den legalen digitalen Musikvertrieb nachhaltig veränderte.

Clipping ist eine Form der Audioverzerrung und kann auf unterschiedlichste Weise verursacht werden. In der Regel tritt Clipping auf, wenn die Amplitude eines Signals zu groß ist, um vom betreffenden System korrekt dargestellt zu werden. Bei einem Verstärker kann dies der Fall sein, wenn eine zu hohe Verstärkung gewählt wurde. In diesem Fall wird der oberste Teil des Signals abgeschnitten: Das Signal „clippt“. Im Digital-Audio-Bereich dagegen kann Clipping auftreten, wenn ein Signal durch den zulässigen Bit-Tiefenbereich nicht mehr abgebildet werden kann.

Dies war jedoch noch nicht das Ende der Fahnenstange. Vor Kurzem wurde der gesamte iTunes Katalog auf iTunes Plus aktualisiert. Hierbei kam der aktuellste AAC-Encoder zum Einsatz, der die Songs in ein VBR-Format (Variable Bit Rate) mit 256 Kbit/s kodiert. AAC-Encoder für iTunes sind inzwischen in der Lage, hochauflösendes Audiomaterial transparent zu kodieren. Hierbei entstehen Dateien, die so klein, einfach zu handhaben und benutzerfreundlich sind, wie man es von iTunes gewohnt ist. Und sie klingen einfach fantastisch.

Hochauflösende Digitalaufzeichnung

Digitale Audiodaten, wie sie beispielsweise auf CD vorhanden sind, nutzen zur Darstellung von Audiosignalen normalerweise das LPCM-Format (Linear Pulse Code Modulation, oft auch kürzer als „PCM“; bezeichnet). LPCM erstellt Momentaufnahmen des analogen Audiosignals und weist jeder dieser Momentaufnahmen einen numerischen Wert zu.

Die Auflösung einer LPCM-Aufnahme wird durch die Sample-Rate und die Bit-Tiefe bestimmt. Die Sample-Rate gibt an, wie viele Momentaufnahmen oder „Samples“ pro Sekunde erstellt werden, die Bit-Tiefe definiert die Anzahl der Bits, mit denen die einzelnen Samples dargestellt werden. Je höher die Sample-Rate ist, desto höher sind auch die zu erfassenden Frequenzen, und mit größeren Bit-Tiefen lassen sich auch größere Dynamikbereiche exakt abbilden.

Im CD-Standard ist eine 16-Bit-Auflösung bei einer Sample-Rate von 44,1 kHz vorgesehen, d. h., das Analogsignal wird 44.100 Mal pro Sekunde abgetastet, und jedes Sample hat einen Wert zwischen -32.768 und 32.767. Eine solche Auflösung wird häufig auch kurz als „44/16“ geschrieben.

Das Nyquist-Abtasttheorem besagt, dass die Abtastrate zur exakten Darstellung eines Signals doppelt so hoch sein muss wie die höchste abzubildende Frequenz. Die höchste Frequenz, die ein Mensch hören kann, liegt bei etwa 20 kHz. Aus diesem Grund ist eine Sample-Rate von über 40 kHz erforderlich, um alle hörbaren Frequenzen exakt abzubilden. Diese Anforderung wird von der für Compact Discs definierten Sample-Rate von 44,1 kHz erfüllt.

Dennoch sind viele Experten davon überzeugt, dass die Verwendung von höher auflösenden PCM-Dateien während der Produktion eine höhere Audioqualität des Endprodukts und damit auch ein deutlich verbessertes Klangerlebnis ermöglicht. Aus diesem Grund hat sich die 96/24-Auflösung rasch zu einem Standardformat in der Branche entwickelt und auch noch höhere Auflösungen wie z. B. 192/24 sind durchaus gängig.

Probleme bei der Kodierung hochauflösender Aufnahmen

Ein bei der Verwendung hochauflösender Audiodateien entstehendes Problem besteht darin, dass sowohl die Sample-Rate als auch die Bit-Tiefe reduziert werden müssen, um den Anforderungen der jeweiligen Vertriebsformate (CD, AAC usw.) zu genügen. Dies kann auf zweierlei

Mit einem **Equalizer (EQ)** wird die Lautstärke bestimmter Frequenzen – z. B. des Bass- oder Höhenbereichs – geregelt. Es gibt viele unterschiedliche Arten von EQs, ihre Aufgabe ist jedoch stets die frequenzspezifische Lautstärkeregelung.

Mithilfe von **Kompression** wird die Lautstärke im zeitlichen Verlauf automatisch geregelt. Ein Kompressor verringert die Dynamik, indem er laute Signale absenkt und/oder leise Signale anhebt. (Die Audiokompression darf nicht mit der Datenkompression verwechselt werden, deren Ziel eine Verkleinerung digitaler Dateien ist.)

Limiting ist eine sehr schnell agierende Form der Audiokompression mit einem hohen Kompressionsverhältnis. Es wird häufig verwendet, um Signalpegelspitzen abzufangen, die andernfalls zu Verzerrungen führen würden. Durch Anheben der Gesamtlautstärke und ein Limiting der Signalspitzen lässt sich die Gesamtdynamik begrenzen. Dies wiederum ermöglicht eine Erhöhung der Lautheit. Eine Extremform des Limitings ist das „Brickwall-Limiting“.

Die **Multiband-Kompression** ist eine Kombination aus EQ und Kompression. Hierbei wird das Signal in verschiedene Frequenzbänder unterteilt, die isoliert und komprimiert werden können, ohne die übrigen Frequenzen zu beeinflussen. So kann beispielsweise der Bassbereich eines Songs komprimiert werden, ohne dass sich dies auf den Gesang auswirken würde.

Weise geschehen: entweder mithilfe einer Software (nativ) oder dadurch, dass man den Endmix analog wiedergibt und dabei im neuen Format digital aufzeichnet. Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile, doch es besteht bei beiden die Gefahr, dass hierdurch Rauschen und/oder Verzerrungen hinzugefügt werden.

Die Sample-Rate kann mithilfe eines als Sample-Raten-Konvertierung (Sample Rate Conversion, SRC) bezeichneten Verfahrens geändert werden. Verringert man die Sample-Rate auf diese Weise (beispielsweise von 96 auf 44,1 kHz), dann spricht man vom Downsampling. Hierbei entsteht als unerwünschter Nebeneffekt häufig Aliasing.

Das Dithering ist ein Verfahren, das bei der Verringerung der Bit-Tiefe einer Datei (etwa von 24 auf 16 Bit) zum Einsatz kommt. Es wird dabei versucht, den Umfang der durch den Vorgang entstehenden Verzerrungen zu verringern. Dithering stellt einen Kompromiss dar: Die Verzerrungen werden zwar reduziert, doch dafür entsteht zusätzliches Rauschen. (Eine weitere Form der Verringerung der Bit-Tiefe ist das so genannte Truncating, bei dem überzählige Bits einfach entfernt werden. Hierdurch können jedoch Quantisierungsverzerrungen entstehen.)

Verbesserungen bei Konvertierung und Kodierung für AAC

Die neueste Kodierungsmethode von Apple ist ein Prozess, der zwei Schritte umfasst. Zunächst wird die Master-Datei unter Verwendung einer hochmodernen SRC in Mastering-Qualität auf eine Sample-Rate von 44,1 kHz konvertiert.

Da bei dieser SRC eine 32-Bit-Fließkomma-Datei ausgegeben wird, bleiben Werte erhalten, die andernfalls aus dem zulässigen Amplitudenbereich herausfallen würden. Mit diesem hochwertigen Zwischenschritt wird verhindert, dass es zu dem für herkömmliche SRC typischen Aliasing oder Clipping kommt. Erst diese 32-Bit-Fließkomma-Datei wird nun vom Encoder verarbeitet – ein Grund für die erstaunlichen Ergebnisse, die wir erzielen.

Unsere Encoder verwenden jedes einzelne Bit der verfügbaren Auflösung, um die gesamte Dynamik einer 24-Bit-Quelldatei beizubehalten. Dies macht ein nachfolgendes Dithering unnötig. Die Vorgehensweise bietet zwei Vorteile: Es wird nicht nur die Hinzugabe von Dither-Rauschen vermieden, sondern die Encoder können auch effizienter arbeiten, weil dieses unerwünschte und unnötige Rauschen selbst auch nicht mehr kodiert werden muss.

Indem wir also unserem Encoder diese mit unserer SRC extrem präzise erstellte Datei mit ihrem sehr sauberen Signal zuführen, erhalten wir ein Endergebnis, das exakt so klingt, wie Künstler und Produzent es wollten.

0 dBFS („Zero Decibels relative to Full Scale“, 0 Dezibel bezogen auf Vollausschlag) bezeichnet den höchsten Wert, der durch ein Digitalsignal dargestellt werden kann. Werte, die dieses Maximum überschreiten, verursachen Clipping. In einer 16-Bit-Datei ist beispielsweise der höchste darstellbare Wert 32.767, während der niedrigste darstellbare Wert -32.768 beträgt. Wenn Sie versuchen, eine Abfolge von Werten darzustellen, die größer sind als 32.767, dann tritt bei Überschreiten des Maximums Clipping auf. Hierdurch entstehen Artefakte, die bei der Wiedergabe unangenehm und dissonant klingen.

Empfehlungen für Mastering for iTunes

Mit unserem aktuellen hochauflösenden Kodierprozess stellen wir sicher, dass Ihre Musik in unveränderter Form zum Hörer gelangt, damit dieser Ihre Songs so genießen kann, wie Sie es sich vorgestellt haben. Damit Ihre Songs jedoch optimal für iTunes kodiert werden können, sollten Sie einige Empfehlungen beachten.

Verwenden Sie hochauflösende Master-Dateien

Schicken Sie uns Master-Dateien, die im Hinblick auf das jeweilige Medium und Projekt möglichst hoch aufgelöst sind, um von unseren Encodern optimal verarbeitet werden zu können.

Das ideale Master hat eine 24-Bit-Auflösung bei einer Sample-Rate von 96 kHz. Solche Dateien enthalten mehr Details und können von unseren Encodern mit größter Präzision codiert werden. Allerdings profitieren auch andere Auflösungen, die höher sind als 16 Bit/44,1 kHz, von unseren Kodierprozessen; dies gilt auch für Sample-Raten von 48, 88,2, 96 und 192 kHz.

Konvertieren Sie Ihre Master-Dateien nicht in eine höhere Auflösung als ursprünglich verwendet. Bei diesem so genannten Upsampling werden der Audiodatei keine neuen Informationen hinzugefügt. Schicken Sie uns auch keine Dateien, die für eine Umwandlung ins CD-Format mit Downsampling und Dithering bearbeitet wurden. Mit diesen Prozessen wird die Audioqualität der Datei beeinträchtigt.

Dank des technischen Fortschritts und stetiger Verbesserungen in den Bereichen Bandbreite, Speicherplatz, Akkulebensdauer und Prozessorleistung können wir auch Master-Dateien höchster Qualität auf unseren Systemen verfügbar halten. Hierdurch ist sichergestellt, dass Ihre Musik auch von zukünftigen Verbesserungen profitieren wird. Und auch wenn es nicht auf den ersten Blick ersichtlich sein mag (weil nicht immer ein physischer Master-Datenträger im LP- oder CD-Format vorhanden ist), stellt der iTunes Katalog eine wesentliche Komponente des historischen und kulturellen Gedächtnisses der Welt dar. Diese Master-Dateien spielen eine wichtige Rolle – insbesondere angesichts der Tatsache, dass in der Post-PC-Ära immer mehr Daten in der Cloud abgelegt werden.

Master for iTunes Plus

Bei der Erstellung eines Masters berücksichtigt der zuständige Tontechniker die Eigenschaften und Beschränkungen des Mediums oder Zielformats ebenso wie die für das vorgesehene Publikum typischen Hörumgebungen. Beispielsweise wird ein Master für Vinyl eher nicht im Auto oder Flugzeug abgespielt werden. Deswegen erfolgt das Mastering

solcher Songs häufig für Wiedergabeumgebungen, in denen der Hörer die erweiterte Dynamik wahrnehmen kann und auch zu schätzen weiß. Ebenso sollte auch beim Mastering eines Clubtracks der Lärm der vorgesehenen Wiedergabeumgebung einbezogen werden.

Weil iTunes Plus ein extrem flexibles Format ist, sollten die entsprechenden Dateien für die Wiedergabe in einer Vielzahl unterschiedlicher Umgebungen vorbereitet sein. Während also der eine Hörer eine Bach-Kantate in einer vollen U-Bahn über Kopfhörer genießt, erfreut sich ein anderer an der Wiedergabe desselben Stücks über mit AirPlay ausgestatteten Lautsprechern von Bowers & Wilkins oder einen ähnlich ausgestatteten Denon-Receiver im heimischen Wohnzimmer. Ebenso ist es möglich, dass ein Student in der Unibibliothek Dre Beats-Kopfhörer trägt und in die „Sketches of Spain“ von Miles Davis vertieft ist. Vergessen Sie nicht, dass Apple mehr als 250 Mio. iOS Geräte verkauft hat und dass eine unglaublich große Zahl von Menschen Musik auf dem iPod, dem iPhone oder dem iPad hört.

Sie erhalten von uns alle Werkzeuge, die Sie benötigen, um Ihre Master auf exakt die gleiche Weise zu kodieren, wie es der iTunes Store für Sie tut. So erhalten Sie bereits vorab einen sehr genauen Eindruck davon, wie sich Ihre Songs als iTunes Plus AAC-Dateien anhören werden.

Außerdem möchten wir Ihnen empfehlen, sich Ihre Master möglichst auf den gleichen Geräten anzuhören, die auch von Ihrem Publikum verwendet werden. Auf diese Weise stellen Sie sicher, dass sich Ihre Songs so anhören, wie Sie es wollen. Sie müssen dies zwar nicht in Echtzeit tun, aber am Ende werden ja auch Sie davon überzeugt sein wollen, dass Ihr Sound dem Hörer bei der Wiedergabe auf dem vorgesehenen Gerät und in der vorgesehenen Umgebung gefällt.

Denken Sie an Dynamik und Clipping

Es spielt keine Rolle, ob Sie eine auf einer Bambusflöte flüsterleise gespielte Tondichtung oder eine Heavy-Metal-Gitarre mastern: Der Lautstärke kommt eine Schlüsselrolle zu. Die wichtigsten beim Mastering zum Einsatz kommenden Tools – Equalizer, Kompressor, Limiter oder eine Kombination dieser Prozessoren – steuern jeweils unterschiedliche Aspekte der Lautstärke. Letztendlich geht es beim Mastering ja um nichts anderes als darum, Entscheidungen zu Pegelverstärkungen, Dynamik und Frequenzgang zu treffen.

Viele Künstler und auch Produzenten sind der Meinung, dass laute Musik besser ist. Dieser Trend hin zur Steigerung der Lautheit hat sowohl leidenschaftliche Fans großer Lautstärken als auch eine Gegenreaktion von Musikliebhabern hervorgebracht – eine Kontroverse, die als „Loudness Wars“ bekannt wurde. Dabei ist dies allein ein musikspezifisches Problem. Für Filme beispielsweise gibt es sehr genaue Normen, die beschreiben, wie der Endmix eines Filmsoundtracks gemastert werden muss. In der Welt der Musik gibt es solche Normen

nicht und in den letzten Jahren hat sich ein De-facto-Standard etabliert, der vor allem eines besagt: Master müssen laut sein. Und zwar so laut wie möglich. Und während mancher das Gefühl hat, dass ein nur auf Lautheit getrimmtes Mastering Musik ruiniert, weil sie nicht genügend Luft zum Atmen hat, sind andere der Ansicht, dass einer hohen Lautheit eine eigene Ästhetik innewohnt, die für bestimmte Songs oder Alben genau richtig sein kann.

Bei analogen Mastern sind die Lautstärken möglichst hoch – knapp über der Sättigungsgrenze – ausgesteuert. Hierdurch lässt sich der Rauschabstand verbessern. Beim digitalen Mastern hingegen besteht das Ziel darin, eine möglichst hohe Lautstärke zu erzielen, ohne im Vergleich zur Originaldatei Informationen durch Clipping zu verlieren.

Es gibt bei digitalen Dateien eine Maximallautstärke, die nicht überschritten werden kann: 0 dBFS. Wenn man versucht, die Lautstärke eines Titels über diesen Wert hinaus zu erhöhen, kommt es zum Clipping: Verzerrungen entstehen und die Dynamik wird eingeschränkt. Zwar wird die Lautstärke ruhigerer Passagen im Song angehoben, doch ist dies bei den lauten Passagen aufgrund der Beschränkungen des Digitalformats nicht der Fall.

Obwohl iTunes auch Dateien, die Clipping enthalten, akzeptiert, werden Titel mit hörbarem Clipping nicht als Mastered for iTunes gekennzeichnet.

Ein weniger offensichtliches Problem in Bezug auf die Verstärkung digitaler Master kann bei der Wiedergabe auftreten. Jede digitale Audiodatei – ob in einem komprimierten Format wie AAC oder in unkomprimierter Form vorliegend wie bei CD – durchläuft verschiedene Prozesse, an deren Ende die Konvertierung in das wiederzugebende Analogsignal steht.

Ein hierbei häufig zum Einsatz kommender Prozess ist das so genannte Oversampling. Beim Oversampling werden die digitalen Daten mit der vierfachen ursprünglichen Sample-Rate hochgerechnet, um die Qualität bei der Konvertierung in ein Analogsignal zu verbessern. Enthält die digitale Originaldatei Spitzenpegel von 0 dBFS, dann kann beim Oversampling unerwünschtes Clipping auftreten. Ist ein solches Clipping bereits im Ursprungssignal vorhanden, kann es durch das Oversampling noch verschlimmert werden. Aus diesem Grund setzt sich allmählich die Erkenntnis durch, dass digitale Master eine kleine Pegelreserve (ca. 1 dB) aufweisen sollten, um ein solches Clipping zu vermeiden.

Sowohl auf der analogen als auch auf der digitalen Ebene kann der jeweils höchstmögliche Pegel von Titel zu Titel variieren. Dies hängt ganz von dem Material ab, das gemastert wird. Ihre Entscheidung zu Lautstärke und Lautheit Ihrer Titel ist also sowohl eine technische als auch eine künstlerische. Vielleicht möchten Sie den Zuhörer auf eine dynamische Reise durch ein Album als Gesamtkunstwerk mitnehmen und variieren deswegen die Lautstärkepegel über die verschiedenen Titel hinweg mit dem Ziel, die emotionale Wirkung Ihrer Musik zu steigern. Vielleicht möchten Sie aber auch lieber zu jedem beliebigen Zeitpunkt das jeweils lautestmögliche Signal hören.

Doch wie Sie sich auch entscheiden – ob für einen wunderbar satten und lauten Sound oder ein wunderbar nuanciertes und geschmackvolles Klangerlebnis – wir werden Ihren Titel sorgfältig und sauber kodieren, damit er später genau wie gewünscht wiedergegeben wird. Nur um eines möchten wir bitten: Achten Sie darauf, dass das Signal nicht clippt.

Mastern Sie für Sound Check und ähnliche Technologien zur Lautstärkekontrolle

Sound Check ist eine Funktion für iTunes und alle iOS Geräte, die es ermöglicht, alle Songs mit annähernd derselben Lautstärke wiederzugeben. Zunächst wird die Lautheit eines Titels bestimmt. Die ermittelten Informationen werden dann in den Metadaten der Datei abgelegt. (Songs, die aus dem iTunes Store heruntergeladen werden, enthalten diese Informationen bereits.) Unter Berücksichtigung dieser Metadaten wird die Lautstärke der einzelnen Titel dann jeweils angehoben oder abgesenkt, um unangenehme Lautstärkesprünge bei Verwendung des Shuffle-Modus zu vermeiden.

Bei Radiosendern werden ähnliche Verfahren zur Lautstärkeanpassung ausgestrahlter Songs verwendet und auch bei MP3-Dateien wird ein solches Verfahren eingesetzt, das hier „Replay Gain“ heißt. Die Internationale Fernmeldeunion (International Telecommunication Union, ITU) verfolgt ähnliche Ansätze in ihren Ausstrahlungsnormen zur Standardisierung von Lautstärkeinstellungen (insbesondere BS. 1770).

(Sound Check kann die Lautstärke auch pro Album statt pro Titel korrekt festlegen. Hierdurch ist sichergestellt, dass bei Alben, bei denen Lautstärkeunterschiede zwischen Titeln eine Rolle spielen, diese Unterschiede erhalten bleiben. Ein bekanntes Beispiel für ein solches Album ist „The Dark Side of the Moon“ von Pink Floyd.)

Der Effekt von Sound Check (wie auch von anderen Technologien zur Lautstärkesteuerung) besteht darin, dass Songs, die zu laut gemastert wurden, mit niedrigerer Lautstärke abgespielt werden. Hierdurch sind für den Hörer Artefakte oder unerwünschte Verzerrungen einfacher zu erkennen.

Weil solche Technologien von Hörern häufig eingesetzt werden, sollten Sie Ihre Titel immer so abmischen und mastern, dass der gewünschte Sound von der Wiedergabelautstärke unabhängig ist.

Remastering für iTunes

Als die CD sich seinerzeit durchsetzte, wurden viele ältere Aufnahmen erneut auf den Markt gebracht. Um diese Aufnahmen schnellstmöglich verfügbar zu machen, hatte man sich bei den erforderlichen Schritten auf das Notwendigste beschränkt. In verschiedenen Fällen hatte man die falschen Masterbänder verwendet oder die CD war einfach schlecht gemastert. Viele derartige Fehler wurden seitdem erkannt und behoben, und heute gibt es einige Plattenfirmen, die älteres Material für die Neuveröffentlichung in hochauflösenden Formaten wie DVD-A und SACD remastern.

Die aktuellen Fortschritte bei der Kodierung von Dateien für iTunes Plus bieten jedem die Möglichkeit, ein digitales Archiv für bestehende Inhalte einzurichten bzw. ein solches zu verbessern. In den letzten fünf Jahren gab es außerdem Fortschritte bei den Werkzeugen und Verfahren für digitales Mastering. Neben der Einführung höherer Auflösungen fanden erhebliche Verbesserungen bei anderen Technologien (Rauschunterdrückung, Restaurierung von Aufnahmen usw.) statt. Da jetzt endlich ein Vertriebsweg vorhanden ist, der die Vorteile hochauflösender Master tatsächlich nutzen kann, kann es sich durchaus lohnen, älteren Aufnahmen neues Leben einzuhauchen. Nach einem feinfühligem und stilgetreuen Remastering lassen sich musikalische Meisterwerke heute wieder so erleben, wie es einst gedacht, aber jahrelang vielleicht nicht möglich war.

Bereits in hochauflösenden Formaten wie DVD-A und SACD remastertes Material bietet sich für ein Remastering für iTunes geradezu an. Zu Projekten, die von einem Remastering profitieren können, gehören etwa schlecht oder von den falschen Bändern gemasterte CDs, alte Aufnahmen, denen man mit aktueller Rauschunterdrückung oder ähnlichen modernen Technologien auf den Leib rücken könnte, und auch Fälle, in denen ein altersbedingter Verfall des physischen Mediums droht.

Anders als physische Medien bietet die digitale Archivierung den Vorzug exakter, bitgenauer Kopien, die sich zudem ohne Signalverschlechterung erstellen lassen. Und wenn Master-Dateien nun immer häufiger in der Cloud abgelegt werden, ist es unumgänglich, für die Archivierung möglichst hoch aufgelöste Kopien zu verwenden.

Beim Remastering für iTunes sind Vorgehensweisen und Empfehlungen zu beachten, die denen für das Mastering von Neuveröffentlichungen ähneln. Verwenden Sie als Ausgangsbasis stets das beste verfügbare Master. Achten Sie sehr genau auf die Aussteuerung, um Clipping zu

vermeiden, und kontrollieren Sie den Kodierprozess und die resultierenden Dateien auf einem iOS Gerät.

Es ist zwar auch möglich, mit einer zuvor bereits gemasterten CD als Quelle gute Ergebnisse zu erzielen, doch sollte die Grundlage von Inhalten, die mit Mastered for iTunes neu gemastert werden sollen, möglichst eine hoch aufgelöste, von der analogen Originalquelle erstellte Datei sein, die deutlich besser klingen muss als die zuvor veröffentlichte Version. Songs und Alben, die als neu gemasterte Inhalte im iTunes Store eingestellt werden sollen, werden von uns kontrolliert, um sicherzustellen, dass die Klangqualität erkennbar verbessert wurde.

Mastering-Werkzeuge

Mastering ist in erster Linie die Auswahl geeigneter kreativer Optionen. Als Profi können Sie darauf vertrauen, dass wir von Apple das von Ihnen gemischte und gemasterte Material mit der gleichen Sorgfalt behandeln, mit der Sie es bearbeitet haben. Unsere Aufgabe besteht darin, die von Ihnen für iTunes übermittelten Audiodaten so originalgetreu und transparent wie möglich zu reproduzieren. Und damit Sie Ihre Arbeit leichter erledigen können, erhalten Sie Zugriff auf dieselben erstklassigen Tools, mit denen der gesamte Katalog für die iTunes Bibliothek kodiert wurde. Unabhängig davon, ob Sie ein automatisiertes Droplet oder ein Befehlszeilen-Dienstprogramm einsetzen, werden Ihnen die folgenden Tools dabei behilflich sein, den gewünschten Sound für Ihre Master zu erstellen:

- **Das Master for iTunes Droplet.** Das Master for iTunes Droplet ist ein einfaches, eigenständiges Tool. Sie bewegen Ihre Master-Dateien einfach auf das Droplet, um sie schnell und unkompliziert im iTunes Plus Format zu kodieren.
- **afconvert.** Das Befehlszeilen-Dienstprogramm afconvert dient der Kodierung Ihrer Master-Daten in das iTunes Plus Format.
- **afclip.** Mit diesem Befehlszeilen-Dienstprogramm können Sie beliebige Audiodateien auf vorhandenes Clipping prüfen.
- **Die Audio-Unit AURoundTripAAC.** Mit der Audio-Unit AURoundTripAAC können Sie eine iTunes Plus Datei mit der als Quelle verwendeten Originalaudiodatei vergleichen, um sie auf vorhandenes Clipping zu prüfen.
- **Das Audio to WAVE Droplet.** Das Audio to WAVE Droplet automatisiert die Erstellung von Audiodateien im WAVE-Format (Waveform Audio File) von einer beliebigen Audiodatei (z. B. MPEG- oder CAF-Datei), die in Mac OS X unterstützt wird.

Nachfolgend sind Hinweise dazu aufgeführt, wie Sie einige dieser Tools für die Konvertierung von Audiodaten nach iTunes Plus AAC verwenden und Dateien auf vorhandenes Clipping prüfen können. Beide Tools nutzen afconvert, das Bestandteil der Core Audio Frameworks in Mac OS

X ist. Änderungen an diesen Tools werden durch die Software-Aktualisierung von Mac OS X vorgenommen. Die Software-Aktualisierung stellt die beste Möglichkeit dar, Ihre Systeme auf dem aktuellen Stand zu halten. Nur dann ist das System, das Sie für die Audiokodierung einsetzen, mit dem vom iTunes Store verwendeten System identisch.

Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Dokuments ist Mac OS X 10.6.8 oder höher für den Zugriff auf die aktuellste Version des AAC-Encoders erforderlich.

Das Master for iTunes Droplet

Mithilfe des Master for iTunes Droplets können Sie die Erstellung von Masters im iTunes Plus Format automatisieren. Das Droplet erstellt aus einer AIFF- oder WAVE-Quelldatei eine AAC-Datei. Hierzu wird zunächst eine CAF-Datei (Core Audio File) erstellt, wobei beim Rendern ein iTunes Sound Check Profil auf die Datei angewendet wird. Wenn die Sample-Rate der Quelldatei höher als 44,1 kHz ist, erfolgt unter Verwendung unserer mit Mastering-Qualität arbeitenden SRC ein Downsampling auf 44,1 kHz. Im nächsten Schritt wird nun aus dieser neu gerenderten CAF-Datei eine hochwertige AAC-Audiodatei gerendert. Nach der Erstellung der finalen AAC-Audiodatei wird die im Zwischenschritt erstellte CAF-Datei gelöscht.

Zur Verwendung des Master for iTunes Droplets bewegen Sie die Quelldateien im AIFF- oder WAVE-Format bzw. die Ordner, die diese Dateien enthalten, auf das Droplet. Das Droplet automatisiert die Verwendung des nachfolgend erläuterten Befehlszeilen-Tools `afconvert`.

Weitere Informationen zum Master for iTunes Droplet entnehmen Sie der Readme-Datei zum Master for iTunes Droplet, die Bestandteil des Installationsprogramms für Master for iTunes ist.

afconvert

Das Dienstprogramm `afconvert` ist ein Befehlszeilen-Tool, mit dem Sie Ihre Master unter Verwendung derselben Technologie kodieren können, die auch für die Kodierung von Dateien für den iTunes Store eingesetzt wird. `afconvert` ist in Mac OS X integriert und kann über das Terminal Programm aufgerufen werden.

Um weitere Informationen zu `afconvert` zu erhalten, geben Sie in Mac OS X im Terminal Programm auf der Befehlszeile `afconvert -h` ein. Informationen zu den Formaten, die `afconvert` konvertieren kann, erhalten Sie nach Eingabe von `afconvert -hf`.

Mit afconvert Audiodaten aus dem LPCM- in das iTunes Plus AAC-Format konvertieren

Gehen Sie wie folgt vor, um Ihre Audiodatei mithilfe von `afconvert` aus dem LPCM- in das iTunes Plus AAC-Format zu konvertieren. Die kursiv gedruckten Elemente sind dabei Platzhalter für Dateinamen. Die

Eingabedatei soll `source.wav` heißen und alle in Zwischenschritten als Ausgabe eines Befehls erstellten Dateien werden als Eingabedatei für den jeweils nächsten Befehl verwendet. Die finale Ausgabedatei heißt `final.m4a`. Bei der Durchführung der Schritte wird davon ausgegangen, dass Ihr aktuelles Verzeichnis dasjenige ist, in dem sich die Eingabedatei befindet.

Falls eine WAV-Datei im LPCM-Format mit der Sample-Rate 44,1 kHz als Eingabedatei verwendet wird:

1. Geben Sie zur Konvertierung in eine `.caf`-Datei und zum Hinzufügen der Sound Check Informationen in Terminal Folgendes in eine Zeile ein:

```
afconvert source.wav intermediate.caf -d 0 -f caff --  
soundcheck-generate
```

Falls hingegen eine WAV-Datei im LPCM-Format mit einer Sample-Rate von 48 oder 96 kHz als Eingabedatei verwendet wird:

2. Geben Sie für das Downsampling der Datei auf 44,1 kHz mithilfe der SRC und zum Hinzufügen der Sound Check Informationen in Terminal Folgendes in eine Zeile ein:

```
afconvert source.wav -d LEF32@44100 -f caff --  
soundcheck-generate --src-complexity bats -r 127  
intermediate.caf
```

Danach erfolgt die Kodierung ins AAC-Format:

3. Zur Konvertierung nach iTunes Plus AAC geben Sie Folgendes in eine Zeile ein:

```
afconvert intermediate.caf -d aac -f m4af -u pgcm 2 --  
soundcheck-read -b 256000 -q 127 -s 2 final.m4a
```

Vorhören der konvertierten Audiodatei

Die von `afconvert` erstellte AAC-kodierte M4A-Datei (`final.m4a`) kann in iTunes oder einem anderen Programm, das M4A-Dateien wiedergeben kann (z. B. QuickTime Player), vorgehört werden. Wenn Sie allerdings eine genauere Überprüfung vornehmen möchten (z. B. Erstellen von Loops für Passagen, Vergleichen von Passagen mit dem Original usw.), dann müssen Sie die AAC-kodierten Daten in unkomprimierte LPCM-Daten dekodieren – dasselbe geschieht auch bei der normalen Wiedergabe. Sie können die AAC-Daten mit `afconvert` in unkomprimierte LPCM-Daten dekodieren und diese dann als WAV-Datei speichern.

Diese WAV-Datei sollte nur dann zum Zweck eines Detailvergleichs oder zur Bewertung verwendet werden, wenn die Vorschau der Datei in iTunes hierzu nicht ausreichend ist. Sie sollte nicht als Audioquelle an den iTunes Store übermittelt werden.

Verwenden Sie zur Dekodierung der AAC-kodierten Daten `afconvert`, da die AAC-Datei hiermit korrekt dekodiert werden kann. Dabei werden

auch einige Details, die von anderen Programmen nicht richtig verarbeitet werden, sauber entschlüsselt. So hat die resultierende Datei `decode.wav` die gleiche Anzahl an Audio-Samples wie die anfangs verwendete Originaldatei `source.wav` und kann insofern zum kritischen Abhören, Vergleichen und Bewerten direkt an der Quelldatei ausgerichtet werden.

Unabhängig von der Bit-Tiefe der ursprünglichen Quelldatei (16 oder 24 Bit) sollten Sie immer eine 24-Bit-Datei generieren, um die beim AAC-Kodiervorgang entstandene maximale Klangtreue beizubehalten.

Mit `afconvert` eine AAC-kodierte M4A-Datei dekodieren

Mithilfe des folgenden Befehls dekodieren Sie eine AAC-kodierte M4A-Datei. (Beachten Sie: Sie können auch das Audio to WAVE Droplet verwenden, um die Dekodierung einer oder mehrerer Ihrer AAC-kodierten M4A-Dateien zu automatisieren.) In diesem Befehl ist `final.m4a` die M4A-Datei mit den AAC-kodierten Daten, die ursprünglich mit `afconvert` erstellt wurde, und `decode.wav` die WAV-Datei, die aus den AAC-kodierten Daten dekodiert wurde.

1. Geben Sie in Terminal Folgendes in eine Zeile ein:

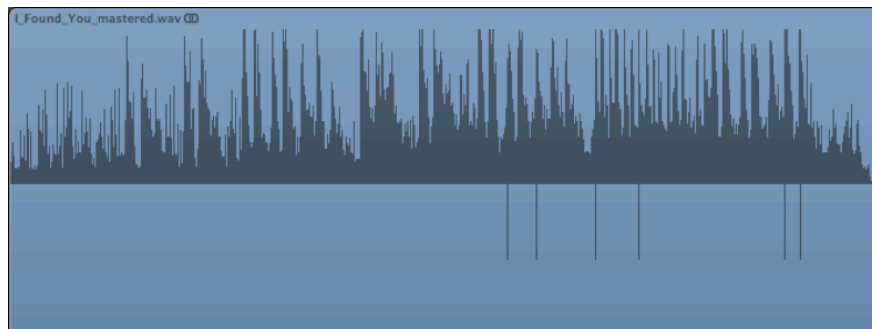
```
afconvert final.m4a decode.wav -d LEI24 -f WAVE
```

`afclip`

Mithilfe eines weiteren einfachen Befehlszeilen-Tools namens `afclip` können Sie beliebige Dateien auf vorhandenes Clipping prüfen. Dieses Tool untersucht eine Audiodatei und erkennt Bereiche, in denen Clipping aufgetreten ist.

Es nimmt Audiodateien als Eingabe entgegen und gibt eine Stereodatei aus, die den linken Kanal der Originaldatei und dazu einen rechten Kanal enthält, auf dem Bereiche, in denen ein Sample in der Originaldatei geclippt ist, durch einen entsprechenden grafischen Impuls dargestellt werden. Diese resultierende Audiodatei kann dann in eine digitale Audioworkstation (DAW) wie beispielsweise Logic geladen werden, wo mithilfe einer optischen Darstellung jedes ggf. aufgetretene Clipping lokalisiert werden kann.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch eine Audiodatei, die in eine DAW geladen wurde, um sie auf Clipping zu prüfen.



Auch Dateien, die Clipping enthalten, werden von iTunes akzeptiert. Deswegen stellen wir dieses Tool zur Verfügung. Sie können hiermit sachgerecht entscheiden, ob Sie eine Audiodatei einreichen oder sie noch einmal auf den Prüfstand stellen und ggf. korrigieren müssen. Dies ist eine gestalterische Entscheidung – und eine, die vollkommen Ihnen überlassen bleibt.

Um weitere Informationen zu `afclip` zu erhalten, geben Sie in Mac OS X im Terminal Programm auf der Befehlszeile `afclip -h` ein.

Mit `afclip` nach Clipping suchen

So prüfen Sie eine Audiodatei mit `afclip` auf vorhandenes Clipping:

1. Öffnen Sie ein Terminal-Fenster.
2. Geben Sie im Terminal-Fenster Folgendes in eine Zeile ein, gefolgt von einem Leerzeichen:

```
afclip
```

3. Bewegen Sie die zu überprüfende Audiodatei auf das Terminal-Fenster.
4. Drücken Sie die Eingabetaste, um `afclip` auszuführen.

Standardmäßig erzeugt `afclip` eine Ausgabe für jedes gefundene Clipping. Zudem wird, falls Clipping vorhanden ist, eine `.wav`-Datei in dem Verzeichnis erstellt, in dem sich die Originalaudiodatei befindet.

So lesen Sie die `afclip`-Ausgabe

Falls Clipping in der Audiodatei gefunden wird, erfolgt eine Ausgabe im Terminal-Fenster, die Details zu den einzelnen Fundstellen enthält.

SECONDS	SAMPLE	CHAN	VALUE	DECIBELS
14.595941	643681.00	0	-1.002716	0.023562
14.595964	643682.00	0	-1.016706	0.143904
14.595986	643683.00	0	-1.031721	0.271245
14.596009	643684.00	0	-1.027497	0.235609
14.642409	645730.25	1	1.000831	0.007211
14.642511	645734.75	1	1.003081	0.026721
14.642517	645735.00	1	1.008520	0.073693

Diese Ausgabe enthält die folgenden Angaben für jedes einzelne Clipping:

- **Sekunden.** Positionsangabe (in Sekunden), an der das Clipping auftritt
- **Sample.** Nummer des clippenden Samples
- **Kanal.** Kanal des clippenden Samples. Der Wert 0 bezeichnet dabei den linken Kanal, der Wert 1 den rechten.

- **Wert.** Absolutwert des clippenden Samples. Da Clipping auftritt, wenn ein Wert den Bereich zwischen -1 und 1 überschreitet, liegen diese Werte entweder unter -1 oder über 1.
- **Dezibel.** Pegelwert (in Dezibel), um den das Sample den Clipping-Grenzwert überschritten hat

Am Ende der Ausgabe steht eine Zusammenfassung der Gesamtzahl geclippter Samples auf dem linken bzw. rechten Kanal.

```

186.064853      8205460.00    0   -1.062570     0.527150
186.064875      8205461.00    0   -1.003081     0.026723
186.312120      8216364.50    1   -1.009396     0.081235
186.312132      8216365.00    1   -1.034017     0.290550
186.312154      8216366.00    1   -1.037741     0.321778
188.297455      8303917.75    1    1.000005     0.000041
188.297460      8303918.00    1    1.008717     0.075388
188.297483      8303919.00    1    1.025134     0.215617
total clipped samples Left on-sample: 10661 inter-sample: 2876
total clipped samples Right on-sample: 9690 inter-sample: 2487

```

In der Anzeige können zudem Werte mit Nachkommastellen auftreten (z. B. der Wert „8216364.50“ in obiger Tabelle). Hiermit wird angezeigt, dass das Clipping der Wellenform zwischen zwei Samples der analysierten Audiodatei aufgetreten ist. Dies bezeichnet man als Intersample-Clipping. Die meisten Digital-Analog-Wandler führen bei der Wiederherstellung des ursprünglichen Analogsignals aus dem Digitalsignal ein Upsampling durch. Bei diesem Vorgang kann Clipping auch an Stellen auftreten, an denen es im Originalmaterial nicht vorhanden war. Dies bewirkt ein Clipping des unkomprimierten Digitalsignals bei der Wiedergabe, und zwar auch dann, wenn bei den Samples in der Wellenform selbst kein Clipping festzustellen ist. Aus diesem Grund ist eine Überprüfung des Materials auf Intersample-Clipping sehr wichtig. Standardmäßig führt afclip eine solche Überprüfung aus und zeigt die Gesamtzahl der Fundstellen von Intersample-Clipping unten in der Ausgabe neben der Gesamtzahl der Sampleclippings an.

Die Audio-Unit AURoundTripAAC

Mithilfe der Audio-Unit AURoundTripAAC können Sie Audiodateien, die in das iTunes Plus AAC-Format kodiert wurden, mit der Quelldatei vergleichen. Ferner unterstützt die Audio-Unit die Erkennung von Clipping und Signalspitzen und bietet eine einfache Abhörmöglichkeit. Die Audio-Unit kann in jedem kompatiblen Host-Programm eingesetzt werden (z. B. Logic oder AU Lab). AU Lab steht als kostenloser Download unter apple.com/itunes/mastered-for-itunes/ zur Verfügung. Weitere Informationen zur Verwendung der Audio-Unit AURoundTripAAC finden Sie in der README-Datei zu AURoundTripAAC, die Bestandteil des Installationsprogramms für Mastered for iTunes ist.

Das Audio to WAVE Droplet

Das Audio to WAVE Droplet automatisiert die Erstellung von Audiodateien im WAVE-Format (Waveform Audio File) von einer beliebigen Audiodatei (z. B. MPEG- oder CAF-Datei), die in Mac OS X unterstützt wird. Das Droplet kann beispielsweise dazu verwendet werden, um AAC-Dateien in 24-Bit-WAVE-Dateien zu kodieren. Dabei läuft der Dekodierungsvorgang des Befehlszeilen-Dienstprogramms von Mastered for iTunes, afconvert, automatisch ab und Sie haben die Möglichkeit, mehrere Dateien gleichzeitig zu kodieren.

Zur Verwendung des Audio to WAVE Droplets ziehen Sie die Quell-Audiodateien oder die Ordner mit den entsprechenden Dateien in das Droplet. Das Droplet konvertiert diese Dateien dann in WAVE-Dateien. Die erstellten WAVE-Dateien werden entsprechend den Namen ihrer zugehörigen Quell-Dateien benannt und im Ordner der Quell-Dateien abgelegt.

Weitere Informationen zum Audio to WAVE Droplet entnehmen Sie der Readme-Datei zum Audio to WAVE Droplet, die Bestandteil des Installationsprogramms für Master for iTunes ist.