



# Digitale Tonaufzeichnung

Verlustfreie hochwertige Audiocodierung

Teil 2



Ein geschultes Gehör ist extrem sensibel gegenüber Verfälschungen des Audiosignals auf dem Weg von der Aufnahme über die Verarbeitung bis zur Wiedergabe. Dabei spielt nicht nur die auf psychoakustischen Grundlagen beruhende MP3-Codierung zur Datenreduktion eine Rolle, sondern bereits eine künstliche Erhöhung der Lautheit auf Kosten des Dynamikumfangs. Deshalb begeistern HiRes-Musik-Downloads sorgfältig aufgenommenener, abgemischter und verlustfrei im FLAC-Format komprimierter Musik aus dem Internet den audiophilen Musikfan.





Im ersten Teil dieser Folge wurde dargelegt, dass MP3 ein Audiodatenformat ist, das auf der Nutzbarmachung psychoakustischer Eigenschaften des menschlichen Gehörapparats beruht. Die dabei vorgenommene Informationsreduktion ist zwar kaum oder gar nicht hörbar, der erzielte Kompressionsgewinn aber erheblich. Dennoch sind geschulte Gehöre, wie sie Tonmeister, Dirigenten und Audiophilisten (Menschen, die einen überdurchschnittlich hohen Wert auf die Klangtreue einer Aufzeichnung legen) besitzen, sehr sensibel gegenüber selbst winzigen Qualitätsminderungen, die im Verlauf der Prozesskette aus Mikrophon (Wandlung Schall  $\rightarrow$  elektrisch), Abmischung (Mastering), Speicherung (einschließlich verlustbehafteter Datenreduktionsverfahren) und Wiedergabe (Wandlung elektrisch  $\rightarrow$  Schall) auftreten. Heute, im digitalen Zeitalter, sind lediglich die Luftdruckschwankungen als Mikrofoneingangs- und Lautsprecher Ausgangssignale analoger Natur. Dazwischen findet (nahezu) ausschließlich digitale Signalverarbeitung statt.

**FLAC.** Als Free Lossless Audio Codec ist FLAC auf die verlustfreie Kompression von Audiomaterial spezialisiert. Ausgehend von dem unkomprimierten WAV-Format erzeugt ein FLAC-Encoder eine bitreduzierte Datei, die ohne jeden Verlust in die Ausgangsdatei zurückgewandelt werden kann. Seine Effizienz verdankt ein FLAC-Codec der Nutzbarmachung der Tatsache, dass benachbarte Abtastwerte von Audiosignalen ein hohes Maß an Korrelation (Zusammenhang) aufweisen.

Innerhalb des Audiobereichs gibt es viele mögliche Unterbereiche, z. B. Sprache mit niedriger Bitrate, hochbitratige Vielkanalmusik usw., die FLAC alle gleichermaßen bedienen kann. Die Standardparameter des FLAC-Referenz-Encoders sind allerdings auf Musikdaten für CD-Qualität abgestimmt (44,1 kHz, 2 Kanäle, 16 Bit/Sample). Für andere Qualitäts-

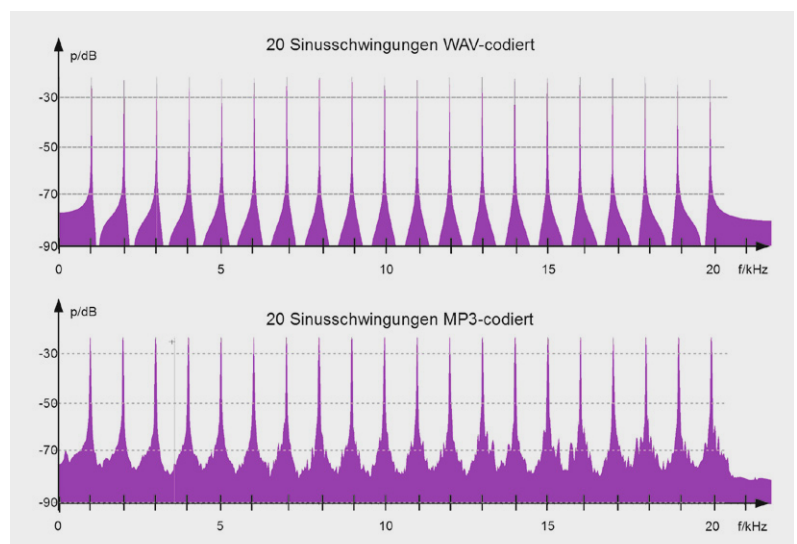


Bild 16: Die Spektren von zwanzig im Abstand von 1 kHz angeordneten Tönen im WAV- und im MP3-Format zeigen die (nahezu unhörbaren) Abweichungen. Die WAV-Datei wurde mit Scilab programmiert.

ansprüche muss die Kommandozeile des FLAC-Encoders mit entsprechend angepassten Parametern versehen werden. Eine detaillierte Beschreibung würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Weiterführende Informationen findet man im Internet [1].

**FLAC versus MP3.** Auch wenn der Unterschied zwischen einer guten MP3-Codierung und einer verlustfreien für die meisten Menschen nicht hörbar ist, lässt er sich messtechnisch nachweisen. Dies kann im Frequenzbereich oder im Zeitbereich erfolgen.

Für den Nachweis im Frequenzbereich wurde mit Scilab ein kleines Programm geschrieben, das eine zwei Sekunden lange WAV-Datei mit Sinustönen zwischen 0 und 20 kHz im Abstand von 1000 Hz erzeugt. Diese WAV-Datei wurde MP3-codiert. Anschließend wurden die WAV- und die MP3-Datei jeweils einer DFT (Spektralanalyse durch Diskrete Fouriertransformation) mit Hilfe des Programms Audacity unterworfen. Ohne auf quantitative Details einzugehen, zeigen die Spektren (Bild 16) klar, dass die tiefen Täler zwischen den Sinusfrequenzen der WAV-Datei bei der MP3-Datei durch ein Störgeräusch aufgefüllt wurden. Der Signal-Rausch-Abstand hat sich also durch die MP3-Codierung verringert.

Wer dies ohne Rückgriff auf Scilab selbst einmal nachvollziehen will, kann die genannte WAV-Datei mit 20 Sinustönen auch mit Audacity erzeugen. Dazu legt man 20 Monospuren an und füllt sie jeweils mit einer Frequenz, die ein Vielfaches von 1 kHz ist, und einer Amplitude von 0,0673. Damit ist gewährleistet, dass in der Überlagerung der 20 Einzeltöne in eine Summenspur kein Summenwert  $> 1$  auftritt, der den Spektrumanalysator in Audacity übersteuern würde. Die Summenspur kann nun in eine WAV- und eine MP3-Datei exportiert werden. Deren Spektrumanalyse zeigt Bild 17. Man sieht die Aussagen von Bild 16 bestätigt.

Im Zeitbereich wurde die Aufzeichnung eines 68 Sekunden langen Schlagzeugsolos im FLAC-Format (Free Lossless Audio Codec, Abtastrate 192 kHz, 24 Bit Wortbreite, Dateigröße 53,39 MByte) und die mit dem Programm „foobar“ codierte MP3-Variante (Abtastrate 48.000 Hz, Bitrate 128 Kbit/s, Dateigröße 1,24 MByte) mit Hilfe von Audacity verglichen. Bei der Signaldarstellung über die volle Zeit fallen bereits geringe Unterschiede auf (Bild 18 oben). Dehnt man aber ein Detail, hier den 20 ms langen Zeitabschnitt von 2,163 s bis 2,183 s (Bild 18 unten), wird deutlich, dass die MP3-Variante feine Details eingebüßt hat. Im Hörvergleich konnte der Autor bei beiden Dateien aber keine Unterschiede zwischen der FLAC- und MP3-Variante feststellen.

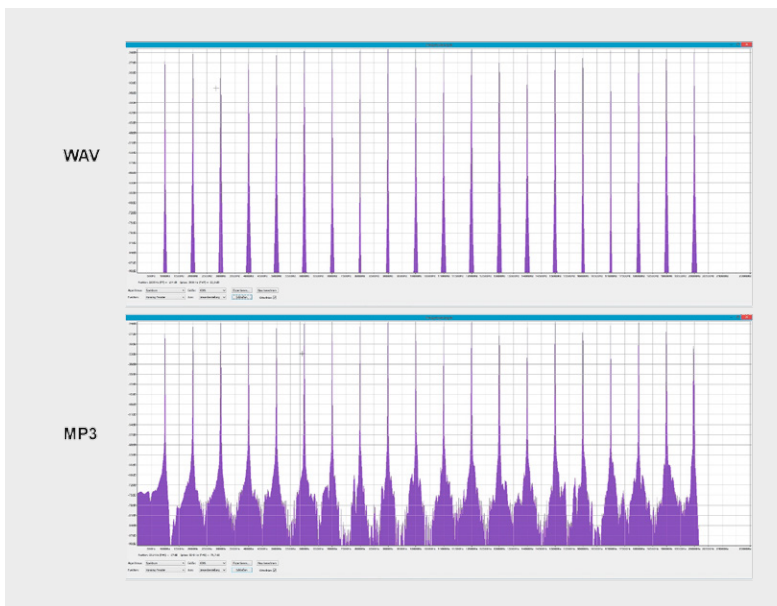


Bild 17: Die WAV-Ausgangsdatei lässt sich auch einfach mit Audacity erzeugen und mit der MP3-Variante als Spektren darstellen.

**Nützliche Programme.** Für den weiteren Verlauf dieses Artikels äußerst nützliche kostenlose Softwareprogramme sind, wie bereits erwähnt, „Audacity“ [2], „Exact Audio Copy“ [3], „Xmedia Recode“ [4] und „foobar“ [5]. Für den nur als Kommandozeilenversion verfügbaren FLAC-Encoder sind sie eigentlich nur ein GUI (Graphical User Interface = grafische Benutzerschnittstelle). Audacity wird allgemein als der beste, kostenlose Audioeditor bezeichnet, Exact Audio Copy hat sich dem bestmöglichen „Grabben“ (englisch: to grab = deutsch: packen, greifen) von Audio-CDs verschrieben, Xmedia Recode kann nahezu alle bekannten Audio- und Videoformate umwandeln, und foobar ist ein schlanker Audioplayer mit außergewöhnlichem Funktionsumfang. Mit diesen Werkzeugen verfügt der Audiophilist über eine Grundausstattung von Tools, die seiner Leidenschaft eine solide Basis geben.

**Glauben oder Wissen.** Apropos solide Basis: Wer wirklich einmal objektiv feststellen möchte, ob sein Gehör überhaupt in der Lage ist, den Qualitätsverlust des psychoakustisch-basierten MP3-Verfahrens gegenüber einer verlustfreien Codierung festzustellen, der findet in „foobar2000“ mit dem ABX-Plug-in einen ausgefeilten Player für eine Vielzahl von Codecs (u. a. natürlich auch FLAC) eine unbestechliche Möglichkeit dazu. ABX steht für einen Doppelblind-Hörtest, mit dem der Hörer objektiv feststellen kann, ob er überhaupt den Unterschied zwischen einem höchstwertigen FLAC-Format (192 kHz/24 Bit) und einem MP3-Format mit einem beliebigen Profil heraushören kann.

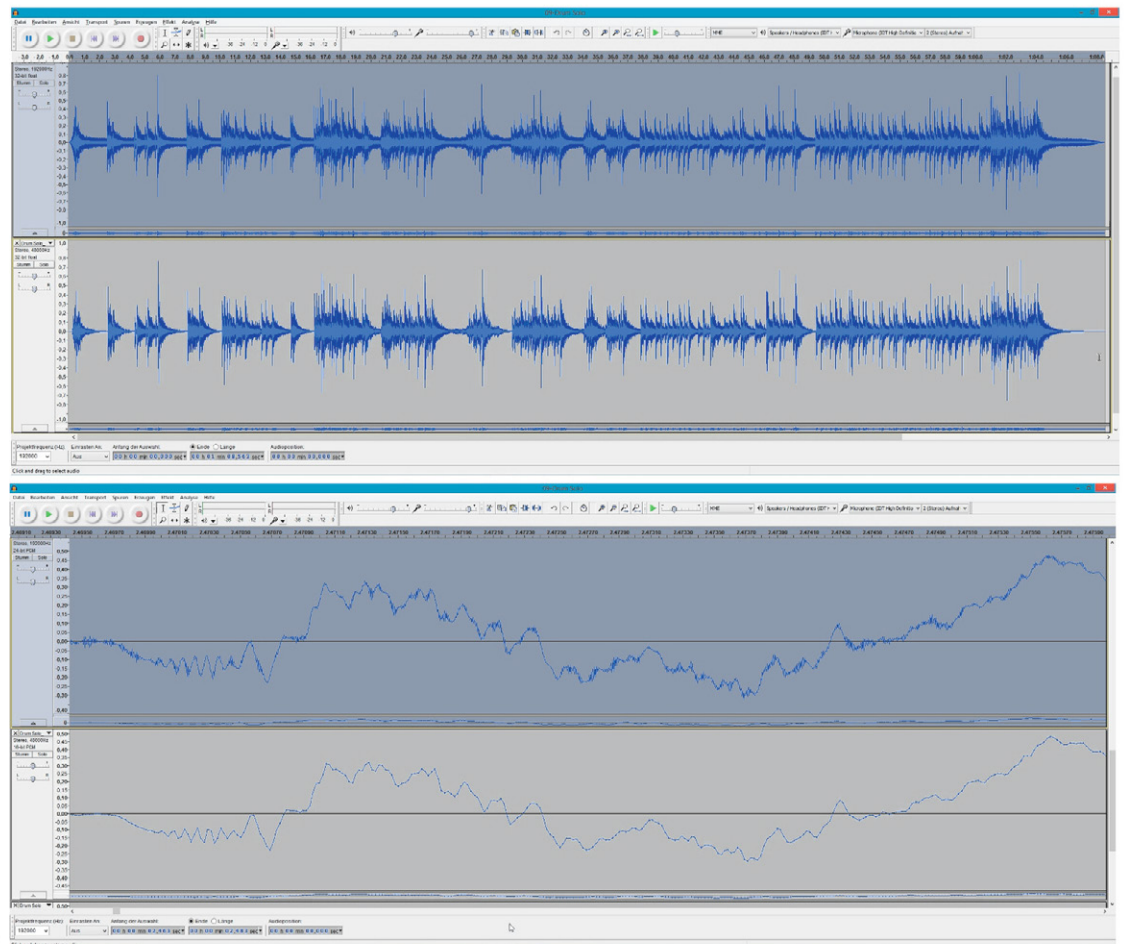
Wenn das ABX-Plug-in installiert ist, muss man zur Nutzung lediglich in foobar den Referenzfile und den MP3-File markieren, mit einem Linksklick auf eine der markierten Dateien aus dem erscheinenden Pull-down-Menü den Unterpunkt „Utilities“ anklicken und dann „ABX Two Tracks ...“ auswählen (Bild 19). Es öffnet sich nach einem zwischengeschalteten Fenster „ABX-Setup“, in dem man ohne Eingaben auf „OK“ klicken kann, eine Bedienoberfläche (Bild 20), mit der man sich die beiden Dateien anhören kann (Play A und Play B). Wenn man hier schon keinen Unterschied wahrzunehmen vermag, kann man sich den Druck auf „Play X“ und „Play Y“ eigentlich schon sparen. Denn damit wird einem, durch einen Zufalls-generator gesteuert, A oder B zugespielt. Nun muss man seine Wahl (Choice) zwischen „X is A, Y is B“ oder „Y is A, X is B“ treffen und mit „Next trial“ einen neuen Versuch starten. Die Trefferquote (Score) und die Wahrscheinlichkeit, nur geraten zu haben, wird nach jeder neuen Auswahl angezeigt, wenn nicht zuvor „Hide results“ angeklickt wurde. Letzteres ist anzuraten, um psychologische Rückwirkungen auf den laufenden Test zu vermeiden. Solche Hörtests sind anstrengend, aber auch höchst informativ ... !

**Verlustfreie Codecs?** Verlustfreie Codecs sind zahlreich: Apple Lossless Audio Codec (ALAC), ATRAC Advanced Lossless (AAL), Direct Stream Transfer (DST), Dolby TrueHD, DTS-HD Master Audio, Free Lossless Audio Codec (FLAC), Lossless Audio (LA), Lossless Predictive Audio Compression (LPAC), Lossless Trans-





Bild 18: Auch im Zeitbereich sind die Informationsverluste durch MP3-Codierung erkennbar, wenngleich für die meisten Menschen unhörbar.



form Audio Compression (LTAC), MPEG-4 Audio Lossless Coding (MPEG-4 ALS), MPEG-4 Scalable Lossless Coding (MPEG-4 SLC), Meridian Lossless Packing (MLP), Monkey's Audio (APE), mp3HD, OptimFROG (OFR), Original Sound Quality (OSQ), RealAudio Lossless, RK Audio (RKAU), Shorten (SHN), True Audio (TTA), WavPack (WV), Windows Media Audio 9 Lossless, Flip4Mac WMV (QuickTime) ... Wer sich für Details der einzelnen Codecs interessiert, findet im Internet bei Wikipedia [6] weiterführende Informationen.

Wir wollen uns im Weiteren auf FLAC (Free Lossless Audio Codec) beschränken, im Gegensatz zu MP3 ein kostenlos verfügbares Audiokompressionsverfahren zur bitsparenden

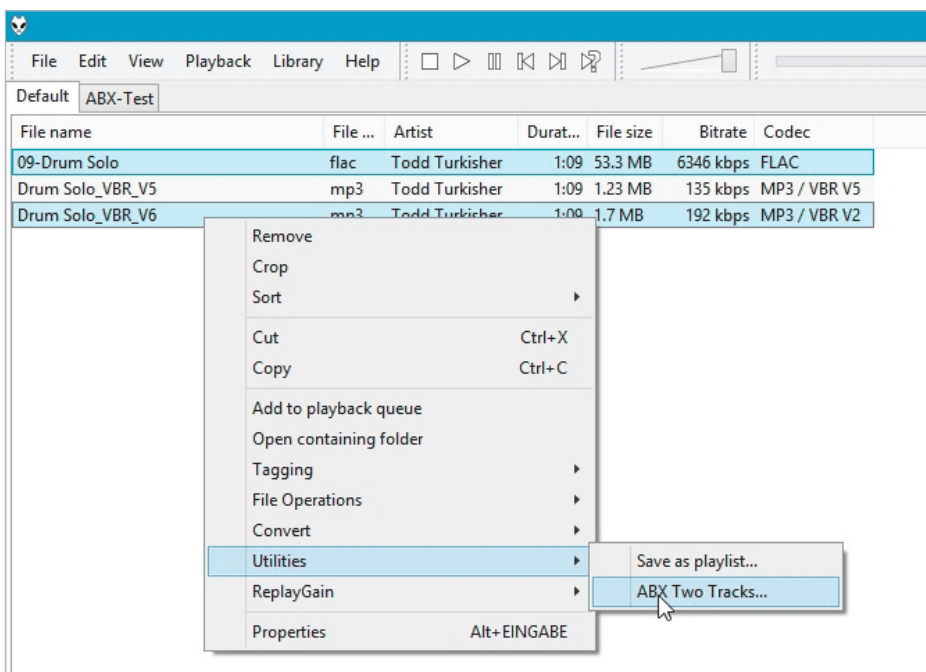


Bild 19: Hör ich's oder hör ich's nicht? Mit dem foobar2000-Plug-in ABX zur objektiven Selbsterkenntnis.

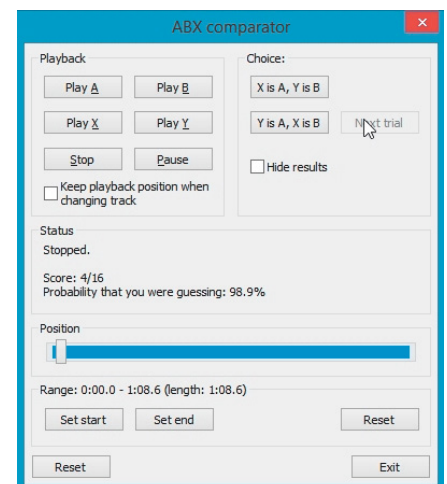


Bild 20: Über „Set start“ und „Set end“ lassen sich kritische Passagen der WAV- und MP3-Varianten des gleichen Stücks zum Vergleich heranziehen.

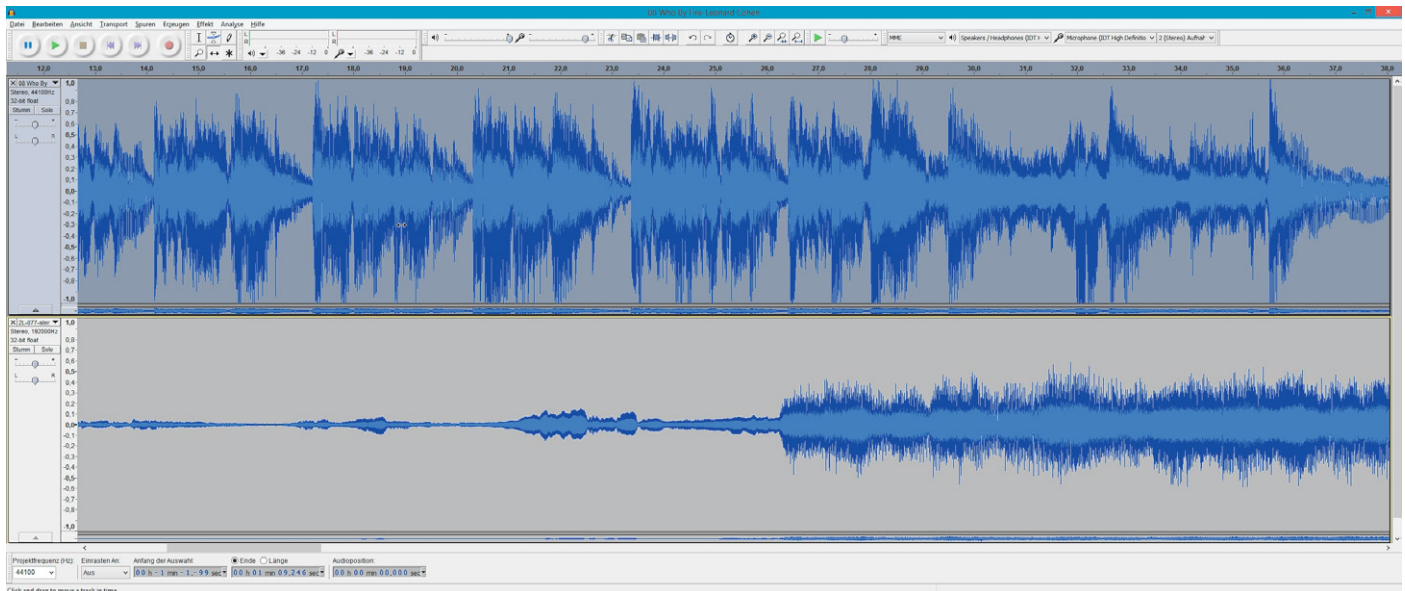


Bild 21: Leonard Cohen auf der CD mit durch angehobene Lautheit verringerter Dynamik (oben) und die FLAC-Aufnahme eines Stücks für Mundharmonika und Orgel mit reichlich „Headroom“ (unten).

Codierung und Decodierung von im digitalen WAV-Format vorliegenden Audiosignalen, ohne dass dabei Informationsverluste entstehen [7]. Das könnte man zwar auch mit einem allgemeinen Datenkompressionsprogramm wie ZIP bewerkstelligen, jedoch ist FLAC erheblich effizienter. Der Hauptvorteil von FLAC liegt sicher darin, dass der Quelltext des Programms frei zugänglich ist, keine Patentgebühren zur Nutzung anfallen sowie alle Schnittstellen zu Anwendungsprogrammen gut dokumentiert sind. Dabei ist FLAC der schnellste freie Codec mit einer exzellenten Kompressionsrate. Die aktuelle Version (Stand 27.11.2014) kann als Kommandozeilenprogramm als flac-1.3.1-win.zip aus dem Internet bezogen werden [8].

**Quellen für verlustfreie Inhalte?** Wer glaubt, seine Audio-CDs würden bereits ein optimales Quellmaterial für die weitere verlustfreie Codierung mit FLAC be-

reitstellen, täuscht sich. Erstens kann das CD-Format mit einer Abtastrate von 44,1 kHz und einer Wortbreite von 16 Bit das Potential von FLAC gar nicht ausschöpfen und zweitens sind viele CDs schlecht gemastert. Man erkennt dies, wenn man sich mit Audacity den zeitlichen Verlauf eines CD-Titels (Track) anschaut. In Bild 21 sieht man oben den Song „Who By Fire“ von Leonard Cohen und unten das von Sigmund Groven auf der Mundharmonika und Iver Kleive auf der Orgel interpretierte Stück „Undring“ von Sigmund Groven. Letzteres ist mit 192 kHz und 24 Bit gesampelt und ohne Dynamikveränderungen abgemischt worden. Man kann es mit vielen anderen Testsamples aus dem Internet kostenlos herunterladen [9]. Es wird deutlich, dass ein hochpegeliges Ereignis wie z. B. ein Paukenschlag oder ein scharfer Schuss- oder Donnerknall nur bei einer Codierung mit ausreichendem „Headroom“ (Pegelreserve) realitätsnah abgebildet werden kann. In der Dynamik komprimierte Aufzeichnungen, deren Lautheit an die Aussteuerungsgrenze herangeführt wurde, können das nicht leisten.

Bei genauer Betrachtung sieht man, dass im Cohen-Stück die Dynamik (das Verhältnis zwischen leisester und lautester Passage) durch Lautermachen der leisen Passagen künstlich verringert wurde,

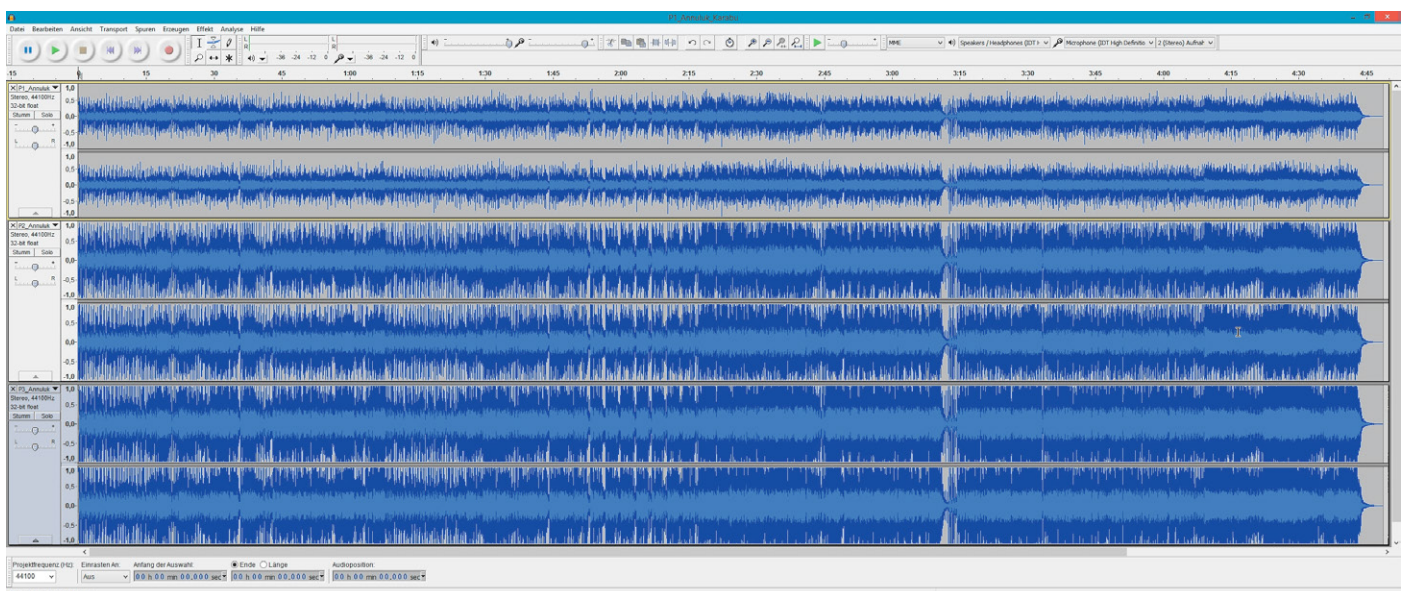


Bild 22: Das gleiche Stück „Annulok“ in drei Lautheitsvarianten





um bei Volllaussteuerung der CD einen höheren Lautheitseindruck zu erzielen und die Aufmerksamkeit des Hörers für das Stück zu steigern. Ein interessanter Wikipedia-Artikel über den „Lautheitskrieg“ der Musik- und Werbeindustrie erläutert die Hintergründe [10]. Beim Abspielen mit Audacity zeigt das rote Aufblitzen der Pegelanzeige in der Kopfleiste denn auch deutlich, wann die Grenze der Aussteuerung einer CD erreicht wird.

Hi-Fi-Enthusiasten sind sich einig: Eine künstliche Lautheitssteigerung entstellt den Charakter des Stücks, vermindert Filigranität und Luftigkeit. Man kann das gut selber testen anhand freier, von Audio.de – dem Hi-Fi-Portal der Zeitschriften Audio und Stereoplay – heruntergeladenen Audiofiles [11] (Bild 22). So ist es nicht verwunderlich, dass viele Masterbänder älterer Studio- und Liveaufnahmen neu hochwertig gesampelt und ohne Eingriff in die Dynamik als FLAC-Datei angeboten werden. Mittlerweile ist ein veritabler Markt für hochwertige FLAC-Musik entstanden [12].

Übrigens kann man auch eine gut erhaltene, gut abgemischte und gut gepresste Vinylplatte mit dem PC selbst in das FLAC-Format codieren – eine gute Soundkarte und etwas Know-how vorausgesetzt. Die resultierende Qualität kann durchaus besser sein als die einer gekauften, unvernünftig laut ausgesteuerten Audio-CD.

**Die Audio-CD als FLAC-Datei-Quelle.** Es wurde bereits gesagt: Eine in das FLAC-Format gerippte Audio-CD ist nicht besser als das Original, sondern bestenfalls gleich gut. Deshalb ist FLAC das Format der Wahl für den Musikbegeisterten, der seine Audio-CD-Bibliothek ohne Qualitätsverlust auf der Festplatte seines PCs oder im heimischen NAS (Network Attached Storage – Festplatte im LAN) sichern möchte. Dafür ist ein gutes RIP-Programm erste Voraussetzung, denn Audio-CDs haben nur relativ schwache Fehlerkorrekturmechanismen.

Audio-CDs aus der Anfangszeit und in die Jahre gekommene selbst gebrannte Silberscheiben weisen häufig schon Aussetzer auf und befinden sich langsam auf dem Weg in den digitalen Speicherhimmel. Der Grund liegt in unaufhaltsamen chemischen Veränderungen der Speicher- und Reflexionsschichten. Das Problem hat sich durch die Fortschritte bei der Langzeitstabilität und Reaktionsträgheit der heute verwendeten Materialien entschärft, besteht aber grundsätzlich weiter.

Mit dem Programm „Exact Audio Copy (EAC)“ [13] ist eine Audio-CD sicher auslesbar. Im Secure-Modus liest das Programm entweder jeden Audiosektor zweimal oder wertet die erweiterten Fehlerinformationen aus, die manche CD-Laufwerke zusammen mit den Audiodaten ausgeben. Tritt ein Lese- oder Sync-Fehler auf, wird der betroffene Sektor so

lange ausgelesen, bis 8 von 16 Wiederholungen ein identisches Ergebnis liefern. Das Ergebnis ist in aller Regel eine bitgenaue Kopie, die von EAC als WAV- oder FLAC-Datei abgespeichert wird.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Qualität des unkomprimierten WAV-Formats völlig identisch mit der der komprimierten FLAC-Kopie ist. Deshalb erfolgt die Rückwandlung einer FLAC-Datei in das WAV-Format bitgenau, d. h. ohne jeden Informationsverlust. Darauf beruht der Name Free Lossless Audio Codec.

Nach dem Einlegen der zu rippenden Audio-CD, hier im Beispiel eine der Fine Young Cannibals, fragt EAC, ob das zugehörige Cover-Bild in der FreeDB im Internet gesucht werden soll. Wurde es gefunden und die Pausen zwischen den Songs durch Drücken von F4 ermittelt, erscheint der Screen in Bild 23. Nun muss noch das Kompressionsformat FLAC gewählt werden. Die Einstellmöglichkeiten für die gewünschte Kompressionsrate ( $> 44.100 \text{ Samples/s} \cdot 16 \text{ Bit/Sample} = 705,6 \text{ Kbit/s}$ ) und die Qualität sind ohne Auswirkungen (Bild 24), denn es wird immer automatisch der im Feld „Zusätzliche Kommandozeilen-Optionen:“ eingegebene Qualitätslevel von -0 (schnellste Kompression) über -5 (empfohlener Standardwert) bis -8 (höchste Kompression) berücksichtigt.

Eine typische Kommandozeile könnte beispielsweise so aussehen: `-5 -T „Artist=%artist%“ -T „Title=%title%“ -T „Album=%albumtitle%“ -T „Date=%year%“ -T „Tracknumber=%tracknr%“ -T „Genre=%genre%“ %source% -o %dest%.` Beim Aufruf von FLAC durch EAC entsteht dadurch beim Codieren des 7. Tracks der CD „What Goes Around“ von Suzi Quatro: `-5 -T „Artist=Suzi Quatro“ -T „Title=Stumblin' In“ -T „Album=What Goes Around“ -T „Date=1999“ -T „Tracknumber=7“ -T „Genre=Rock“ „G:\Fachartikel\elv\Verlustfreie Audiocodierung\Teil_2\Audiodateien\Test-Heise_DVD-LW\07. Stumblin' In.wav“ -o „G:\Fachartikel\elv\Verlustfreie Audiocodierung\Teil_2\Audiodateien\Test-Heise_DVD-LW\07. Stumblin' In.flac“`

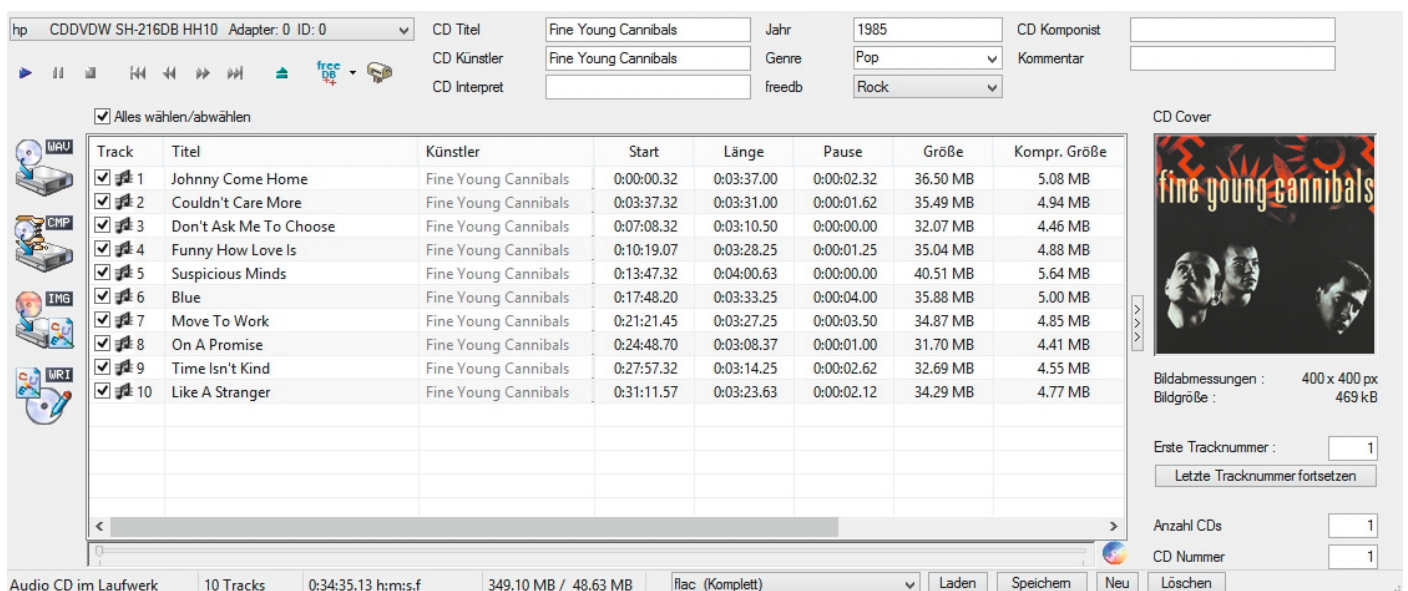


Bild 23: Der Zweck von Exact Audio Copy (EAC) ist das fehlerfreie Rippen einer Audio-CD und die Wandlung in diverse Formate, unter anderem in FLAC.

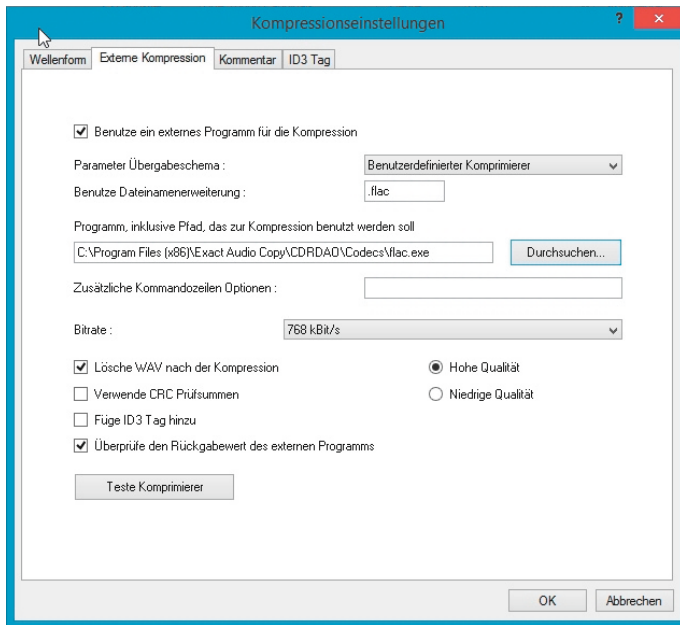


Bild 24: Hier wird ein externer FLAC-Codec in Exact Audio Copy eingebunden.

Nach Wahl von „Aktionen → Teste & Kopiere Image → Komprimiert“ (Bild 25) wird nach dem Ort auf der Festplatte gefragt, wo die FLAC-Datei gespeichert werden soll. Nach der Beantwortung beginnt der einige Minuten dauernde Auslese- und Codierprozess (Bild 26). Zunächst wird eine WAV-Datei erzeugt, die EAC anschließend in das FLAC-Format wandelt. Ein FLAC-File hat ca. 70–75 % des Datenvolumens des ursprünglichen WAV-Files. Der gesamte Vorgang hängt stark von der CPU-Leistung ab, im Beispiel hat er ca. 20 Minuten gedauert.

Wenn nun noch im Fenster „Status und Fehlermeldungen“ jedem Track eine 100%ige Trackqualität und das akkurate Lesen eines jeden Tracks bescheinigt wird (Bild 27), kann man sicher sein, dass die gerippte Audio-CD vollständig und mit der größtmöglichen Sorgfalt in Gestalt von FLAC-Files auf der Festplatte gespeichert wurde.

Natürlich konnte vorstehend bei Weitem nicht auf alle Feinheiten, Haken und Ösen des recht komplexen Programms EAC eingegangen werden. Der Audiophilist muss sich durchaus in das Thema einarbeiten, um seine CD-Schätze zeitraubend und qualifiziert vor dem Verfall zu sichern.

Deutlich einfacher und schneller mit ebenfalls durchweg guten Ergebnissen lässt sich das Programm CDex zum direkten Rippen in das FLAC-Format einsetzen, wenn man im Screen „CDex Einstellungen“ die entsprechenden Einstellungen vornimmt (Bild 28). Auch das bereits erwähnte Programm foobar2000 eignet sich gut für diesen Zweck.

**FLAC-Player.** Abspielgeräte von verlustfreien Audio-dateien mit einer Abtastrate von 192 kSamples/s und einer Wortbreite von 24 Bit müssen hohen technischen Anforderungen genügen. Eine Auswahl von Hardware, Künstlern und Bezugsquellen rund um das Thema FLAC gibt es auf der Homepage von Xiph, einer gemeinnützigen Organisation für die Entwicklung freier Multimedia-Formate, -Protokolle und -Standards [6]. Wenn man seine FLAC-Dateien nicht selbst produziert, hat man natürlich keine Einflussmöglichkeiten auf die Qualität des A/D-Wandlers am Eingang der digitalen Übertragungskette gemäß Bild 4 im ersten Teil dieses Artikels. Wohl aber ist dies durch die Wahl geeigneter Wiedergabehardware, insbesondere die technischen Daten des D/A-Wandlers am Ende der Übertragungskette, möglich. Er ist bestimmend für das Abspielergeschehen, kann seine Qualitäten aber auch nur voll ausspielen, wenn Leistungsverstärker und Lautsprecherboxen den extremen Wiedergabeansprüchen einer gut gemasterten FLAC-Audiokonserve genügen.

**Mobiler Audioplayer FiiO X3.** Eine relativ preiswerte Alternative zum Heben audiophiler FLAC-Aufzeichnungsschätze bieten portable Player in Verbindung mit hochwertigen Kopf- oder Ohrhörern. Wir wollen uns mit dem Beispiel des digitalen Musikabspielgeräts X3 des chinesischen Herstellers FiiO Electronics Technology Co. Ltd. beschäftigen. Es ist bei ELV unter der Artikel-Nr. J8-11 46 80 für € 219,- erhältlich und kann nur als ausgezeichnete Wahl für alle, die auch unterwegs Musik wie im Original hören wollen,

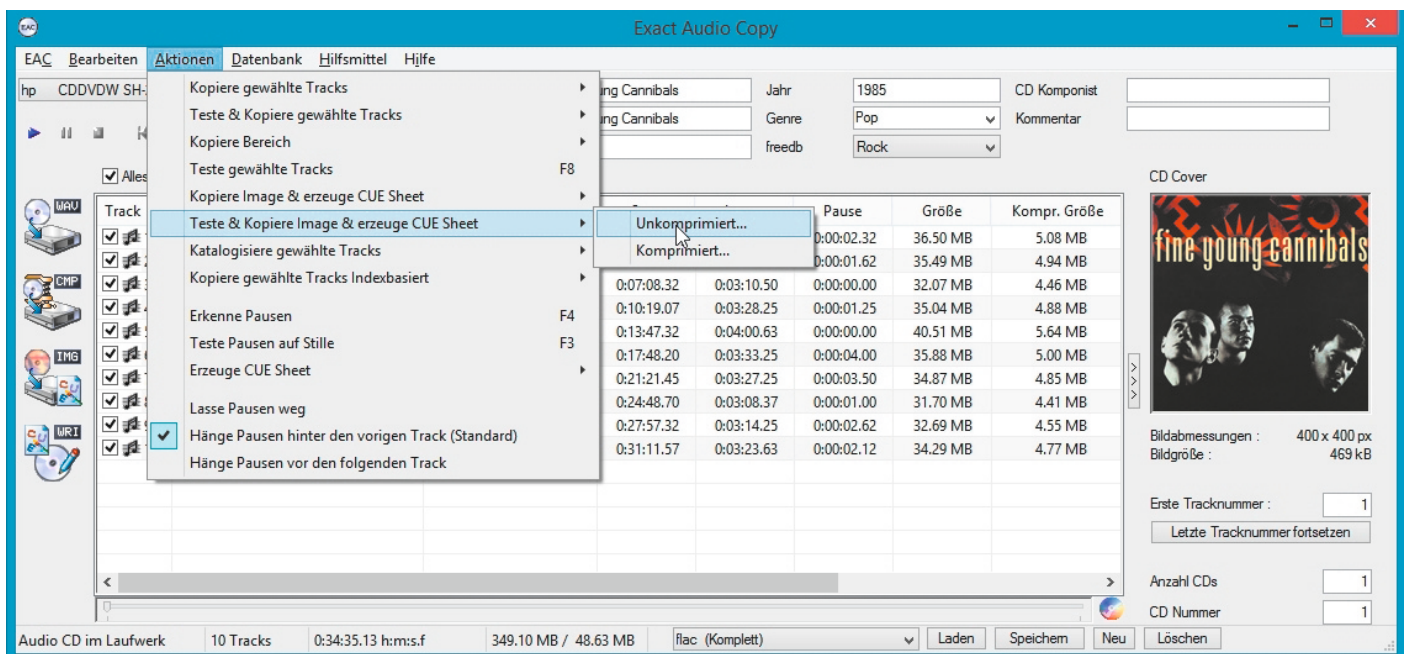


Bild 25: Hier wird die Umwandlung der CD in unkomprimierte WAV-Dateien gewählt. Der Mausklick auf „Komprimiert“ liefert FLAC-codierte Dateien.

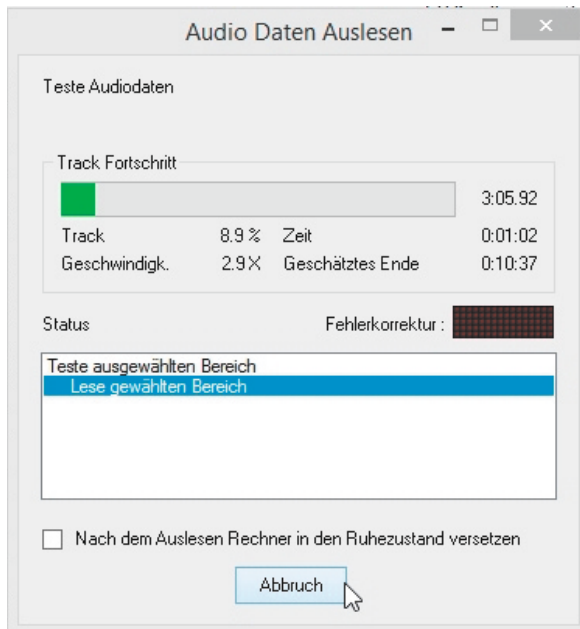


Bild 26: Hier kann man EAC bei der Arbeit zuschauen.

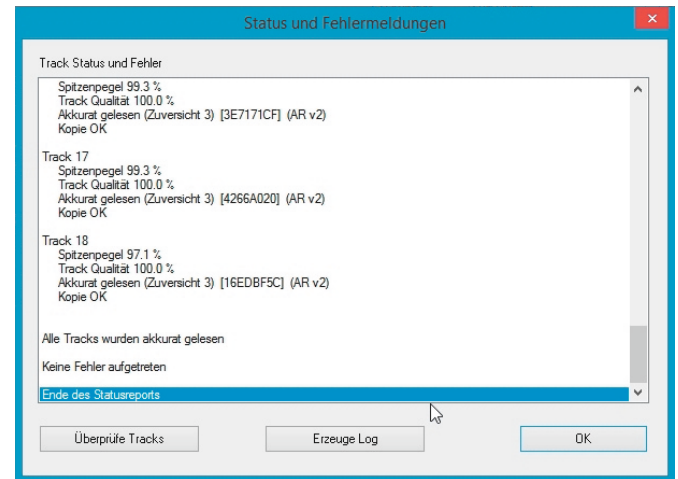


Bild 27: „Keine Fehler aufgetreten“ ist die optimale Status- und Fehlermeldung am Ende des RIP-Vorgangs einer Audio-CD.

bezeichnet werden. Die Internet-Community ist sich in überwältigender Mehrheit einig, dass man mit dem X3 (oder seinem größeren Bruder X5) keine Abstriche bei der Wiedergabequalität machen muss.

Als digitaler Highend-Audio-Player unterstützt der X3 eine Vielzahl von Audioformaten: MP2, MP3, WMA, APE, FLAC, AAC, ALC, OGG und andere Musikformate mit Abtastraten bis zu 192 kHz und Wortbreiten bis zu 24 Bit/Abtastwert.

Der elektroakustische Schallwandler in Gestalt eines „In-Ear“- oder „Around-Ear/On-Ear“-Kopfhörers spielt am Ende der Wiedergabekette eine extrem wichtige Rolle. Schließlich ist eine Kette nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Bei der Auswahl ist zu beachten, dass die elektrische Impedanz des Kopfhörers mit der des Ausgangsverstärkers des Players harmonisiert. Es werden Kopfhörerimpedanzen von 16 bis 300  $\Omega$  empfohlen. Damit macht der X3 mit einer Impedanz der Kopfhörerendstufen von 0,3  $\Omega$  eine ausgezeichnete Figur, denn nahezu alle Hörer im Markt werden mühelos angetrieben. Im Test kam ein älterer In-Ohr-Hö-

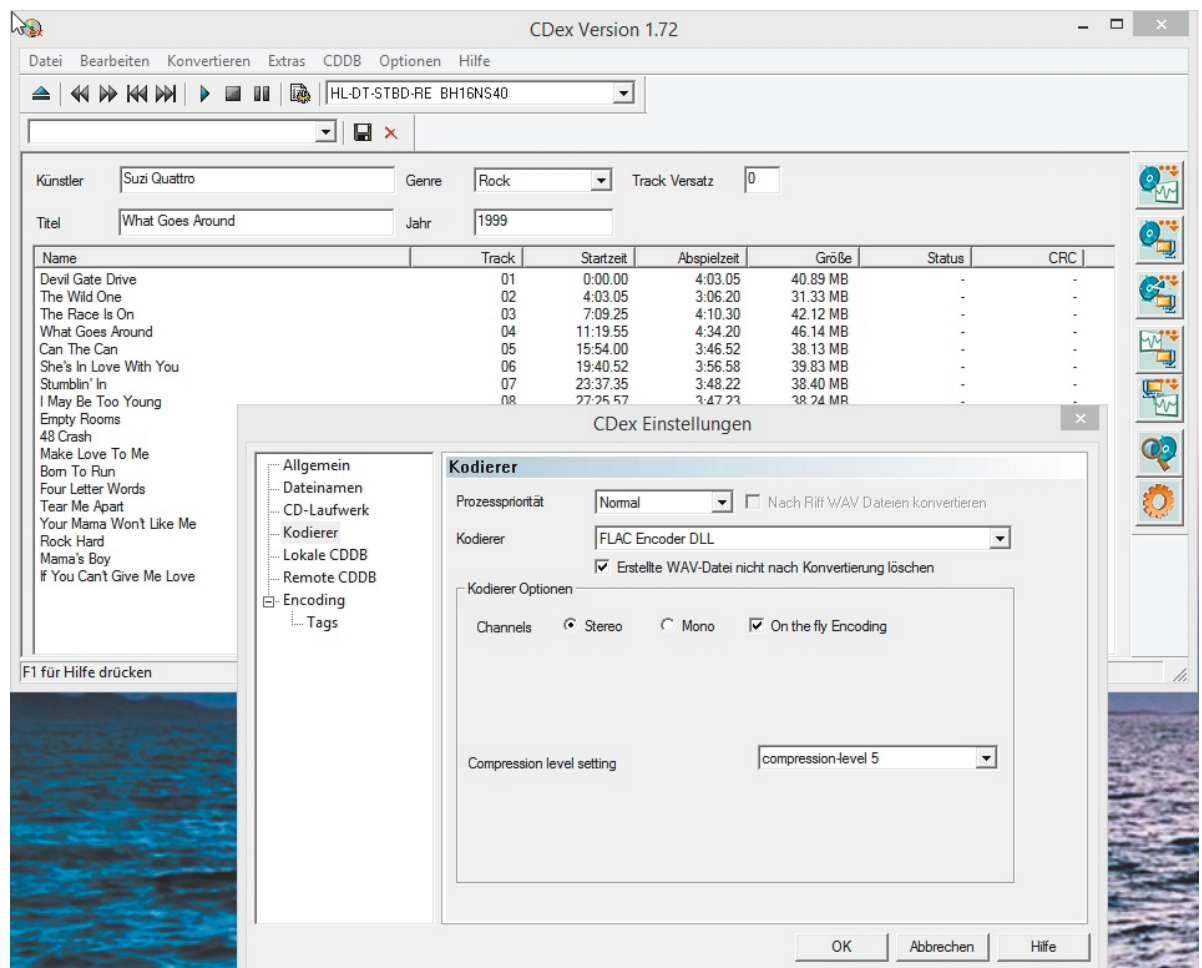


Bild 28: Die Umwandlung einer Audio-CD in das FLAC-Format ist mit dem beliebten CD-Ripper CDex schnell und einfach. EAC schenkt dem fehlerfreien Auslesen der CD allerdings eine größere Aufmerksamkeit.





Bild 29: Der Audio-Player FiiO X3 mit guten In-Ohr-Kopfhörern bietet dem Audiophilen ungeahnte akustische Genüsse.

rer von Bose (00P188) mit 44  $\Omega$  Impedanz zum Einsatz, der etwa 200 mW elektrische Leistung in Schall umsetzen vermag und ein exzellentes Klangerlebnis bietet (Bild 29). Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass Kopfhörer mit einem Preis unter € 100,- selten geeignet sind, die exzellenten Klangeigenschaften des X3 auszuschöpfen. Hier ist kritisches Probehören zu empfehlen.

**Lieferumfang.** Der X3 kommt in einer stabilen Kartonumverpackung, die den Player, eine Silikon-Schutzhülle, zwei Bildschirmschutzfolien, ein USB-Kabel, ein RCA-zu-3,5-mm-Klinkenkabel (für den koaxialen Digitalausgang), eine Garantiekarte und eine (äußerst knappe) Bedienungsanleitung enthält. Integriert ist ein interner Speicher von 8 GByte. Davon stehen ca. 7 GByte für Audiomaterial zur Verfügung. Im Auslieferungszustand ist bereits interessantes FLAC-Demo-Material eingespeichert (Dr. Chesky's Sensational Fantastic and Simply Amazing Binaural Sound Show). So kann das Hörerlebnis sofort nach dem Auspacken beginnen.

**Innere Werte.** Der Audio-Player FiiO X3 ist 109 x 55 x 16,3 mm groß und wiegt 122 g. Die oberen zwei Drittel der Frontseite werden von einem 2,4"-TFT-Farbdisplay mit 320 x 240 Pixel eingenommen, das untere Drittel enthält zwei Tasten und zwei Einzeltaster zur Bedienung. Auf der Unterseite befinden sich ein USB-2.0-Anschluss zur Verbindung mit dem PC und zum Laden des internen 3000-mAh-Li-Ionen-Akkus sowie eine 3,5-mm-Line-out-Buchse. Auf der rechten Seite findet sich ein Hold-Schiebeschalter, der die Bedientasten gegen unbeabsichtigte Betätigung blockiert. Links lässt sich eine FAT32-formatierte microSDHC-Steckkarte mit max. 128 GByte einstecken (SDHC: Secure Digital High Capacity). Auf der Oberseite sind ein koaxialer Digitalausgang, eine versenkte Reset-Taste und der analoge Kopfhörerausgang (3,5-mm-Klinkenbuchse) zu sehen. Das solide Kunststoffgehäuse ist von gebürstetem Aluminium ummantelt und macht in Verbindung mit den metallenen Bedientasten einen wertigen Eindruck, der sich bei der weiteren Beschäftigung mit dem Hi-Fi-Zweig durchweg verfestigt.

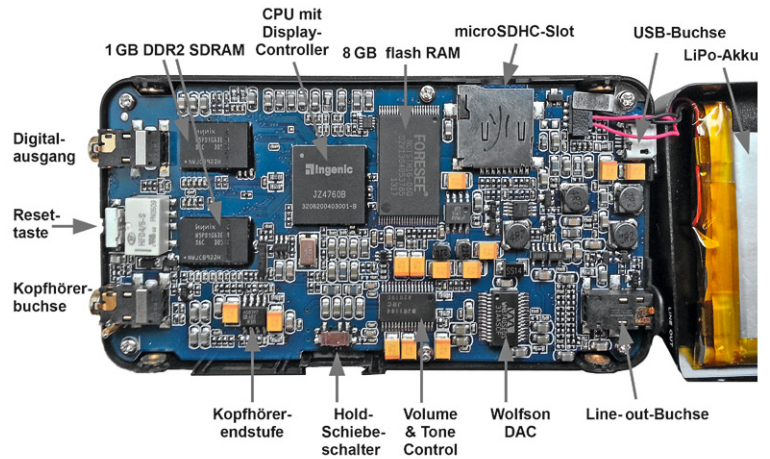


Bild 30: Das Innenleben des X3 konzentriert sich nur auf einen Zweck: Highend-Audiowiedergabe.

Für die Wiedergabequalität spielt der DAC (Digital to Analog Converter) eine ausschlaggebende Rolle. Hier wird nicht der auf dem SoC (System on a Chip = CPU mit peripheren Baugruppen) vorhandene DAC verwendet, sondern es kommt der in Fachkreisen anerkannte asynchrone Wolfson-DAC WM8740 zum Einsatz (Bild 30). Er kann bis zu 192 kSamples/s mit 24 Bit Wortbreite in Analogwerte umwandeln. Der Ausgabe des Analogsignals an einen Kopfhörer dient ein besonders hochwertiger Stereo-Endstufenchip von AnalogDevices (AD 8397). Er erzeugt hochlinear, breitbandig und praktisch verzerrungsfrei an einer 25- $\Omega$ -Last einen Spannungshub von  $\pm 0,5$  V.

Eine Anmerkung noch zu dem im Kopfhörerbetrieb zur Lautstärke- und Klangbeeinflussung verwendeten Chip NJW1194 der New Japan Radio Co. Ltd. Er ist hinter dem DAC angeordnet, arbeitet also auf der analogen Ebene. Viele andere Player erledigen die Bass- und Höhenanhebung oder -absenkung durch einen digitalen Equalizer, was aber zu Phasenverzerrungen im Ausgangssignal führt, die geschulten Ohren nicht verborgen bleiben.

Der X3 wird als externe USB-Festplatte erkannt und kann deshalb unter den Windows-Betriebssystemen XP, 7 und 8 sowie Mac OS X 10.x und höher treiberlos eingesetzt werden.

Der im FiiO X3 verbaute professionelle DAC Wolfson WM8740 kann ab der Firmware-Version 2.05 aufwärts auch extern genutzt werden. Dazu spielt man dem X3 über den USB-Anschluss hochwertiges Audiomaterial von einem PC zu (bis zu 192 kHz/24 Bit), die er dann als Analogsignal über den Kopfhörer- oder Line-out-Ausgang ausgibt. Dies war leider bei dem Testgerät nicht gleich nach dem Auspacken möglich, denn es wurde mit der Firmware-Version 1.31 ausgeliefert (Bild 31). Ein Firmware-Update war also unumgänglich, um dieses Feature zu nutzen.

**X3-Firmware-Update.** So knapp die mitgelieferte Bedienungsanleitung auch sein mag, das Firmware-Upgrade beschreibt sie ausführlich genug. Dem Hinweis auf die „... von FiiO zur Verfügung gestellte Datei X3.fw ...“ folgend, wird von der FiiO-Internetseite aus dem Support-Center die aktuelle FW-Version (am 23.12.2014 war dies Version 3.3) als komprimiertes RAR-Archiv heruntergeladen (Bild 32) und die darin enthaltene Datei x3.fw in das Wurzelverzeichnis einer microSDHC-Steckkarte kopiert. Diese wird in den seitlichen Kartenslot des X3 eingeschoben und das Gerät durch gleichzeitiges Drücken der Tasten „Menu“ und „Power“ im Upgrade-Modus eingeschaltet. Nach Abschluss des Upgrades wird der X3 automatisch neu gestartet. Über „Systemeinstellungen → Über den X3“ kann man sich vom geglückten FW-Update überzeugen (Bild 33). Nach einem Update der Medienbibliothek (manuell oder automatisch) lassen sich wieder alle Titel auf dem Onboard- und microSDHC-Speicher abspielen.

War das Firmware-Upgrade auf Version 3.3 erfolgreich, muss man im Menüpunkt „Systemeinstellungen → USB-Modus“ von „Speicher“ auf



Bild 31: Erst ab Firmware-Version 2.05 ist der hochwertige Digital-Analog-Wandler des X3 auch mit extern über den USB-Anschluss zugespieltes Audiomaterial nutzbar. Die aktuelle FW-Version ist 3.3.



Bild 33: Die wichtigsten Informationen über den X3-Status. FW3.3 ist aktuell und ermöglicht die Nutzung externen SDHC-Speichers bis 128 GByte.

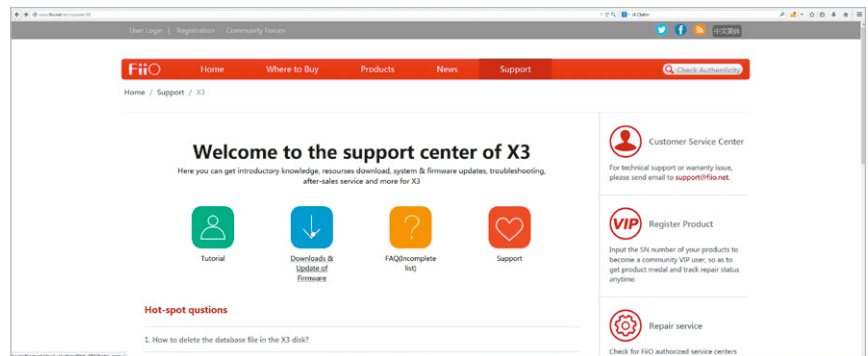


Bild 32: Regelmäßige Besuche der FiiO-Internetseite und speziell des Support-Centers ermöglichen stets die volle Nutzung des X3.

„DAC“ wechseln. Nach der Installation eines entsprechenden Treibers steht der Wolfson DAC des X3 dem PC als professioneller externer Digital-Analog-Wandler zur Verfügung. Der Treiber der Thesycon Systemsoftware & Consulting GmbH lässt sich als selbstinstallierendes ZIP-Archiv aus verschiedenen Quellen im Internet beziehen und sollte die in Bild 34 gezeigten Dateien umfassen. Wir haben den USB-DAC-Treiber von der FiiO-Internetseite (Bild 35) heruntergeladen, wo man übrigens auch ein ansprechendes User-Manual zum X3 ab Firmwareversion 3.0 findet.

Nach der Installation muss noch das entsprechende Audiowiedergabegerät gewählt werden, um den Output-File vom PC über den USB-Port auf den X3 zu streamen. Hier wird er vom Wolfson DAC analogisiert. Unter Windows 8.1 wird dies unter „Systemsteuerung → Hardware und Sound → Audiogeräte verwalten → USB-Output auf FiiO X3 DAC“ aktiviert (Bild 36).

Zum Test wurde ein im On-Board-Speicher des X3 vorgefundenes Lied „Storms are on the Ocean“ von Amber Rubarth auf den PC kopiert und von hier mit dem Universalprogramm VLC abgespielt (Bild 37). Funktioniert einwandfrei! Auf diese Art und Weise ist es also nicht erforderlich, hochwertiges Audiomaterial auf den FiiO X3 zu überspielen, um dessen professionelle Wiedergabeelektronik nutzen zu können.

Bild 38 zeigt das Display im USB-DAC-Modus. Praktisch: Ein Druck auf die „OK“-Taste, und der Höhen-Schieber (Treble, obere Skala) lässt sich mit den -/+ Lautstärketasten bewegen. Ein weiterer Druck auf eine der Pfeiltasten, und der Bass-Schieber (Bass, untere Skala) ist im Zugriff.

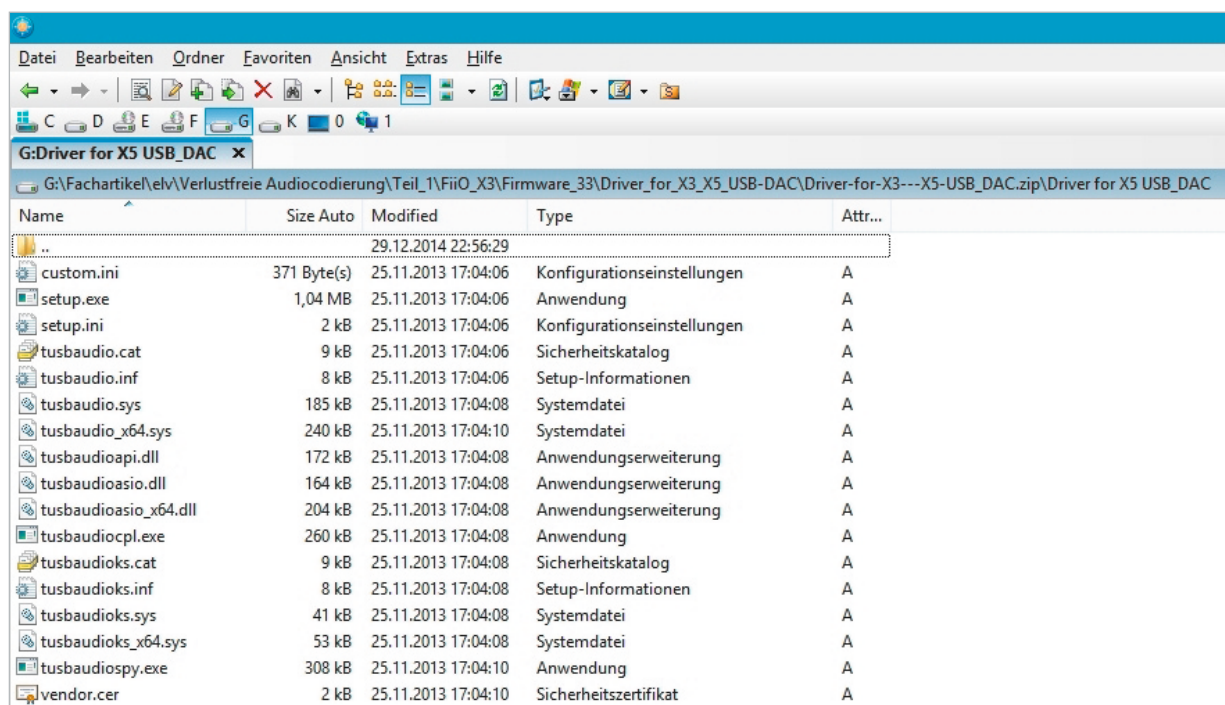


Bild 34: Für FiiO-X3 und -X5 gibt es ein selbstinstallierendes komprimiertes Treiberpaket, das die gezeigten Dateien enthalten muss.





**Fazit.** Wer ein äußerst feines Gehör hat, wird das verlustfreie Audioformat FLAC dem nach psychoakustischen Gesichtspunkten datenreduzierten und deshalb verlustbehafteten MP3 vorziehen.

Fairerweise muss aber zugestanden werden, dass hochwertig MP3-codierte, gut ausgesteuerte und in der Originaldynamik belassene Audioaufzeichnungen einen Höreindruck hinterlassen, der schon nahe an das Original heranreicht. **ELV**

### Download

Here you can download the latest updating firmware, complete user manual and other useful information and tools to keep the product in the best working state.

X3 FW1.20

X3 FW1.23

X3 FW1.25

X3 FW1.31

X3 FW2.05

X3 FW2.1

X3 FW3.0

X3 user manual

Driver for X3 USB\_DAC

X3 FW3.3

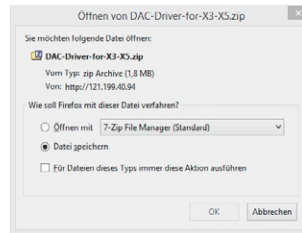


Bild 35: Den USB-DAC-Treiber findet man ebenfalls auf der FiiO-Internetseite. Ist er auf dem PC installiert, kann man über das USB-Kabel dem X3 FLAC-Dateien zuspiesen und über dessen exzellenten DAC auf Hi-Fi-Anlage oder Kopfhörer weiterleiten.

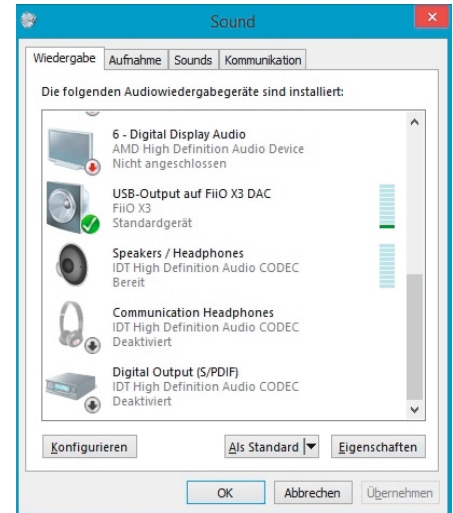


Bild 36: Hier legt man fest, dass USB-Output des PCs auf den FiiO-X3-DAC geleitet wird.

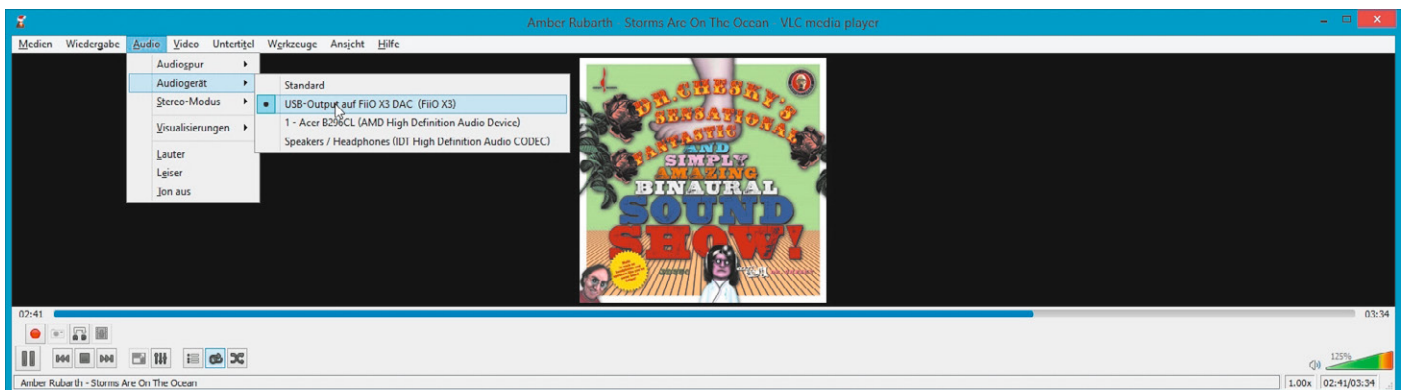


Bild 37: Test: Mit VLC wird eine FLAC-Datei abgespielt und an den X3-DAC gestreamt.

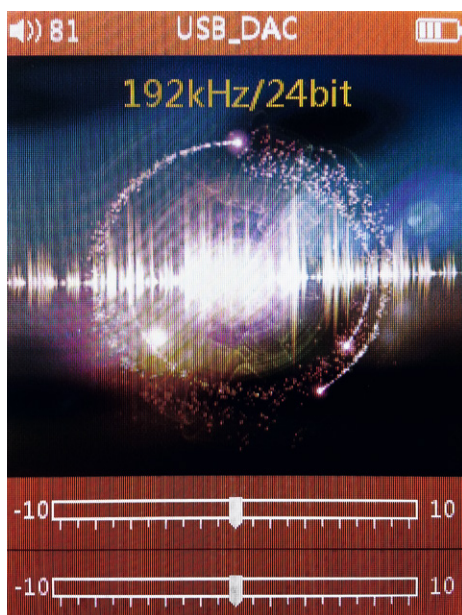


Bild 38: Das Display des X3 zeigt, dass er sich im USB-DAC-Modus befindet. Hier ist nur die Höhen- und Bassbeeinflussung möglich.



### Quellen:

- [1] [xiph.org/flac/documentation\\_format\\_overview.html](http://xiph.org/flac/documentation_format_overview.html),  
[xiph.org/flac/format.html#scope](http://xiph.org/flac/format.html#scope)
- [2] [audacity.sourceforge.net/?lang=de](http://audacity.sourceforge.net/?lang=de)
- [3] [www.exactaudiocopy.de](http://www.exactaudiocopy.de)
- [4] [www.xmedia-recode.de](http://www.xmedia-recode.de)
- [5] [www.foobar2000.org](http://www.foobar2000.org)
- [6] [en.wikipedia.org/wiki/Lossless\\_compression](http://en.wikipedia.org/wiki/Lossless_compression)
- [7] [xiph.org/flac/](http://xiph.org/flac/),  
[xiph.org/flac/links.html](http://xiph.org/flac/links.html),  
[en.wikipedia.org/wiki/FLAC](http://en.wikipedia.org/wiki/FLAC)
- [8] [downloads.xiph.org/releases/flac](http://downloads.xiph.org/releases/flac)
- [9] [www.2L.no/hires](http://www.2L.no/hires)
- [10] [de.wikipedia.org/wiki/Loudness\\_war](http://de.wikipedia.org/wiki/Loudness_war)
- [11] [www.audio.de/ratgeber/lautstaerke-normalisierung-dynamik-musikbeispiele-download-2634490.html](http://www.audio.de/ratgeber/lautstaerke-normalisierung-dynamik-musikbeispiele-download-2634490.html)
- [12] [www.hdtracks.de](http://www.hdtracks.de),  
[bandcamp.com](http://bandcamp.com),  
[www.mergerecords.com](http://www.mergerecords.com),  
[www.beggarsgroupusa.com](http://www.beggarsgroupusa.com),  
[www.linnrecords.com](http://www.linnrecords.com),  
[www.hihresaudio.com](http://www.hihresaudio.com),  
[www.naimlabel.com](http://www.naimlabel.com), [www.theclassicalshop.net](http://www.theclassicalshop.net),  
[www.qobuz.com](http://www.qobuz.com)
- [13] [www.exactaudiocopy.de](http://www.exactaudiocopy.de)

Musikplayer für hochaufgelöste Musikformate finden Sie bei uns im Webshop unter Webcode: #1360