

Digital Recording; eine kurze Einführung

In einem digitalen Recordingsystem wird das Klangmaterial als Zahlenmaterial verarbeitet. Jede Zahl beinhaltet Informationen über die Signalspannung bzw. Amplitude eines Klangausschnitts zu einem bestimmten Zeitpunkt. Das Eingangssignal, z.B. der Klang einer gezupften Gitarrensaite, wird vom Tonabnehmer in ein analoges Signal umgewandelt. Die Schwingung (Frequenz) und die Lautstärke (Amplitude) liegen am Klinkenstecker der Gitarre als entsprechende Signal - Wechselspannung vor. Verbinden Sie die Gitarre mit dem Line - In Eingang der Soundkarte, dann wird dieses analoge Signal vom **Analog / Digitalwandler** (A/D - Wandler) in ein digitales Format umgewandelt.

Erinnern Sie sich: Computer arbeiten mit dem **Binärzahlensystem**, das aus Nullen und Einsen besteht.

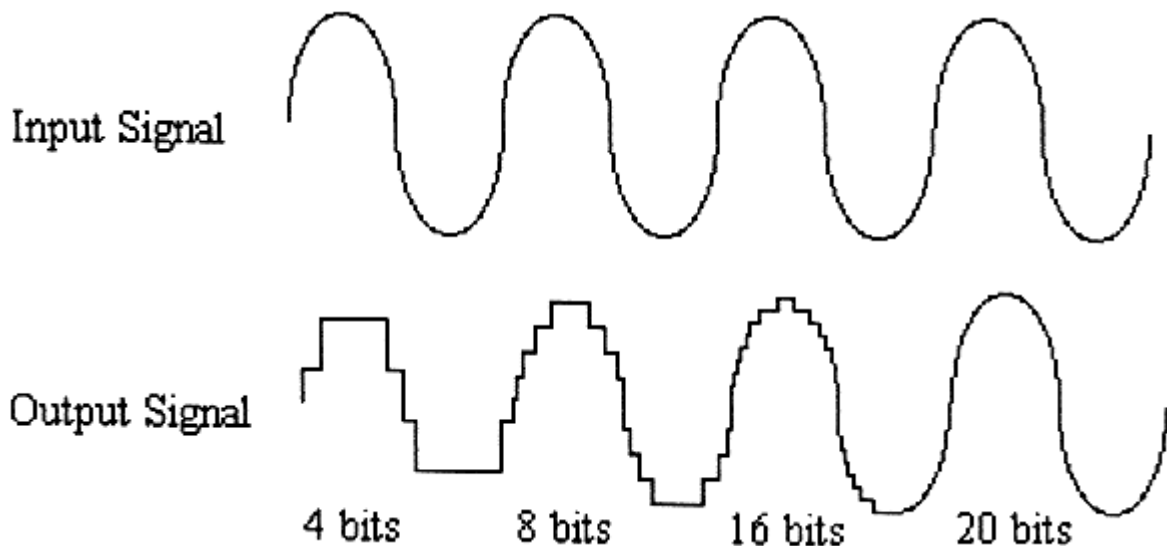
Bei dem Umwandlungsprozess liest der A/D - Wandler mehrere tausend mal pro Sekunde das analoge Signal der Gitarre aus und übergibt an den PC entsprechende Binärzahlen, damit dieser die Daten in nachfolgenden Prozessen verarbeiten kann. Jede einzelne Binärzahl, die der A/D - Wandler ermittelt, nennt man **Sample** und die Anzahl Samples, die pro Sekunde aufgezeichnet werden bezeichnet man als **Samplingrate**.

Wenn Sie das so aufgezeichnete Klangmaterial über die Soundkarte wiedergeben, dann wird dieser Samplingprozess in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen. Dazu besitzt die Soundkarte einen **Digital / Analogwandler** (D/A - Wandler), der die vom PC kommenden Binärzahlen des zuvor digital aufgezeichneten Klangs wieder in ein analoges Signal umwandelt. Dieses Signal liegt dann am Line - Out der Soundkarte an und kann über Lautsprecher wiedergegeben werden.

Hier eine kleine Übersicht einiger Binärzahlen und der dazugehörigen Dezimalwerte (wir rechnen im täglichen Leben mit Dezimalzahlen, oder haben Sie schon mal mit Nullen und Einsen beim Bäcker bezahlt? Der würde Sie ganz schön doof anschauen 😊).

BINÄR	DEZIMAL
00000000 00000000	0
00000000 00000001	1
00000000 00000010	2
00000000 00000100	4
00000000 00001000	8
00000000 11111111	255
11111111 11111111	65535

Jede einzelne Stelle dieser Binärzahl (Digit) wird als Bit bezeichnet. In der zuvor gezeigten Tabelle ist jede Dezimalzahl als sechzehn Bit lange Binärzahl dargestellt (8 Bit = ein Byte). Je mehr Bits verwendet werden um einen Ausschnitt des analogen Signals als Samplewert zu speichern, desto genauer und differenzierter wird das digitale Abbild dieses Analogwerts. Bei einem Samplewert von 8 Bit gibt es 256 Möglichkeiten und bei einem Samplewert von 16 Bit gibt es 65535 (!) Möglichkeiten, den jeweiligen Analogwert abzubilden. In anderen Worten: mit einem Samplewert von 16 Bit können Sie Analogwerte wesentlich genauer abbilden als mit 8 Bit. Die nachfolgende Grafik soll Ihnen das noch einmal veranschaulichen:



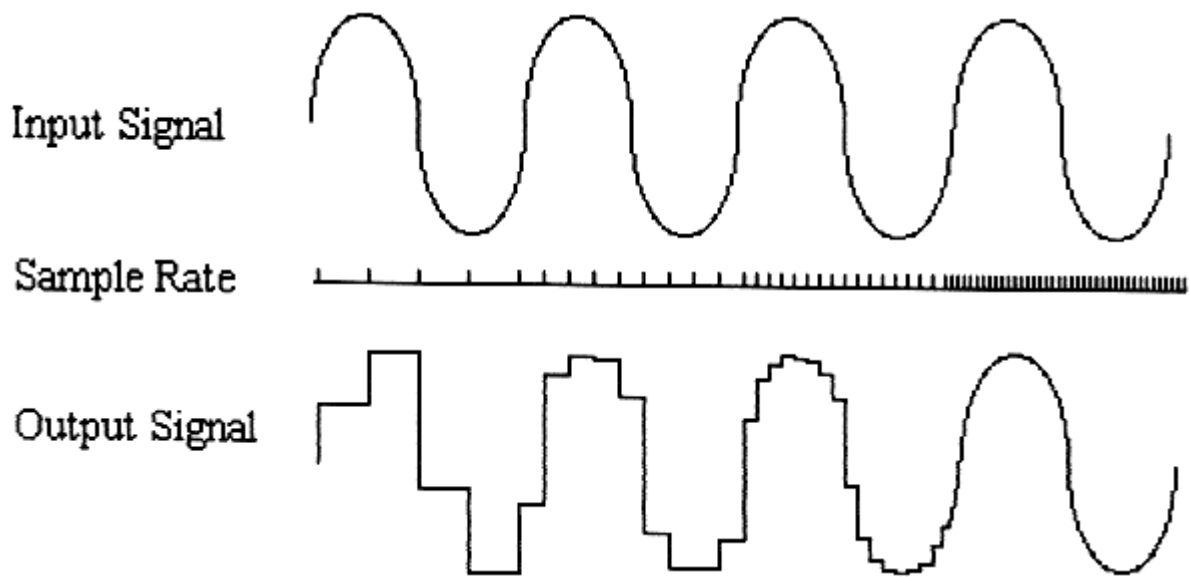
Normale "Supermarkt" Soundkarten arbeiten mit 16 Bit Wandlern. Bessere Karten können mit 18 Bit bzw. 20 Bit wandeln. Teure Karten haben 24 Bit Wandler. Mit 20 Bit können Sie schon 1.048.576 Signalwerte abbilden; mit 24 Bit sind es 16.777.216 Werte ! Rein digitale Karteneingänge (z.B. S/P DIF) arbeiten normalerweise mit 24 Bit. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Bits bestimmt auch den Dynamikbereich einer Soundkarte.

Wenn Sie bei den Binärzahlen eine Stelle nach links verschieben, dann multiplizieren Sie den Wert mit Faktor zwei (1b = 1, 10b = 2, 100b = 4, usw.; b = Binärzahl). Wenn Sie bei Dezimalzahlen eine Stelle nach links verschieben, dann multiplizieren Sie mit Faktor Zehn (1, 10, 100, 1000, usw.). Deshalb: jedes zusätzliche Bit einer Binärzahl verdoppelt den Maximalwert, den diese Zahl darstellen kann. Jedes zur Verfügung stehende Bit erzeugt einen Dynamikbereich von 6dB. Bei einer 20 Bit Soundkarte beträgt der Dynamikbereich (theoretisch) 120dB. Der Samplewert sagt aber nicht alles über die Aufzeichnungs- / Wiedergabequalität einer Soundkarte aus. Mit entscheidend ist auch die **Samplingrate**. Wie ich zuvor schon angedeutet habe, so wird beim digitalen Wandeln eines analogen Signals mehrere tausend mal pro Sekunde ein Samplewert erzeugt. Man spricht auch vom digitalen Abtasten des analogen Signals (Samplingrate = Abtastrate oder Abtastfrequenz in Kiloherz / kHz). Diese Samplingrate ist mit entscheidend, wenn es um die digitale Aufzeichnungsqualität geht ! Um einen hohen Gütegrad beim Sampling zu erhalten muss die Samplingrate grösser als das Doppelte der aufzunehmenden Frequenz des Analogsignals sein (Nyquist Theorem). Bei der vollen Sound - Bandbreite (20Hz bis 20kHz, also das, was normale Lautsprecher so können) muss mit mindestens 40kHz gesampelt werden. Normale Soundkarten haben eine Samplingfrequenz von 44,1kHz, bessere Karten 48kHz oder mehr. In anderen Worten: das analoge Eingangssignal wird 44100 mal (44,1kHz) pro Sekunde abgetastet (ausgelesen) und jeder abgetastete Wert als 8 oder 16 Bit Sample abgespeichert. Das ist ganz schön viel Arbeit die der A/D - Wandler hier vollbringen muss.

Stellen Sie sich mal vor, Sie müssten 44100 mal pro Sekunde Ihr Wohnzimmerthermometer ablesen und jeden einzelnen Wert in eine Binärzahl umrechnen (um danach festzustellen, dass sich die Temperatur um 0,01 Grad erhöht hat 😊).

Zurück zur grauen Theorie:

Wenn die Samplingrate geringer ist als die Frequenz des analogen Eingangssignals das Sie aufnehmen möchten, dann werden ganze Zyklen der eingehenden Wellenform übersprungen und das Resultat hört sich grausam an. Zudem verlieren Sie ganz schön viel von den höheren Frequenzanteilen. Die nachfolgende Grafik soll Ihnen den Samplingprozess noch einmal veranschaulichen:



Der Analog - / Digital - Wandler muss aber noch ein weiteres Wunderwerk vollbringen: er muss äusserst präzise arbeiten. Frequenzschwankungen beim Samplingprozess selbst und Frequenzdifferenzen beim anschliessenden Digital - / Analogwandlungsprozess verschlechtern die Soundqualität. Wenn z.B. mit 44,1kHz aufgenommen und anschliessend mit 40,5kHz wiedergegeben wird, dann verringert sich die Tonhöhe des aufgezeichneten Materials. Das hört sich dann genauso an, als ob Sie eine Bandmaschine beim Abspielen mit dem Finger abbremsten. Kann zwar ein schöner Effekt sein, aber beim digitalen Recording ist dies erstmal unbrauchbar. Kommen wir jetzt noch zum **Abspeichern** von digital aufgezeichnetem Soundmaterial. Wenn Sie mit einer Samplingrate von 48kHz und einem Samplingwert von 20 Bit in Stereoqualität aufnehmen, dann werden 1.920.000 Bits pro Sekunde auf Festplatte abgespeichert. Ganz schön viel ! Deshalb auch der Rat, eine genügend grosse und ausreichend schnelle Festplatte in den PC einzubauen.

Faustregel:

- Sampling mit 44,1kHz / 16Bit / Stereo entspricht einer Datenmenge von 10 MB wenn Sie eine Minute lang aufnehmen
- 100 MB etwa 10 Minuten
- 1 GB ca. 1,6 Stunden

Wozu 24 Bit mit 96 kHz?

Um zu verstehen, welchen Nutzen die Audiokodierung mit einer Auflösung von 24 Bit und mit einer Abtastfrequenz von 96 kHz bringt, muss man sich kurz die Theorie der Tondigitalisierung vergegenwärtigen: Um analoge Audiosignale zu digitalisieren, wird der analoge Datenstrom in bestimmten Intervallen abgetastet. In jedem dieser Intervalle wird der Pegel gemessen und in einen numerischen Wert gewandelt.

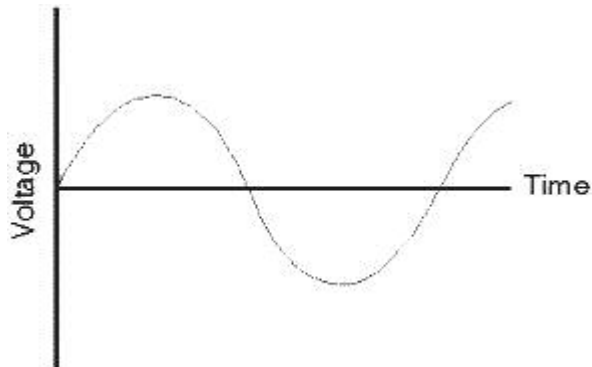
Für **Audio-CDs** etwa teilt man jedem Wert 16 Bit zu, das entspricht 65.536 möglichen Werten, durch die ein Messpunkt repräsentiert werden kann. Die Digitalisierung lässt nur ganze Zahlen und keine Dezimalzahlen zu. Daher erhalten wir einen Fehler oder besser gesagt eine Näherung, wenn das analoge Signal zwischen zwei ganzen repräsentierbaren Werten liegt. Dieser Fehler ist für jeden Wert, der repräsentiert werden muss, verschieden. Die Differenz zwischen dem wirklichen und dem digitalisierten scheint dem Signal überlagert zu sein und ist als **Quantisierungsrauschen** wahrnehmbar.

Allerdings liegt das Quantisierungsrauschen theoretisch um 96 dB unterhalb der Volllaussteuerung. Dieser Wert ist somit wesentlich geringer, als die meisten anderen bei einer Digitalisierung beobachtbaren und auch unvermeidlichen Störungen. Unter diesen Umständen scheint es wenig sinnvoll, die Auflösung bei der Digitalisierung zugunsten einer Verringerung des Quantisierungsrauschens zu erhöhen. Wie ich weiter unten aber zeigen werde, handelt es sich dabei dennoch um einen nicht nur in der Theorie interessanten Sachverhalt.

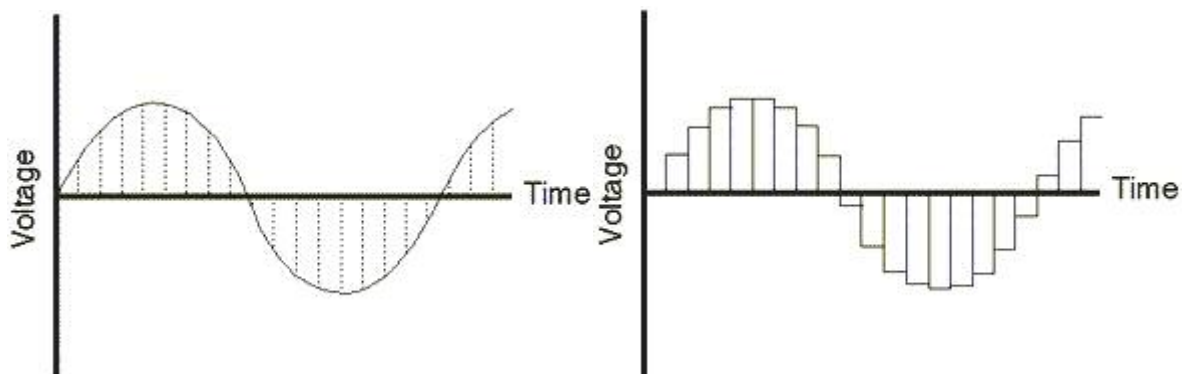
Um sicherzustellen, dass während der Digitalisierung keine Störgeräusche auf Grund einer

Übersteuerung des Analog-Digital-Wandlers auftreten, muss der A/D-Wandler **sehr vorsichtig ausgesteuert** werden. Diese Sicherheitsreserve nennt man in der Fachsprache "**Headroom**". Der "Headroom" führt dazu dass der maximal darstellbare Zahlenbereich (65.536 mögliche Werte) nicht voll genutzt werden kann, von den 16 Bit werden in der Praxis Netto vielleicht nur 14 Bit verwendet. Bei einem 24-Bit-A/D-Wandler ist dieser "Headroom" zwar auch zu reservieren. Jedoch bleiben in diesem Fall immer noch mehr als 20 Bit zur Quantisierung übrig. Ein 24 Bit-Wandler ermöglicht 16,7 Millionen Quantisierungsstufen. Der theoretische Wert des Quantisierungsrauschens eines 24-Bit-Wandlers liegt bei -144dB und kann getrost vernachlässigt werden.

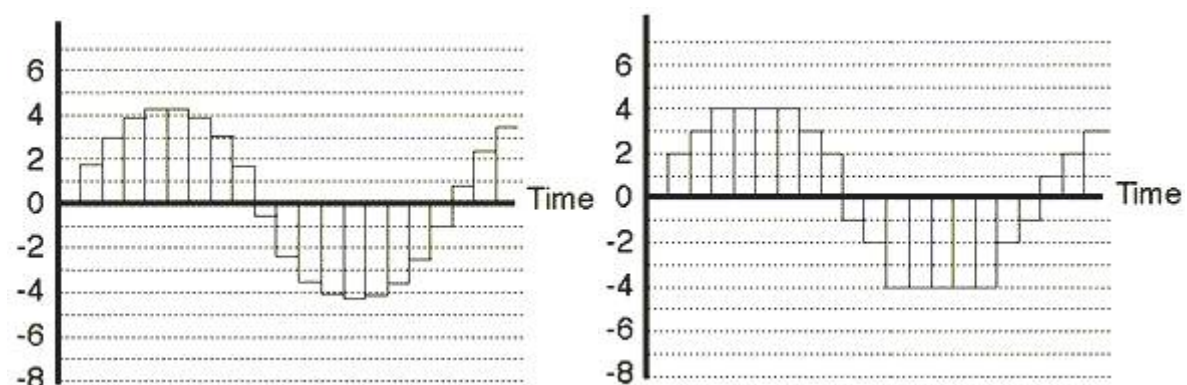
Das Eingangssignal eines Digitalisierungsprozesses könnte folgende Form haben:



Der Pegel des Signals wird in regelmäßigen Abständen, d.h. mit einer festgelegten Frequenz, gemessen. Diesen Vorgang nennt man **Abtastung**, die Frequenz wird als Abtastfrequenz bezeichnet:



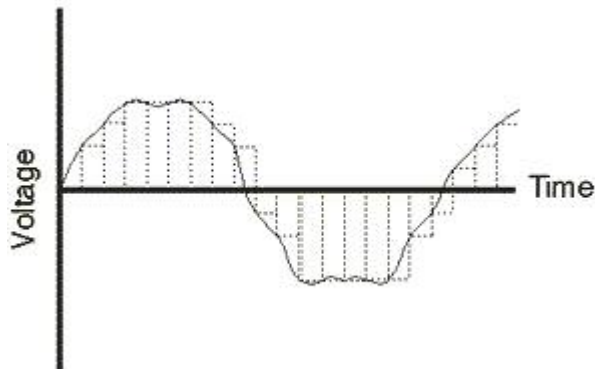
Nach Abschluss der Abtastung, **entfernt der Wandler die Zwischenwerte** und **rundet** auf die zum jeweiligen Abtastzeitpunkt ermittelten Werte auf oder ab.



Jedem Signal wird dann ein eigener Wert zugewiesen. Dieser Vorgang wird **Quantisierung** genannt. Bei einem 16-Bit-Wandler liegt der Wert zwischen 0 und 65.536, bei einem 24-Bit-Wandler dagegen zwischen 0 und 16.777.216. Wenn ein Signalpegel einen Wert aufweist, der keiner zulässigen Zahl entspricht, **rundet der Wandler** ihn auf die nächste ganze Zahl auf oder ab. Mit dieser Methode, der so genannten "Quantisierung", gehen also "Fehler" einher.

Im Anschluss daran versucht der Wandler mit Hilfe eines **Rekonstruktionsfilters** eine Kurve

herzustellen, die dem Original besser als die oben abgebildete entspricht. (Das Beispiel oben ist der Anschaulichkeit halber stark übertrieben.) Nach der Filterung sieht die Kurve etwa so aus:



Das Ziel dieses Vorgangs ist vor allem, die hohen Frequenzen abzuschneiden, weil diese besonders dazu neigen, Fehler zu produzieren. Man setzt also einen **Tiefpass-Filter** ein, der Geräusche oberhalb einer bestimmten Frequenz abschneidet. Je weniger Fehler bei der Digitalisierung entstehen, desto weniger müssen die hohen Frequenzen beschnitten werden. Auch hier bietet der 24-Bit-Wandler einen Vorteil gegenüber der 16-Bit-Variante: Die **deutlich höhere Anzahl** an Quantisierungsstufen, führt zu weniger Quantisierungsfehlern. Demzufolge kann die Klangtreue in den hohen Frequenzen besser erhalten werden. Nach dem **Shannon-Theorem** entspricht die höchste Frequenz, die wiedergegeben werden kann der Hälfte der Abtastrate. So liegt bei einer Abtastrate von 44,1 kHz die höchste erreichbare Frequenz bei 22,05 kHz. Diese obere Grenzfrequenz wird auch **Nyquist-Frequenz** genannt.

Wird die **Abtastrate auf 96 kHz** erhöht, erhöht sich damit automatisch auch die **Nyquist-Frequenz** auf 48 kHz. Eine höhere Nyquist-Frequenz bedeutet aber, dass es möglich ist, ein **viel größeres Spektrum hoher Frequenzen** wiederzugeben. Vergessen Sie aber nicht einen wesentlichen Aspekt: Der Frequenzgang des menschlichen Gehörs reicht im günstigsten Fall nicht über 20 kHz hinaus. Bei Erwachsenen geht er in der Regel bis maximal 17 kHz. Einige Audiospezialisten gehen allerdings davon aus, dass eine Ausweitung des Frequenzgangs über den hörbaren Bereich hinaus die Wahrnehmung des Klangs spürbar verbessert. Der Grund für diese Phänomen ist in den **Oberschwingungen**, die von den Tönen außerhalb des hörbaren Bereichs gebildet werden, zu suchen. Diesen Effekt nennt man **Residuum-Hören** (residual listening). Wissenschaftliche Tests konnten den positiven Effekt des Residuum-Hörens bislang nicht eindeutig nachweisen. Dennoch lassen sich einige wichtige Tatsachen zum Thema Klangauflösung und Abtastrate festhalten:

- Wenn es darum geht, einen Klang zu digitalisieren, zu bearbeiten und als analogen Klang wiederzugeben, ist der **Vorteil des 24bit/96-kHz-Modus** nicht abzustreiten. Wenn es tatsächlich das Ziel ist, ein möglichst genaues Abbild der ursprünglichen Kurve am Ende wieder zu erhalten, dann haben Sie dazu die größten Chancen, wenn Ihre Quelle so viele Informationen wie möglich enthält. Ganz offensichtlich ist ein Klang, der 96.000 Mal pro Sekunde aufgenommen und jedes Mal mit einem von 16,7 Mio. möglichen Werten enkodiert wird, besser als ein Klang, der 44.100 Mal pro Sekunde aufgezeichnet und mit einem von "nur" 65.536 möglichen Werten enkodiert wird.
- Wenn Klangeffekte eingesetzt werden sollen, ist es besser, von einer möglichst genau enkodierten Quelle auszugehen. Die Effekte werden dann ebenfalls umso **feiner und gründlicher** angewendet.

Wer noch detailliertere Hintergrundinformationen zum 24 Bit/96 KHz-Sampling sucht, dem empfehle ich das Studium der folgenden Online-Dokumente:

www.tonmeister.ca und [Terratec 24/96 PDF Dokument](#)

Hier noch die Erklärung einiger Fachbegriffe:

Analog/Digital-Wandlung

Umwandlung analoger Bild- oder Tonsignale in eine digitale Form. Dabei wird das analoge Signal mit einer Frequenz abgetastet, die mindestens doppelt so hoch wie die Frequenz der Bandbreite des analogen Signals ist. Dieser Vorgang wird auch Sampling genannt. Bei jeder Abtastung wird die Signalgröße - der Pegelwert - gemessen und einer Pegelstufe zugeordnet. Diesen Vorgang nennt man quantisieren. Die Anzahl der Pegelstufen muß so bemessen sein, daß bei der Rückwandlung des digitalen in ein analoges Signal keine Qualitätsverschlechterung zu hören bzw. sehen ist. Die gewonnenen Pegelwerte werden dann in Zahlen des Binärsystems umgewandelt. Dem Nachteil der gegenüber dem analogen Signal größeren Datenmenge steht der Vorteil entgegen, daß digitale Signale weitestgehend ohne Qualitätsverluste übermittelt oder kopiert werden können.

Quantisierung

Anzahl der digitalen Pegelstufen, die bei der Analog/Digital-Wandlung von Audio- und Videosignalen verwendet werden. Audiosignale werden z.B. mit 16 Bit, entsprechend 65.536 Lautstärkestufen, Videosignale z.B. mit 8 Bit, entsprechend 256 Helligkeitsstufen, oder 10 Bit, entsprechend 1.024 Helligkeitsstufen, aufgelöst.

Audiofrequenzbandbreite

Abstand zwischen der minimalen und maximalen Frequenz innerhalb eines Tonsignals, vom tiefsten bis zum höchsten Ton. Hörbar ist etwa der Bereich von 30 bis 16.000 Hz, mit Hilfe digitaler Tontechnik ist ein Bereich zwischen 20 und 20.000 Hz übertragbar.

Dithering

Kommt aus dem Englischen und bedeutet Schwanken. Eingedeutschter Begriff: Dithern. Bei der Quantisierung werden die analogen Pegelwerte einer bestimmten digitalen Pegelstufe zugeordnet. Die Pegelwerte, die zwischen zwei Pegelstufen fallen, werden einer der beiden Stufen zugeordnet. Dies kann zu einer hörbaren störenden Audiowiedergabe führen (z.B. Rauschen bei geringen digitalisierten Signalpegeln beim Samplingprozess). Dithering vergibt beim Zuordnungsprozess statistisch eine zufällige Größe und reduziert bzw. vermeidet daher die genannten Störungen. Für diesen Dithering-Prozess kann man unter anderem auch PlugIns einsetzen. Zum Beispiel das neue **Apogee UV22** PlugIn, das der Cubase Version VST32 beiliegt.

Was macht UV22? Dieses PlugIn verwendet eine 32bit Digitalaufnahme und wandelt sie in eine andere 32bit Digitalaufnahme um, die für das 16bit Format optimiert ist. Die Besonderheit dieser "umgewandelten" 32bit Digitalaufnahme ist, dass sie beim anschließenden Umwandeln in das "echte" 16bit Format - zum Beispiel für den Brennvorgang des Songs auf CD - keine weiteren Verluste mehr erfährt, da die Aufnahme mit Hilfe des UV22 durch Dithering bereits vorbereitet wurde. Dieses UV22 PlugIn kann man übrigens auch in WaveLab (ab Version 3.0) einsetzen !

Und was ist eigentlich Oversampling?

Oversampling ist eine Technik, die die (psycho-)akustischen Störeffekte der Digitalisierung analoger akustischer Signale reduzieren soll. Dabei wird bei der Rückwandlung vom digitalen zu einem analogen Signal durch geeignete Interpolation eine höhere Abtastrate simuliert, als tatsächlich vorlag. 128faches Oversampling bedeutet, dass zwischen zwei echten Samples 128 interpolierte Samples geschoben werden. Ob das besser klingt als 64faches, ist wohl nur noch messbar und nicht mehr hörbar. Die Idee, die dahinter steckt, ist in diesen Bereichen auch eine andere. Das bei 128fachem Oversampling notwendige Anti-Alias-Filter ist noch billiger, als bei 64fachem Oversampling. Und das ganze Gesumme kommt auch nur dann wirklich zum Tragen, wenn in der Musik, die gerade läuft, leise Passagen abgespielt werden - wenn also wenige Bits gesetzt sind. Für laute Stellen reichen 44.100 Samples/Sekunde durchaus aus.

Und einen Nachteil hat Oversampling in diesen Kategorien auch: Bei 64fachem Oversampling entsteht eine theoretische Samplingrate von 2,82 MHz, bei 128fachem Oversampling eine Samplingrate von 5,64 MHz (!) - das ist Hochfrequenztechnik. Und die kann man nur gescheit bauen, wenn man das Thema ernst nimmt, was aber wieder Geld kostet.

Fazit: Oversampling, auch in diesen heftigen Bereichen, ist heute Standard und eigentlich kein Kriterium für / gegen einen Wandler oder CD-Player mehr. Und: Das beste Oversampling taugt nix, wenn der Wandler vorher schon nur wie Schmirgel klingt.

Audio-Komprimierung und Audio-Datenreduktion

Klangdateien werden normalerweise unkomprimiert gespeichert. Programme zur Audio-Komprimierung ("Codec" genannt) sind in der Lage, Klangdateien so zusammenzustauchen, daß sie weniger Platz auf der Festplatte belegen.

MP3 steht für MPEG-1 Audio Layer 3 und kommt, wie der volle Name schon andeutet eigentlich aus dem Motion Picture Expert Group (MPEG) Standard, der zum komprimieren von Filmdateien entwickelt wurde. Durch das MP3-Format ist es möglich Audio-Dateien in beinahe CD-Qualität auf einem Computer abzuspeichern und dabei nur circa 1 Megabyte pro Minute MP3 zu "verbrauchen". MP3 ist ein Dateiformat, mit dem sich Musik in hoher Qualität auf kleinste Dateigröße komprimieren lässt, wobei die Komprimierung ca. 1:10 liegt.

Das **ATRAC-Verfahren** (Minidisc) reduziert große Mengen von Tondaten, um sie auf die recht kleine Mini-Disc zu speichern. Inzwischen ist die damit erreichbare Klanggüte kaum noch von der CD-Qualität zu unterscheiden.

ATRAC3 ist der von Sony entwickelte MusikkompressionsCodec. Das **Adaptive Transform Acoustic Coding3** ist eine Fortentwicklung von ATRAC, welches ursprünglich für die Komprimierung von Minidiscdateien entwickelt wurde. Allerdings komprimiert ATRAC3 Musikdateien etwa doppelt so gut wie ATRAC. Wobei die Verwandtschaft der beiden Formate die Umwandlung vom MinidiscATRAC in ATRAC3 wesentlich erleichtert.

ATRAC3 komprimiert Musikdateien, genau wie MP3, nach einem Psychoakustikmodell. Dabei werden die Frequenzen in einem Musikstück entfernt, die durch andere, gleichzeitig gespielte, überlagert werden und deshalb für das menschliche Ohr nicht wahrzunehmen sind. Die Mitarbeiter vom Fraunhofer Institut haben lange an der Psychoakustik des Fraunhofer MP3 Codecs gefeilt.

Dezibel (dB)

Dezibel ist die übliche Maßeinheit für die Lautstärke. Die Zunahme des Schalles um 6 Dezibel (dB) empfindet der Mensch als Verdopplung der Lautstärke. Hier einige Beispiele zur Verdeutlichung: Hintergrundgeräusche in einem Haus betragen etwa 35 dB. 70 dB entsprechen dem Schallpegel von lauter Unterhaltung, und eine Alarmsirene bringt es auf satte 140 dB. Dieser Wert schädigt bereits das Gehör.

Übersicht Digitale Schnittstellenformate

Digitale Stereoformate

Bezeichnung	Beschreibung	Spezifikation
S/P-DIF (Sony Philips Digital Interface)	<p>wurde ursprünglich für den Konsumermarkt entwickelt (CD-Player, etc.). Heute sind aber auch Soundkarten, DAT-Recorder, Sampler, MD-Recorder und Digital I/O-Karten damit ausgerüstet. S/P-DIF unterscheidet sich nur unwesentlich von AES/EBU. Die Unterschiede zu diesem Format:</p> <ul style="list-style-type: none">• geringerer Pegel• unsymmetrische oder optische Leitungen• Kopierschutz SCMS <p>SMCS verhindert aufeinanderfolgende Digitalkopien Kopierschutz ist bei manchen Professionellen Geräten aber ausschaltbar. AES/EBU-Signale sollten nie ohne Spannungsteiler in S/P-DIF-Eingänge gelangen, da sie diese wegen des höheren Pegels zerstören können!</p>	<ul style="list-style-type: none">• Kanäle: Stereo• max. Wortbreite: 24 Bit• max. Abtastfrequenz: 192 kHz• Übertragung: unsymmetrisch, elektrisch, optisch• Steckverbindung: Cinch oder Toslink (Lichtleiter) <p>Besonderheiten: selbstsynchronisierend, Kopierschutz</p>
AES/EBU (Audio Engineering Society / European Broadcast Union)	<p>Dieses Format wurde für professionelle Anwendungen entwickelt. Es ist für Stereosignale ausgelegt und überträgt zweikanalig. Durch hohe Übertragungspegel und symmetrische Leitungen wird eine geringe Störanfälligkeit auch bei längeren Kabeln gewährleistet. Das Format ist selbsttaktend: Aufnahme- und Wiedergabegerät synchronisieren sich über die Audiodaten. Für die Übertragung eines Audiowortes kann eine Wortbreite von max. 24 Bit gewählt werden. Somit eignet sich dieses Format für DVD-Audio-Anwendungen. Erkennungsmerkmal von AES/EBU: XLR-Stecker</p>	<ul style="list-style-type: none">• Kanäle: Stereo• max. Wortbreite: 24 Bit• max. Abtastfrequenz: 192 kHz• Übertragung: symmetrisch• Steckverbindung: XLR• Besonderheiten: selbstsynchronisierend

Digitale Mehrkanalformate

Bezeichnung	Beschreibung	Spezifikation
<p>ADAT <i>(Alesis Digital Audio Tape)</i></p>	<p>wurde ursprünglich für die acht Kanäle des Recorders von Alesis gedacht. Mittlerweile werden aber immer mehr Mischpulte, Sampler und Audiokarten mit der ADAT-Schnittstelle ausgerüstet. Obwohl ADAT eigentlich für 16 Bit ausgelegt war und die aktuellen ADAT-Geräte nur 20 Bit aufweisen, kann diese Schnittstelle die acht Kanäle mit bis zu 24 Bit übertragen. Sie bietet sich deshalb als effektive Verbindung zwischen Mehrkanalkarten und digitalen Mischpulten an. ADAT-Daten werden immer über optische Schnittstellen übertragen, wie sie auch bei S/P-DIF verwendet werden. Viele Audiokarten bieten deshalb eine Umschaltmöglichkeit zwischen ADAT und S/P-DIF an. Kann die Umschaltung für Ein- und Ausgänge getrennt vorgenommen werden (Bsp: Karten von RME), dann wird diese Karte auch zum ADAT - S/P-DIF Konverter.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kanäle: acht • max. Wortbreite: 24 Bit • max. Abtastfrequenz: 96 kHz • Übertragung: optisch • Steckverbindung: Toslink (Lichtleiter) • Besonderheiten: selbstsynchronisierend
<p>TDIF <i>(TEAC Digital Interface)</i></p>	<p>Wie die ADAT-Schnittstelle führt auch TDIF acht digitale Audiokanäle. TDIF ist aber nicht selbstsynchronisierend. D.h., die Synchronisationsdaten werden separat von den Audiodaten übertragen. Als Anschluss dient eine 25 pol. Sub-D-Steckerverbindung. TDIF kommt bei den DTRS-Recordern von Tascam zum Einsatz und ist wie ADAT eine herstellerspezifische Schnittstelle. Sie ist als Modul zum Anschluss eines Recorders an Mischpulte (z.B. Yamaha) oder an externe Wandler (z.B. Apogee oder Studer) erhältlich und bereits bei den Mischpulten von Tascam eingebaut. Ausser bei den Tascam-Recordern hat TDIF jedoch bei weitem nicht die universelle Bedeutung wie ADAT</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kanäle: acht • max. Wortbreite: 24 Bit • max. Abtastfrequenz: 48 kHz • Übertragung: elektrisch • Steckverbindung: 25 pol Sub-D • Besonderheiten: nicht selbstsynchronisierend

Weitere interessante Daten

Eigenschaft	S/P-DIF	AES/EBU	AES/EBU spezial
V_{peak}	2 V	5 V	1 V
Impedanz	75 Ohm	110 Ohm	75 Ohm
Übertragung	unsymmetrisch	symmetrisch	symmetrisch
max. Kabellänge	einige m	bis ca. 350 m	bis ca. 1000 m
Steckverbinder	RCA/Cinch	XLR	HF-Videostecker
max. Frequenz	3,072 MHz	3,072 MHz	3,072 MHz