

Record goes CD

Digitalisieren von Schallplattenaufnahmen

Wie einfach wäre es, könnte man den Plattenspieler an die Soundkarte anschließen, in der Aufnahmesoftware auf den Record-Knopf klicken und eine alte Aufnahme direkt auf CD brennen. Leider ist der Weg von der Platte (oder dem Tonband) zur CD deutlich mühsamer, das Ergebnis nicht immer zufriedenstellend. Einige Hürden und Klippen bei der Audiotbearbeitung sollen in diesem Artikel vorgestellt werden.

Fehlerquellen

Die Schallplatte hat wie jedes Analogmedium mit zahlreichen Unarten zu kämpfen: unsachgemäße Lagerung, z. B. übereinander gestapelt oder direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt, verbiegt so manche Platte, was einen eiernden Klang zur Folge hat; Staub und statische Aufladung knistern in die Musik.

Doch nicht allein der Tonträger bereitet Sorgen, auch der Plattenspieler verändert die ihm anvertrauten Informationen. Ein von der Tangente der Rille abweichender Winkel des Tonarms verzerrt das Audiosignal, besser ist ein tangential mitlaufender Tonabnehmer. Nicht zu vermeiden ist das tieffrequente (unter 50 Hz) Rumpeln des Antriebsmotors. Die Nadel des Plattenspielers bewegt sich in der Rille, wobei die Nadelgeschwindigkeit von der Rillenbreite abhängt: je tiefer der Ton, desto langsamer die Ausrichtungsgeschwindigkeit. Bedingt durch Abrundung und Abnutzung von Nadel und Platte sitzt die Nadel nicht immer da, wo sie hingehört, *Klemmeffekt* und Rillentiepenverzerrung sorgen für nichtlineare Verzerrungen, die bei 4 kHz nur noch 30 dB unter dem Nutzsignal liegen [1]. Elliptische Nadeln können der Rillenform besser folgen, sie splittieren aber auch leichter als sphärische. Rillengeräusche, statische Aufladungen, Staub, mechanische Verzerrungen und das Rumpeln des Plattenspielers sorgen dafür, dass die effektive Dynamik (Abstand zwischen lautestem und leisestem Signal) einer Schallplatte nicht mehr als 65 dB erreicht. Selbst mittelmäßige Soundkarten erreichen problemlos eine Dynamik von 85 dB. Zum Digitalisieren von LPs ist daher eine Soundkarte in dieser Preisklasse vollkommen ausreichend. Dennoch sollte sie einigen grundlegenden Qualitätsmerkmalen genügen (s. *Qualitätsmerkmale von Soundkarten* im gleichen Heft. Dort finden sich auch Details zur Messgröße Dezibel).

Für den Tonabnehmer hinter der Nadel gibt es verschiedene Varianten: Der am häufigsten eingesetzte magnetische Abnehmer (*MM Moving Magnet*) überträgt die Signale als Spannungsinduktion durch Veränderung eines Magnetes in einem elektrischen Feld. Er erzeugt bei einer Nadelschnelle von 8 cm/s (Vollaussteuerung 1 kHz bei 33 Umdrehungen/min) eine Ausgangsspannung von 10 mV (0,01 Volt). Teurere Geräte verwenden dynamische Kapseln (*MC Moving Coil*), die unter gleichen Bedingungen 1 mV liefern. Die so gewonnenen Signale müssen auf Line-Niveau von 0 dBu = 0,775 V verstärkt werden, ehe sie sinnvoll

weiterverarbeitet werden können. Ein normaler linearer Verstärkereingang reicht da aber nicht, was mit den Fertigungsbedingungen von Schallplatten zusammenhängt.

Entzerrer-Vorverstärker

Schallplatten werden von einer Master-Vorlage gepresst. Diese besteht entweder aus einer Kunststoffschicht mit Metallkern oder, wie beim *direct metal mastering*, aus einer Metallplatte. In den Master wird mit einem Schneidstichel das Audiosignal graviert, wobei die Breite der Rille von der Frequenz abhängt: Tiefe Töne lenken den Stichel weiter aus als hohe, der Abstand zwischen zwei Rillen wächst, was die Spieldauer reduziert (vgl. [2, S. 288 ff.]). Eine Methode, den Rillenabstand zu optimieren, ist die *Füllschrift*, wonach der Abstand zwischen zwei Rillen nicht konstant bleibt, sondern von der größten Auslenkung der jeweiligen Windung abhängig gemacht wird [3, S. 201]. Um die größte Auslenkung einer Rille weiter zu verringern, werden bereits bei der Produktion des Masters die tiefen Töne um 20 dB abgesenkt, die hohen um 20 dB angehoben. Der Frequenzgang dieser Verzerrung folgt der RIAA-Kennlinie (RIAA = Recording Industry Association of America), DIN 45 546/47. Hinter dem phono-Eingang eines HiFi-Verstärkers befindet sich der *Entzerrer-Vorverstärker*, welcher das Signal nicht nur auf Line-Niveau hebt, sondern dabei auch mit der umgekehrten Kennlinie entzerrt (Abb. 1). Aus diesem Grund darf ein Plattenspieler nicht einfach an den Line- oder den Mikrofoneingang der Soundkarte angeschlossen werden, will man die fehlenden Tiefen und überzogenen Höhen nicht von Hand korrigieren. Viel-

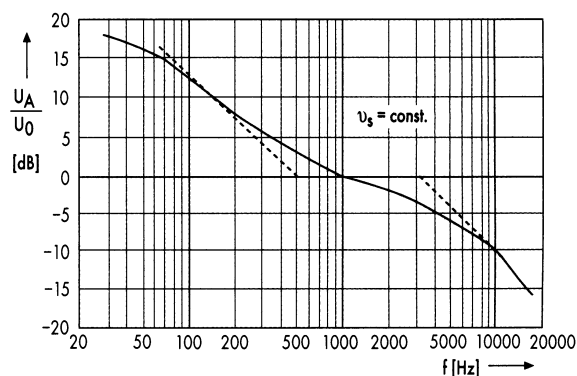


Abb. 1: RIAA-Kennlinie. Entnommen aus [4]

mehr muss ein Entzerrer-Vorverstärker dazwischen geschaltet werden, was i. d. R. den Gang über den HiFi-Verstärker bedeutet. In [5, S. 81] wird ein externer Entzerrer-Vorverstärker vorgestellt. Der Plattenspieler bleibt wie gewohnt an den phono-Eingang angeschlossen. Als Verbindung zum PC/Mac bieten sich die Tape Rec/Play-Buchsen an.

Brummschleife

Hat man den Tonarm richtig justiert, die zerschlissene Nadel getauscht, die Platten geputzt und die Soundkarte ordnungsgemäß an den Verstärker angeschlossen, kann immer noch der größte Feind der Audioaufnahmen dazwischen brummen: die Brummschleife. Sie entsteht, wenn die HiFi-Computer-Anlage an mehreren Stellen eine Masseverbindung hat, beispielsweise im Antennen- und im Stromkabel mit Schutzkontaktstecker oder einer geerdeten Anlage, die an einen geerdeten Computer angeschlossen ist. Das Prinzip ist das eines Transformators: Wird an eine Primärspule ein Wechselstrom gelegt, erzeugt diese ein Wechselmagnetfeld. Dieses induziert in der Sekundärspule eine Spannung, deren Stärke von dem Verhältnis der Wicklungs-Windungszahlen der Spulen abhängt.

In unserem Szenario übernimmt das überall im Haus präsenste Lichtnetz die Rolle der Primärspule mit einer Windung. Die Kabelschirmung einer doppelt geerdeten HiFi-Computer-Anlage wirkt als Sekundärspule, in welche durch das Lichtnetz ein Strom mit der in Europa üblichen Wechselstromfrequenz von 50 Hz induziert wird. Der Verstärker erfüllt seine Aufgabe, der unerwünschte Strom wird als Brummen mit 50 Hz hörbar, nebst Oberwellen, wenn das Brummen zusätzlich noch verzerrt wurde.

Um den in den Schutzmänteln der Kabel induzierten Strom zu verhindern, reicht es, die Sekundärspule zu trennen. Wer keine schutzisolierte Anlage hat, die mit

Euro-Flachsteckern ausgerüstet ist, kann sich mit einem *Mantelstromfilter* behelfen, der für ein paar Mark im Fachhandel erhältlich ist. Ist die HiFi-Anlage geerdet, muss jede Verbindung zum geerdeten Computer gefiltert werden, im Zweifel auch zusätzlich die Antennenverbindung des Tuners.

Digitalisierung und Nachbereitung

Die Aufnahme selber kann nach richtigem Einstellen aller Parameter in einem Rutsch oder Stückweise erfolgen, je nach Größe des Platzes auf der Festplatte. Vor dem Brennen der Daten auf CD oder der Konvertierung in das platzsparende MP3-Format sollte noch die eine oder andere Korrekturarbeit an den Rohdaten vorgenommen werden. Der eigentliche Schallplatten-Sound definiert sich zwar auch durch die technischen Mängel des Mediums, dennoch möchte man die zahlreichen Störungen vielleicht nicht alle konservieren. Zur besseren Bearbeitung und Verwaltung empfiehlt es sich, die Aufnahme in Tracks zu unterteilen, die später bei Bedarf (z. B. Livemitschnitt ohne Pause) auf der CD lückenlos aneinander gereiht werden können. Im Folgenden werden die wichtigsten Störungen und ihre Bekämpfung beschrieben. Weitere Details finden sich in [6] und [7].

Ein *Klick* ist ein extrem kurzer Sprung im Pegel, erkennbar an einer Spitze in der Wellendarstellung. Manche Klicks entstehen erst bei der Digitalisierung, wenn durch eine ungünstige Konstellation für einen kurzen Moment alle Aufnahmebits gesetzt werden und somit ein maximaler Pegel registriert wird. Analoge *Knackser* und *Plops* dagegen sind typische Schallplattenstörungen, hervorgerufen durch Staub, statische Aufladungen oder kleine Beschädigungen der Rille, durch eine defekte Nadel oder unsachgemäße Behandlung. Liegt der Knackser im oberen Frequenzspektrum, so stört der Plop häufig tieffrequent. Diese Störungen lassen sich bereits bei der Aufnahme durch Nassabspielen der Platte mildern, wobei Verunreinigungen allerdings nicht beseitigt werden und beim nächsten Trockenspielen umso deutlicher knacken. Treten die Störungen zahlreich auf, registriert das Ohr sie als *Knistern*.

Das *Rauschen* ist ein breitbandiges Störsignal mit gleichmäßiger Frequenzverteilung, hervorgerufen durch kleinste Spannungsänderungen in elektronischen Bauteilen. Wie oben bereits erwähnt, liegt es bei einer Schallplatte nur 50-60 dB unterhalb des Nutzsignals und wird bei dessen Verstärkung natürlich mit angehoben. *Rumpeln* entsteht durch die Übertragung der Vibrationen des Platten-

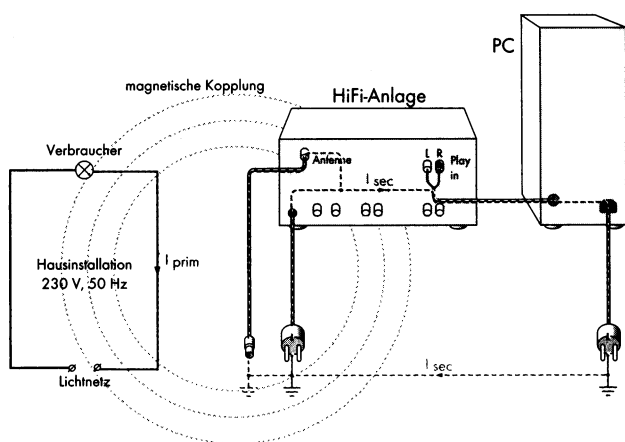


Abb. 2: Brummschleife. Entnommen aus [4]

tellermotors auf den Tonabnehmer und ist im tiefen Frequenzbereich unter 50 Hz angesiedelt. Manche Verstärker bieten einen speziellen Entrumpelfilter an, um das Rumpeln zu dämpfen.

Die Vielfalt möglicher Störungsquellen lässt erahnen, dass die digitale Bereinigung einer Aufnahme sehr zeitaufwändig sein kann. Zur Unterstützung gibt es auf dem Markt eine Fülle an spezieller Software, welche in [7] vorgestellt wird: Declicker gegen Klicks, Knackser und Plops; Normalizer, um die allgemeine Lautstärke anzuheben, sodass das lauteste Signal voll ausgesteuert wird; Denoiser gegen Rauschen; Equalizer, um einzelne Frequenzbänder zu regulieren. Die Reihenfolge ihrer Anwendung ist nicht beliebig. Vor der Normalisierung sollten die Klicks entfernt oder gedämpft werden, welche häufig den höchsten Pegel haben. Ein Rauschentferner über Noise-Print kann deutliche Qualitätsverbesserung bewirken, auch bei Aufnahmen von Tonband oder Kassette. Der Noise-Print ist eine Art digitaler Fingerabdruck des Rauschens und wird aus einem Aufnahmeabschnitt ohne Nutzsignal gewonnen (kurze Pause, Stückbeginn oder -ende). Aufgrund einer Frequenzanalyse wird das charakteristische Spektrum des Rauschens ermittelt, um im Anschluss aus der Gesamtaufnahme gefiltert zu werden. Dabei ist beim Anhören des herausgefilterten Schmutzsignals zu beachten, dass das Nutzsignal nicht zu stark beschädigt wurde; das Schmutzsignal enthält im besten Fall nur Rauschen.

Literatur

- [1] WEBERS, J.: *Tonstudioteknik*. München: Franzis-Verlag, 1985, zitiert in [4].
- [2] HENLE, H.: *Das Tonstudio-Handbuch*. München: GC Verlag, 1993.
- [3] BEUTH, K., HANEBUTH, R., KURZ, G.: *Nachrichtentechnik*. Würzburg: Vogel, 1996.
- [4] MEYER, C.: Edisons Erben. Hardware-Tücken beim Überspielen von Audio auf CD. *c't* 21/98, S. 120 ff.
- [5] RÖBKE-DOERR, P.: Audio Digital. *c't* 1/2001, S.74 ff. (Im Internet unter <http://www.heise.de/ct/01/01/074/>).
- [6] LOVISCACH, J.: Ton, Stücke, Scheiben. Audio bearbeiten und auf CD-R brennen. *c't* 21/98, S.134ff.
- [7] SCHWIRZKE, K., LAUE, C.: Rillentief rein? Aktuelle Audiorestaurations-Software. *c't* 1/2001, S.82 ff.

Das oben bereits erwähnte *Brummen* versucht man am besten frühzeitig mit einem Mantelstromfilter zu umgehen. Sollte es immer noch auf der Aufnahme zu finden sein, hilft ein steilflankiger Kerbfilter um 50 Hz, bzw. um die entsprechenden Oberwellen (100 Hz, 150 Hz etc.).

Erst nachdem die Störungen entfernt oder gemildert wurden, dürfen mit Hilfe des Equalizers einzelne Frequenzbänder beeinflusst werden. Vor allem Tonbandaufnahmen verlieren bei ihrer Lagerung durch Entmagnetisierung des Bandes in den hochfrequenten Anteilen recht schnell 10–15 dB, welche im Computer (oder im vorgeschalteten Analogequalizer) wieder angehoben werden sollten.

Trotz aller technischen Raffinessen gilt: Digitales Mastering kostet Zeit. Bei geringen Ansprüchen kann eine LP an einem Abend bewältigt werden, d. h. Digitalisieren, De-Clicken, De-Noisen und Brennen oder Komprimieren. Bei hohen Ansprüchen an die eigene CD kommt man mit Feineinstellungen in den Filtern, Probehören, Vergleichen etc. auf deutlich höhere Raten. Da kann es billiger sein, die Platte auf CD zu kaufen, so es sie denn gibt. Bei Raritäten aus der Plattensammlung oder den Tonband-Aufnahmen der Schulband kann sich der Arbeitsaufwand aber rechtfertigen.

Jochen Koubek
jochen.koubek@rz.hu-berlin.de