

# CD-Filter

**Für viele Musikfreunde klingen CDs oft nervig. Warum das so ist, versucht dieser Artikel zu verdeutlichen. So schön die Digitaltechnik ist, sie hat auch ihre Tücken. Und das menschliche Ohr reagiert nicht auf technische Daten und Highlights in den Prospekten, sondern hat ein sehr differenziertes Wahrnehmungsvermögen. Im Vergleich zur analogen Schallplatte klingen CDs oft sehr spitz und nervig. Abhilfe schafft hier ein analoges Filter.**

von Gerhard Haas

Um zu verstehen, warum ein analoges Filter den Klang von CDs verbessern kann, muss zuerst das Prinzip der digitalen Schallaufzeichnung und Übertragung kurz erklärt werden. Schon in der Frühzeit des stereophonen UKW-Rundfunks, der damals als Übertragungsmedium der Spitzenklasse galt, mussten gewisse Spielregeln eingehalten werden. Im technischen Pflichtenheft der Rundfunkanstalten von 1980 war vorgeschrieben, dass eine Tonregieanlage (Mischpult) einen Frequenzgang von 40 Hz bis 15 kHz  $\pm 0,5$  dB/-3 dB haben muss. Die leichte Anhebung von  $\pm 0,5$  dB kann als Zugeständnis an die Resonanzstelle der in professionellen Studioanlagen immer eingesetzten Übertrager gesehen werden (siehe Artikel „Übertragerwissen“). Die -3 dB sind eher für die Bereichsgrenzen bei 40 Hz und 15 kHz gedacht. Darüber hinaus war ein stetiger, also kein abrupter und steiler Abfall von 15 kHz bis 40 kHz vorgeschrieben, wobei bei 40 kHz -20 dB verlangt sind. Damit wird sichergestellt, dass Hochfrequenzsender das Mischpult mit angeschlossenen Geräten nicht beeinflussen. Durch Modulationseffekte und hochfrequente Verseuchung

kann sich das Grundrauschen zum Nachteil des Nutzsignals erhöhen. Bevor das Signal auf den UKW-Sender geht, muss es bei 15 kHz steilflankig begrenzt werden, da der Stereo-Pilotton eine Frequenz von 19 kHz hat. Außerdem sind diese Frequenzbandbegrenzungen zwingend notwendig, da die Kanalbandbreite für jeden Sender begrenzt sind, sonst würden sich die Sender gegenseitig stören und eine vernünftige Übertragung wäre für alle unmöglich.

Ähnlich sieht es bei der Digitalisierung eines analogen Signals aus. Nach dem Abtasttheorem muss die höchste zu übertragende Frequenz mindestens zweimal abgetastet werden. Das heißt, wenn 22 kHz als obere Frequenz noch mit einbezogen werden sollen, muss mit 44 kHz abgetastet werden. Damit es auch hier zu keinen Kollisionen kommt, muss die Bandbreite des analogen Signals ab 22 kHz steilflankig begrenzt werden. Die tatsächliche Abtastfrequenz wird etwas höher gewählt als die obere Grenzfrequenz des zu digitalisierenden Signals. Läge sie gleich oder geringfügig darunter, entstehen tieffrequente Aliasingfre-

quenzen. Wie sich dieser Effekt auswirkt, lässt sich an einem anschaulichen Beispiel leicht erklären. Jeder kennt Filmszenen, wo sich Fahrzeuge mit Speichenrädern fortbewegen. Je nach Tempo des Fahrzeugs scheinen sich die Räder vorwärts oder rückwärts zu drehen, oder auch still zu stehen, obwohl das Fahrzeug fährt. Dies kommt von der Bildfrequenz des Kinofilms mit 24 Bildern pro Sekunde. Bei Fernsehfilmen sind es 25 Vollbilder bzw. 50 Halbbilder. Stimmt die Drehzahl des Fahrzeugrades mit der Bildfrequenz exakt überein, sieht der Betrachter ein stillstehendes Rad (Stroboskopeffekt). Weicht die Drehzahl ab, scheint sich das Rad langsam vor- oder rückwärts zu drehen. Deshalb werden krumme Abtastfrequenzen gewählt, damit diese langsamen Vor- und Rückwärtsbewegungen (Aliasingfrequenzen) nie auftreten.

Die Digitaltechnik hat noch einen weiteren Pferdefuß. Alles läuft über Rechtecksignale. Nach der Fourier-Analyse ist ein symmetrisches Rechtecksignal mit dem Tastverhältnis 1:1 nach der Formel

$$\frac{4gA}{\pi} \left( \cos x - \frac{1}{3} \cos 3x + \frac{1}{5} \cos 5x - \frac{1}{7} \cos 7x + \dots \right)$$

