

Pilgrim Studio

Recording, Mixing & Mastering

Friedaustasse 17, 8003 Zürich

TEL: 079 744 61 19

WEB: www.pilgrimstudio.ch

E-MAIL: Contact@pilgrimstudio.ch

Einige unsystematische Gedanken zum Thema

Musik und Zeit

1. Einleitung

Ich fand Equalizer immer viel weniger aufregend als Kompressoren, da Equalizer nur die Frequenzen bearbeiten, während es bei Kompressoren um ZEIT geht, und Zeit ist (neben der Liebe) eine der wundersamsten Sachen, mit denen wir leben, nicht wahr?

Es ist jedoch sehr wahrscheinlich dass die massiven klanglichen Unterschiede verschiedener Equalizer nicht so sehr auf unterschiedliche Frequenzverläufe etc. zurückzuführen sind, sondern auf das *Phasenverhalten* der Geräte – womit wir auch bei Equalizer beim Faktor Zeit angelangt wären, denn eine Phasenverschiebung ist ein Ereignis in der Zeit.

2. Phase

Jeder durch einen Equalizer ausgeführte Eingriff in die Musik verändert nicht nur den Frequenzgang der Musik, sondern verschiebt auch mehr oder minder die einzelnen Frequenzen (bzw. ihre Phase) zueinander, sodass das zeitliche Verhältnis der einzelnen Wellen (Frequenzen) des bearbeiteten Signals nicht dem des Originals entspricht.

Diese frequenzabhängige Phasenverschiebung hat eine Verschmierung des Stereobildes zur Folge (was durchaus angenehm klingen kann!). Je schmalbandiger sowie je massiver der Eingriff ist, desto grösser wird die Phasenverschiebung.

Meines Wissens sind noch keine wirklich systematischen Untersuchungen durchgeführt worden, um den Zusammenhang von Phasengang und Klang eines Equalizers zu erhellen. Es gibt jedoch einige phasenlineare digitale Equalizer (sogenannte FIR- bzw. Linear-Phase-Equalizers), deren präserterer Klang darauf hin deutet dass das Phasenverhalten eines Equalizers massgeblich seinen Klang bestimmt.

Linear-Phase-EQs haben aber stattdessen die seltsame Eigenschaft, dass sie unter gewissen Umständen Pre- und Post-Echos des Signals hervorrufen können, was dem Klang dann wieder nicht gerade gut tut...

3. Eigenschwingungen

Während bei Equalizern das Signal richtiggehend auseinandergerissen wird, sodass Wellen, welche einmal gleichzeitig erklingen, nun zeitlich zueinander verschoben erklingen (frequenzspezifische Phasenverschiebung), prägen weitere zeitliche Artefakte den Klang sämtlicher für die Schallaufzeichnung benutzten Geräte.

Ein einfaches Beispiel ist das *Nachschiwingen*, das gut anhand einer Lautsprechermembran verdeutlicht werden kann. Nehmen wir an, es wird ein starker nadelförmiger Impuls auf die Lautsprechermembran geführt – die Membran bewegt sich nach vorne und wieder zurück und wandelt so den Impuls in Schall um.

Die Membran folgt dem Impuls aber nicht ganz genau. Diese Ungenauigkeit ist bedingt durch die physikalischen Eigenschaften der Membran.

Denn die Membran bewegt sich nicht nur einfach nach vorne und wieder zurück, sondern sie wird auf dem Rückweg beschleunigt, sodass sie über die Ruheposition hinausgeht, einige Male um die Ruheposition hin und her schwingt und erst nach und nach wieder zur Ruhe kommt (ich habe dies absichtlich etwas gar dramatisch geschildert). Diese Bewegungen (und der damit herbeigeführte Schall) sind *kein Abbild des Signals*, sondern Artefakte, welche die Membran zum Signal *hinzufügt*.

Ebenso wie eine Lautsprechermembran können auch elektronische Schaltungen durch Signale zu Eigenschwingungen angeregt werden, was ihren Klang maßgeblich bestimmt (dies gilt auch für Plug-Ins!) – und zwar natürlich bereits dann wenn die Eigenschwingung noch lange nicht als zusätzliche Schwingung wahrgenommen wird.

Bei *resonanzfähigen Filtern* wird der Effekt der Eigenschwingung von elektronischen Schaltungen verwertet: diese Schaltungen werden absichtlich zu Eigenschwingungen angeregt, sodass am Ausgang Schwingungen vorliegen, welche nicht am Eingang zugefügt wurden, jedoch vom ursprünglichen Signal angeregt werden (und somit mit diesen korrelieren). Bekannteste Beispiele sind die resonanzfähigen Filter in Synthesizern – solche Filter lassen sich aber auch in der Tontechnik für diverse Effekte einsetzen.

4. Trägheit

Ein weiteres Beispiel, wie zeitliche Ereignisse in Audio-Geräten deren Klang prägen, liegt in der *Trägheit* von elektrischen Schaltungen oder Membranen.

Nehmen wir wieder die Lautsprechermembran, auf die ein Nadelimpuls geschickt wird. Ein Nadelimpuls erreicht praktisch schlagartig eine bestimmte Höhe und sinkt praktisch schlagartig zurück. Die Lautsprechermembran hingegen ist träge, und das bedeutet, dass sie länger als der Nadelimpuls benötigt, um Vollausschlag zu erreichen – die Bewegung, welche die Lautsprechermembran ausführt, ist also *weniger steiflankig* als diejenige des Nadelimpulses, und sie erreicht das Maximum im Vergleich zum Nadelimpuls *zeitlich verzögert*.

Durch die Trägheit bewegt sich die Membran bei diesem Nadelimpuls auch weniger weit von ihrer Ruheposition weg, als sie es bei einem Sinuston mit gleicher Amplitude tun würde, denn die Membran hat den Punkt, welcher der Amplitude des Nadelimpulses entspricht, noch nicht erreicht, wenn der Nadelimpuls bereits wieder vorbei ist (und somit der Membran keine Energie mehr zugefügt wird) – die Pegelspitze des Nadelimpulses wird also von der Lautsprechermembran *geglättet*; das vom Lautsprecher wiedergegebene Signal hat einen geringeren Maximalpegel als das Original.

All dies geschieht auch in elektronischen Schaltungen. Jede elektronische Schaltung hat eine gewisse Trägheit, und diese entscheidet darüber, wie gut die Schaltung impulsartige Pegelspitzen wiedergeben kann. Auch hier ist es wiederum so dass diese elektronische Trägheit durchaus euphone (= schön klingende) Resultate hervorrufen kann – man denke beispielsweise an das Limiting von Magnettonband (vgl. unten Punkt 6).

5. Trägheit und andere zeitliche Phänomene bei Mikrofonen

Ein Mikrofon kann als umgekehrter Lautsprecher angesehen werden – statt dass eine Membran (angeregt durch Wechselspannungen, welche die Frequenz der Musik aufweisen) schwingt und damit die Luft in Bewegung versetzt, also Schall aussendet, wird bei einem Mikrofon durch Schallwellen eine Membran in Schwingung versetzt, und diese Schwingungen werden in Wechselspannungen umgewandelt.

Auch bei einem Mikrofon treten folglich dieselben durch Trägheit verursachten Phänomene auf wie bei Lautsprechermembranen.

In einem im Jahrbuch der Audio Engineering Society veröffentlichten Artikel wird anhand von einigen Mikrofonen aufgezeigt, wie wichtig der zeitliche Verlauf der Bearbeitung eines Signals für dessen Klang ist.

Der Autor vergleicht verschiedene Mikrofone mit ganz unterschiedlich ungleichmässigen Frequenzgängen. Der Frequenzgang des einen Mikrofons weist sehr viel Bass, aber wenig Mitten auf, während der Frequenzgang eines anderen Mikrofons im Bassbereich sehr dünn ist. Nun klingt aber das ‚bassarmer‘ Mikrofon sehr voll im Bass, während das ‚basslastige‘ Mikrofon dünn klingt. Dies widerspricht dem Frequenzgang der Mikrofone, findet aber seine Erklärung, wenn man den zeitlichen Verlauf der Reaktion der Mikrofone auf ein Schallereignis mit berücksichtigt (der Autor nennt dies „Waterfall Plot“: eine dreidimensionale Grafik, welche sowohl die Frequenzen, deren Amplitude als auch die Zeit mit einbezieht). Aus diesen Grafiken lässt sich dann tatsächlich die Erklärung herauslesen, warum diese Mikrofone so klingen wie sie klingen. Das Fazit des Autors ist: Frequenzgänge geben keinen Aufschluss über den Klang; solchen Aufschluss erhält man nur, wenn man den zeitlichen Verlauf der Frequenzen analysiert.

Auch der Klang von Mikrofon-Vorverstärkern wird massgeblich bestimmt durch das Impulsverhalten des Verstärkers: Wie schnell reagiert er auf Impulse? Was passiert im Verstärker, wenn der Impuls vorbei ist (Nachschwingen der Elektronik)? Etc.

Die Thematik ist dieselbe wie die oben am Beispiel der Mikrofone ausgeführte.

6. Trägheit bei Analog-Band

Bei Analog-Band führt Trägheit zu einer Glättung der Pegelspitzen, was noch nichts zu tun hat mit Bandkompression, sondern einfach damit, dass die Magnetisierung von analogem Band träge ist. Dies geschieht auch unterhalb des Sättigungspunktes von analogem Band und müsste angemessen als ‚Band-Limiting‘ bezeichnet werden.

Dieses durch Band herbeigeführte Limiting bewirkt, dass ein Signal, welches auf Band aufgenommen wurde, bis zu 6 dB lauter klingt als dasselbe Signal digital aufgezeichnet. Denn das digitale System bildet all die ganz kurzen Pegelspitzen eins zu eins ab, während das Analog-Band infolge seiner Trägheit diese Pegelspitzen nicht erfassen kann.

Resultat ist dass das Signal ‚zusammengeschweisst‘ wird – es verliert ein wenig von seinen Ecken und Kanten, wird runder und kompakter.

Dieses Band-Limiting wird meist als sehr musikalisch empfunden, kann aber unerwünscht sein, wenn zum Beispiel ganz perkussives Material möglichst originalgetreu aufgenommen werden soll. In diesem Fall ist wahrscheinlich eine digitale Aufnahme der analogen Speicherung vorzuziehen.

Wodurch entsteht dieses Band-Limiting?

Signale werden auf analogem Band gespeichert, indem das Band magnetisiert wird.

Der Tonkopf liefert ein Magnetfeld, welches mit der Frequenz des anliegenden Signals die Ausrichtung wechselt (die am Aufnahme-Tonkopf anliegende Wechselspannung wird also in ein Magnetfeld umgewandelt, dessen Pole mit der Frequenz der Wechselspannung ihren Ort wechseln).

Dieses Wechselfeld richtet magnetisierbare Teilchen in der Emulsion des Bandes aus, und so wird das Signal in Form von unterschiedlich magnetisch ausgerichteten Bereichen auf dem Band gespeichert.

Ein Tonkopf kann nicht unendlich schnell ein Magnetfeld aufbauen, und die Teilchen brauchen eine Weile, bis sie sich ausrichten. Hierin liegt die Trägheit bei der analogen Signalaufzeichnung auf Band.

Es braucht also eine Weile, bis die magnetisierbaren Teilchen ausgerichtet sind, sie können nicht unendlich schnell (wie es zum Beispiel ein Nadelimpuls verlangt) ausgerichtet werden. Klangliches Resultat: der Nadelimpuls wird abgeschwächt, der Sound wird dichter, runder. Der Effekt entspricht in etwa dem eines Peak Limiter, nur liefert der Peak Limiter meist unerwünschte Artefakte, weil er die Pegelspitzen *bearbeitet*, während das Band ganz einfach ‚taub‘ für schnelle Spitzen ist; zudem bewirkt die Trägheit des Analog-Bandes ein Limiting für alle Lautstärken, nicht nur für Pegelspitzen – der ganze Sound wird abgerundet und verdichtet.

Band-Kompression entsteht hingegen durch *Sättigung* des Bandes. Eine Sättigung tritt dann ein, wenn das Band bereits so stark magnetisiert ist, dass eine Pegelerhöhung des Signals nicht mehr vollumfänglich als stärkeres magnetisches Feld gespeichert werden kann. Der ‚magnetisch gespeicherte Pegel‘ des Signals ist somit schwächer als der effektiv vorliegende Pegel. Dieser Effekt setzt allmählich ein und wird mit zunehmendem Pegel stärker – was Kompression entspricht.

Da Bandkompression bei hohen Frequenzen früher einsetzt als bei tiefen Frequenzen, hohe Frequenzen also proportional stärker komprimiert werden als tiefe, kann der Klang dumpf werden, und bei massiver Bandkompression können sogar Artefakte auftreten, welche dem Pumpen von Kompressoren vergleichbar sind. Auch wird der Klang recht schnell verwaschen. Dazu kommt, dass nahe der Sättigungsgrenze oder oberhalb dieser Grenze das oben beschriebene Band-Limiting stärker erfolgt, also Pegelspitzen noch weniger adaequat aufgezeichnet werden.

Insbesondere ist beim Einsatz von Bandkompression darauf zu achten, dass die Erhöhung des Bandflusses ausschliesslich *unmittelbar vor* den Aufnahme-Tonköpfen stattfindet, und *unmittelbar nach* den Wiedergabe-Tonköpfen korrigiert wird. Ansonsten wird die ganze interne Elektronik der Verstärkereinheiten der Bandmaschine übersteuert, was zu klanglich minderwertigen Resultaten führt (belegter bzw. muffiger Klang, Verzerrungen, Überbetonung einzelner Frequenzen etc.).

Und schliesslich ist auch noch zu beachten, dass Kompander-Systeme (Encode-Decode-Rauschunterdrücker) wie Dolby oder Telcom mit Bandkompression nicht umgehen können, sodass sie zu dumpfe Resultate liefern. Systeme, welche nicht wie das Telcom C4 linear arbeiten, können sogar sehr unangenehm klingendes Pumpen verursachen.

Der Einsatz von Bandkompression und der Einsatz von Encode-Decode-Rauschunterdrücker schliesst sich gegenseitig aus.