

# Resonanzen in analoger Wiedergabe

## Entstehung von Signal und Resonanzen:

Die Grundlage analoger Musikwiedergabe ist die Abtastung durch die Nadel in der Rille der Schallplatte - also ein direkter, mechanischer Kontakt - der Schwingungen erzeugt. Diese Schwingungen werden im Tonabnehmer in elektrische Energie umgewandelt und in dieser Form als analoges Signal durch die Verdrahtung des Tonarms in die Anlage weitergeleitet.

Hier unterscheidet sich die analoge Quelle von der digitalen Quelle. Sowohl das Ablesen der CD durch einen Laser, als auch die Wiedergabe von Files findet ohne physischen Kontakt und damit auch ohne mechanische Schwingungen statt. Die Musik wird als digitales Signal mit innenliegender, codierter Information weitergeleitet. Erst im D/A Wandler wird die Information in ein analoges Signal umgewandelt, aber in diesem Fall ohne eine analoge, mechanische Abtastung als Ursprung des Signals.

Was also passiert genau bei der Abtastung einer Schallplatte? Auf der einen Seite wird das Signal erzeugt, das als Musik hörbar wird. Auf der anderen Seite erzeugt jede Schwingungsenergie auch Resonanzen.

Wenn man den Plattenspieler (inklusive Tonarm) mit einem Musikinstrument vergleicht, dann wird das leichter verständlich. Eine Gitarre beispielsweise ist als Resonanzkörper aufgebaut; die Resonanzen, die begleitend beim Zupfen einer Saite entstehen, werden mit eingebunden und sind Teil der Musik. Ein Gitarrenbauer benutzt aus diesen Gründen bestimmte Hölzer und Formen, um bestimmte Resonanzen zu erzeugen und zu unterstützen.

Ein Plattenspieler ist im Prinzip ebenso ein potentieller Resonanzkörper, auch hier werden Schwingungen erzeugt und damit einhergehende Resonanzen, dies lässt sich nicht völlig vermeiden. Im Unterschied zu einem Musikinstrument sind diese begleitenden Resonanzen im Plattenspieler nicht erwünscht, da sie das Klangbild verfremden und einfärben und eine möglichst neutrale Musikwiedergabe verhindern.

Somit steht jeder Hersteller von Plattenspielern, Tonarmen und Tonabnehmersystemen vor der Herausforderung, die Schwingungsenergie der Abtastung möglichst unverfälscht weiterzuleiten aber gleichzeitig die störenden Resonanzen zu unterdrücken.

## Materialien:

Ein wichtiger Aspekt im Umgang mit analoger Abtastung und Resonanzen ist die Wahl der Materialien aus denen die analoge Kette gebaut ist.

Unterschiedliche Materialien haben aufgrund ihrer Dichte und Mikrostruktur unterschiedliche musikalische Qualitäten und reagieren unterschiedlich auf Resonanzen. Grundsätzlich kann man sagen, je härter das Material, desto schallschneller ist es auch.

Holz beispielsweise ist ein weicher Stoff mit einer faserigen Struktur. Ist es hohl, eignet es sich hervorragend als Resonanzkörper, aber das ist hier natürlich unerwünscht. Massives

Holz hingegen, aufgrund seiner Weichheit langsam, verschluckt Resonanzen, dämpft aber gleichzeitig auch die Schwingungen die das musikalische Signal erzeugen. Unterschiedliche Hölzer können sehr verschiedene Dichte und Zellstruktur aufweisen, damit hat Holz einen sehr vielfältigen Einfluss auf den Klang und kann als Teil eines Plattenspielers oder Tonarms in gewisser Weise nicht neutral reagieren sondern wird bestimmte Resonanzen dämpfen und andere unterstützen.

Kunststoff hat ähnliche Qualitäten wie Holz, auch hier haben wir ein weiches Material das sowohl Resonanzen wie auch das musikalische Signal dämpft. Die Mikrostruktur von Kunststoff ist unregelmäßig, typischerweise absorbieren Kunststoffe nicht gleichmäßig, sondern bestimmte Resonanzen mehr als andere und wirken sich so auf das Klangbild aus. Resonanzen und Schwingungsenergie werden in Kunststoffen durch die innere Dämpfung in Wärme umgesetzt.

Eine große Gruppe verschiedener Materialien finden wir bei den Metallen. Grundsätzlich haben Metalle eine sehr regelmäßige und geordnete Mikrostruktur und eignen sich dadurch hervorragend zum Weiterleiten von Schwingungen und Resonanzen. Einige Metalle wie z.B. Edelstahl sind sehr fest und damit auch sehr schallschnell, allerdings haben sie wenig bis keine innere Dämpfung und können so Resonanzen verstärken und akustisch „mitsingen“; Resonanzen können aufgrund der hohen Schallleitgeschwindigkeit von Metallen ungehindert hin- und herschwingen. Dabei kommt es durch gewisse Gefügeeigenschaften zu ausgeprägten inneren Resonanzen, die jedem Metall eine charakteristische Färbung geben. Das gebräuchlichste Metall für Plattenspieler ist Aluminium, und das aus gutem Grund. Aluminium ist eines der weniger dichten und damit auch weniger schweren Metalle und hat ausgeglichene akustische Eigenschaften, keine Gefügeresonanzen im Hörbereich und eine gewisse innere Dämpfung.

### **Verbindungen von Materialien:**

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Verbindung unterschiedlicher Komponenten und verschiedener Materialien. Ein Plattenspieler oder Tonarm besteht naturgemäß aus einer Vielzahl verschiedener Teile, die zusammengefügt werden. Nun kann man verschiedene Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften kombinieren, z.B. kann man ein schnell leitendes Material wie Edelstahl oder Bronze mit einem langsamen, absorbierenden Material wie Kunststoff kombinieren. In diesem Fall würden Resonanzen durch den Edelstahl auf den Kunststoff geleitet und dann vom Kunststoff absorbiert werden. Solch eine Kombination kann sehr resonanzarm sein, hier wird jedoch absorbierte Energie in Wärme umgewandelt, also "verbraucht" und steht somit nicht mehr dem Prozess der Umwandlung von Abtastschwingung in elektrische Energie zur Verfügung. Das Resultat ist ein gedämpfter, undynamischer Klang.

Die Art wie Teile verbunden sind macht ebenfalls einen Unterschied. Sind zwei Teile nur lose miteinander verbunden, bricht sich ebenfalls Energie, auch hier wird entstehende Mikroschwingung durch Reibung in Wärme umgewandelt. Eine feste Verbindung zwischen zwei Teilen ermöglicht dagegen eine Weiterleitung von Schwingungen.

## Was passiert jetzt mit den Schwingungen und den Resonanzen?

Saubere Abtastung einer Schallplatte entsteht durch einen Tonabnehmer, der möglichst ruhig in der Rille läuft, nur die Nadel und der Nadelträger werden durch die Informationen in der Rille in Schwingung versetzt. Diese Schwingung wird von der Schwingspule in elektrische Energie umgesetzt, der Gummidämpfer soll dabei bedämpfend wirken und Resonanzen und Überschwängern entgegen treten. Dieser Prozess sollte natürlich möglichst ungestört und neutral ablaufen, was aber aus bereits beschriebenen Gründen nie ganz klappt. Im Fall eines korrekt eingestellten Tonarms und Tonabnehmersystems sind die Hauptquelle für Verfälschungen die simultan entstehenden Resonanzen. Da ein Tonarm nicht so massiv gebaut werden kann, wie ein Plattenspieler, können sich hier wesentlich leichter Resonanzen aufschwingen. In Folge würden sie rückwärts durch die Headshell auf das Tonabnehmersystem einwirken. Die Abtastung könnte nicht mehr ruhig verlaufen und die Resonanzen würden sich störend in das Klangbild einmischen.

Ein möglicher Weg dies zu verhindern ist das Absorbieren und Brechen der Resonanzen. Wie oben beschrieben wäre das durch die Wahl von weichen und absorbierenden Materialien möglich, z.B. durch ein Tonarmrohr aus Kunststoff oder durch (relativ) lose Verbindungen zwischen Armrohr und Headshell (so z.B. bei abnehmbaren Headshells). Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass Resonanzenergie die Headshell nicht gut verlassen kann und im Rohr verbleibende Energie in Wärme umgewandelt würde. Auch kann kein Material so vollständig "absorbieren", dass nicht resonante Energie zurückwirkt und die Abtastung zusätzlich stört.

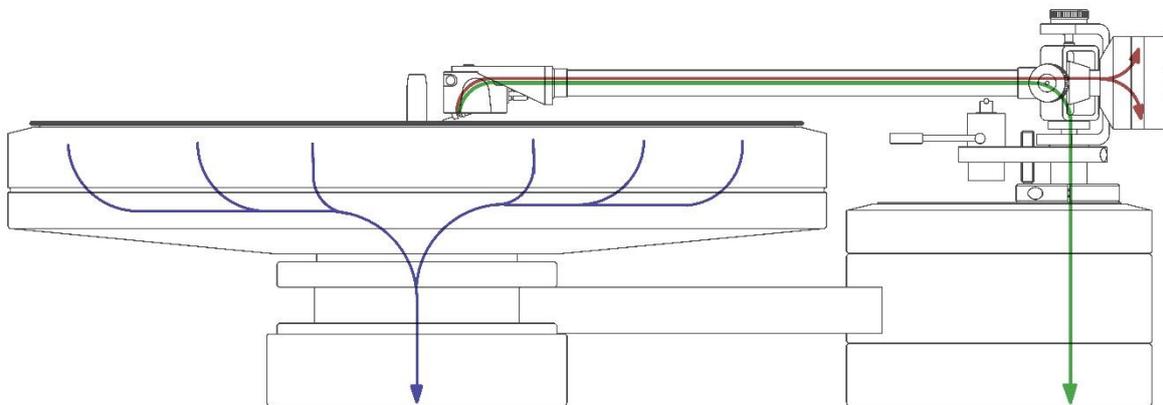
Der andere mögliche Weg ist die Ableitung der Resonanzen. Geschieht dies schnell und ungehindert, dann ist es der einfachste Weg ein Aufschwingen im Bereich des Tonarms und damit eine Rückwärtswirkung auf den Abtastvorgang zu verhindern. Dabei wird Schwingungsenergie in Richtung Lager übertragen und mit Hilfe einer geeigneten Lagerkonstruktion sicher gen Chassis entsendet. Hat die resonante Schwingungsenergie den filigranen Tonarm erst einmal verlassen, kann sie im stabilen Chassis oder in der Stellfläche darunter relativ leicht abgebaut werden. Eine Rückwirkung auf die Abtastung ist dann wirkungsvoll verhindert.

Tonarmlager sollen möglichst reibungsfrei arbeiten und dabei den Tonarm so sicher halten, dass sich das Tonarmrohr nicht zu Eigenschwingung anregen lässt. Dazu werden vorgespannte Kugellager oder durch Eigenlast gespannte Einpunktlager verwendet. In allen Fällen muss sich Resonanzenergie durch kleine punktförmige Kontaktzonen bewegen. Beim Einpunktlager soll das mit nur einem Punkt-Kontakt möglich sein. Der Tonarm, der diesen Lagerpunkt "belastet" muss dann so schwer sein, dass die Spitzen aller Schwingungsenergie den Arm nicht aus dem Lager heben können, also keine Mikroschwingung sich im Lager aufbauen kann. Dazu braucht es typischerweise mehr Masse als bei vorgespannten Kugellagern, der Einpunkter muss also schwerer sein, was sich z.B. auf die Tiefenresonanz der Arm-System-Kombination auswirkt.

## Wie ist das in unseren Plattenspielern und Tonarmen umgesetzt?

Die erste wichtige Frage ist die Wahl des richtigen Materials. Sowohl unsere Plattenspieler als auch unsere Tonarme bestehen hauptsächlich aus eloxiertem Aluminium. Wir haben das Mischen von verschiedenen Materialien bewusst nur sehr gezielt eingesetzt, da wir die Ableitung der störenden Resonanzen sinnvoller finden als das Brechen oder Absorbieren. Rohes Aluminium ist relativ weich und nimmt somit Resonanzen gut auf und kann sie aufgrund der geordneten Mikrostruktur sehr gleichmäßig verteilen und weiterleiten. Wenn man die Oberfläche eloxiert, dann entsteht eine extrem harte Schicht, ähnlich dicht wie Diamant, die das Aluminium unempfindlich macht und gleichzeitig sehr schallschnell ist. Damit hat man eine sehr schnelle Weiterleitung von Schwingungen und Resonanzen und gleichzeitig eine gewisse und gewollte Dämpfung. Diese kombinierten Eigenschaften findet man so ausgeglichen in keinem anderen Material vor.

Der größere Teil der Resonanzen läuft durch den Tonarm. Um hier ein Aufschwingen zu verhindern und die Resonanzen gut abzuleiten, sind Headshell und Tonarmrohr fest verbunden. Beide Teile sind aus eloxiertem Aluminium, wobei das Tonarmrohr mit einem speziellen Eloxal behandelt ist, die Oberfläche ist noch härter als bei normalem Eloxal. Dadurch können Resonanzen auf der Oberfläche mit hoher Geschwindigkeit abgeleitet werden während das Innere des Rohres weich ist und einen Teil der Resonanzen so absorbieren kann. Dies ermöglicht eine sanfte Dämpfung ohne dass sich die Energie rückwärts auf den Tonabnehmer auswirkt.



Der andere Teil der Resonanzen, die in der Platte beim Abtasten entstehen, wird vom Plattenteller aufgenommen und durch die Achse ins Chassis abgegeben. Hier ist es wichtig dass das Material des Tellers weder dämpft noch mitschwingt. Eine Dämpfung würde sich auch in der Musik als Verlust von Dynamik bemerkbar machen, ein mitschwingender Teller würde die Abtastung beeinflussen und in der Musik als Verfärbung hörbar werden. Alle unsere Plattenspieler haben eine Auflage aus geschliffenem Kristallglas. Glas hat eine amorphe, verhältnismässig feste Mikrostruktur. Resonanzen werden erst gleichmäßig im Glas verteilt und flächig statt nur punktuell im Bereich der Abtastung nach unten an den massiven Plattenteller abgegeben. Unsere Plattenteller sind aus einer speziellen Aluminiumlegierung gefertigt, die verhindert dass Resonanzen hin- und herschwingen,

sondern stattdessen weiter über die Achse zum Tellerlager geleitet werden. Dort werden sie über das Chassis in die Stellfläche abgegeben.

Das Chassis ist auch der Teil des Plattenspielers in dem beide Resonanzwege - der durch den Tonarm und der durch den Teller - zusammenlaufen. Hier ist es wichtig, beiden Resonanzwegen eine separate Ableitung zu bieten, damit sie sich nicht gegenseitig beeinflussen. Die Energie vom Tonarm ist stärker, schneller und kritischer für den Abtastvorgang, also liegt hier das Hauptaugenmerk. Diese Resonanzen werden über einen gehärteten Stahlspike im Balance oder beim Bardo und Oasis über einen Fuß aus Aluminium abgeleitet, dies sorgt für einen möglichst schnellen Resonanzweg und eine direkte, ungehinderte Ableitung. Die Resonanzen aus dem Teller wiederum werden schon in der Tellermasse und im Chassis "geglättet" und durch zwei Spikes mit Kupfereinsätzen im Balance oder beim Bardo und Oasis via zweier Füße mit Kunststoffeinsatz in die Stellfläche abgegeben. Die Kupfereinsätze sorgen für eine sanfte Ableitung der ohnehin schon "beruhigten" Energie. Die Füße beim Bardo und Oasis sind mit einem resonanzoptimierten Kunststoff ausgestattet der speziell hierfür entwickelt wurde um gleichmäßig und breitbandig zu absorbieren. In beiden Fällen wird das Zusammenlaufen der Energie vom Teller mit der Energie vom Tonarm verhindert und die Resonanzwege können weitestgehend getrennt und damit ungestört verlaufen.