

# Gedanken zur Audioqualität im Homerecording Studio

## Teil 2: Raumakustik

Roland Enders

© 2007

Ich habe eine Menge Arbeit und Zeit in diese Tutorials investiert und verlange kein Geld dafür. Wenn Sie sich trotzdem gerne revanchieren wollen und gute Rock-Musik lieben, dann könnten Sie unser Projekt unterstützen und die Doppel-CD

### The Bearded – Hope|Omid

kaufen. Viele deutsche und internationale Bands und Künstler liefern auf diesem Sampler ein breites Spektrum sehr guter Rockmusik, angefangen von Progressive Rock über symphonischen Rock, Alternative Rock, Indy-Rock, Pop, Jazzrock bis hin zu Folkrock. Die Spieldauer beträgt rund 2:30 Stunden. Dazu gibt es noch eine kostenlose Zugabe mit einer weiteren Stunde erstklassiger Musik als Download. Das Paket umfasst also rund dreieinhalb Stunden Spielzeit und kostet unglaubliche 16 Euro (zzgl. Versandkosten). Auf unserer Website: [www.thebeardedproject.de](http://www.thebeardedproject.de) finden Sie Rezensionen und Hörproben und können Ihre Bestellung aufgeben.

Der Verkaufserlös kommt in voller Höhe der [Kinderhilfe Afghanistan](#) zugute, einer privaten Hilfsorganisation, die in Dörfern in Afghanistan und dem pakistanischen Grenzgebiet so genannte Friedens-Schulen baut und ausstattet, und damit nebenbei Einheimischen als Handwerker, Lehrerinnen und Lehrer, Hausmeister und in anderen Berufen eine neue Existenz bietet. Mittlerweile haben zehntausende Kinder diese Schulen besucht. Spenden an die Kinderhilfe Afghanistan versickern weder in ineffizienten Verwaltungsapparaten noch laufen sie durch die Hände korrupter Politiker, die sich daran bereichern könnten, sondern das Geld geht direkt in die dortigen Schulen. Und es ist sehr effektiv angelegt.

Danke.

## Inhalt

<b>Raumakustik .....</b>	<b>3</b>
<b>Anforderungen an Aufnahme und Wiedergabe.....</b>	<b>3</b>
„Eigenklang“ .....	3
Hintergrundgeräusche .....	3
<b>Raum-Moden.....</b>	<b>4</b>
<b>Reflektionen .....</b>	<b>7</b>
Frühe Reflektionen.....	7
Hall .....	7
Flutterechos .....	9
<b>Einflussmöglichkeiten .....</b>	<b>10</b>
Wahl des Raums.....	13
Einrichtung des Raums.....	14
Dauerhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik .....	14
<b>Raumakustik – Zusammenfassung .....</b>	<b>17</b>

### Raumakustik

Die akustischen Eigenschaften des Raums, in dem aufgenommen, gemixt und gemastert wird, haben einen sehr großen, wenn nicht den größten Einfluss auf den Klang.

### Anforderungen an Aufnahme und Wiedergabe

Aus dem oben Gesagten erkennen wir schon eine besondere Schwierigkeit bei der Gestaltung des Homerecording-Studios: wir müssen in aller Regel denselben Raum für Mikrofonaufnahmen und zum Mixen und Mastern verwenden. Das Ideal einer Trennung von Recording- und Regieraum lässt sich nur in den seltensten Fällen verwirklichen.

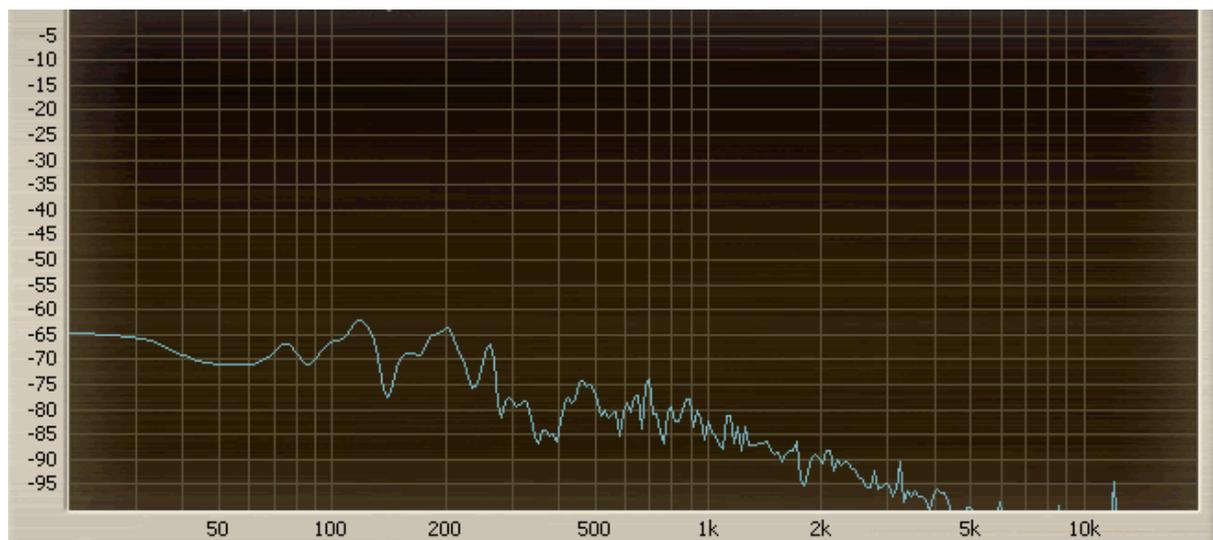
In professionellen Studios wird die Akustik des Aufnahme Raums meist anders gestaltet als die des Regieraums. Vielfach lässt sie sich sogar durch Stellwände oder Nischen mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften den jeweiligen Recording-Bedingungen anpassen. Schlagzeugaufnahmen finden heute meist in ungedämpften, „harten“ Räumen mit hohem Reflexionsanteil statt. Bei Gesang bevorzugt man eine weichere Akustik usw. Der Regieraum sollte hingegen weitgehend neutral klingen und geringe Reflexionen erzeugen. Wir müssen im Homerecording-Studio meist einen Kompromiss erzielen, und der bedeutet, dass unser Raum möglichst wenig Eigenklang (im Sinne klanglicher Verfärbungen) und möglichst geringe Reflexionsanteile haben sollte.

### „Eigenklang“

Natürlich klingt ein Raum nicht selbst, aber im Gegensatz zum sogenannten Freifeld (also draußen in freier Natur) reflektiert er den Schall an seinen Wänden und den größeren Einrichtungsgegenständen, dämpft ihn aber auch teilweise. Das Verhalten ist zudem frequenzabhängig. Dadurch wird der *Raumschall* (also der von Wänden und Gegenständen reflektierte Schall) gegenüber dem *Direktschall* (dem von der Schallquelle direkt ans Ohr oder Mikrofon gelangende Schall) sehr deutlich in Frequenzzusammensetzung und Phasenlage sowie im zeitlichen Verlauf verzerrt. Was wir letztendlich aufnehmen und hören, ist eine Mischung aus Direktschall und Raumschall. Die Färbung ist umso geringer, je kleiner der Raumanteil am Gesamtschallpegel ist.

### Hintergrundgeräusche

Neben dem Eigenklang des Raums gibt es noch ein anderes Problem. Kein Raum ist absolut still. Durch Wände und geschlossene Fenster dringen gedämpfter Lärm vom Straßenverkehr und andere Umgebungsgeräusche ein. Professionelle Studios sind meist in ruhiger Umgebung gebaut und durch dicke Wände und andere Maßnahmen schallgedämmt. Im Homerecording-Studio sind solche Maßnahmen in der Regel nicht möglich. Wir müssen also mit Außengeräuschen leben. Aber auch *im* Studio gibt es Störschallquellen. Die größte ist oftmals der PC, der als DAW (Digital Audio Workstation) die meisten der Studiokomponenten umfasst. In ihm rauschen die Lüfter des Netzteils, der CPU, der Grafikkarte, des Mainboards und vielleicht noch einige Gehäuselüfter, und dazu klackern und sirren Festplatten. Aufgenommen über ein zwei Meter vom Computer entferntes Mikrofon und in einem Spektrumanalyzer betrachtet, sieht das in etwa so aus:



**Abbildung 1:** Lüftergeräusch eines PCs im Aufnahmerraum

Sie erkennen, dass bei normaler Aussteuerung des Mikros Störpegel von bis zu  $-60$  dB erreicht werden. Wenn wir bedenken, dass wir für die Aufnahme einen gewissen Headroom von vielleicht  $10$  dB zur Vermeidung von Clipping-Verzerrungen einhalten sollten, bedeutet das, dass wir im dargestellten Fall einen Signal-Rauschabstand von bestenfalls  $50$  dB haben! Dies sollten Sie bedenken, wenn im technischen Datenblatt eines Hi-End-Geräts ein Signal-Rauschabstand von  $100$  dB und mehr genannt wird. Das Eigenrauschen von Mikrofonen, Mischpulten und Verstärkern ist gegen die Geräuschkulisse eines lauten PCs vernachlässigbar!

Im Profi-Studio ist der Rechner meist aus Aufnahmerraum und Regieraum verbannt oder aufwändig schallgedämmt. Uns bleibt diese Möglichkeit oft nicht. Deshalb sollten Sie darauf achten, dass Ihr Rechner von vornherein möglichst leise ist. Das bedeutet: Großzügig dimensionierte Kühler mit langsam drehenden Lüftern, passive Kühlung von Grafikkarte und Chipsatz auf dem Mainboard, leise Festplatten usw.

### **Raum-Moden**

Wenn man betrachtet, wie sich Schallwellen aus dem gesamten hörbaren Spektrum in einem Raum verhalten, stellt man Folgendes fest:

Im tiefen Frequenzbereich werden bestimmte Schallwellen „gefangen“, können sich nicht ausbreiten, bilden sogenannte *Raumresonanzen*, auch *Eigenschwingungen*, *stehende Wellen* oder *Raum-Moden* genannt. Im höheren Frequenzbereich bewegen sich die Schallwellen hingegen recht frei durch den Raum, werden an den Wänden und Gegenständen reflektiert, gestreut, ja sogar an manchen um die Ecke gebeugt.

Eigentlich bilden sich stehende Wellen in allen Frequenzbereichen, jedoch sind sie im unteren Bereich diskret, also scharf voneinander getrennt und deutlich hörbar, während sie mit steigender Frequenz immer dichter werden, ein quasikontinuierliches Spektrum bilden und durch vielfältige Überlagerungen (Hall) verschmiert werden, sodass sie nicht mehr einzeln wahrnehmbar sind. Diese hohen Moden spielen daher für die Verzerrung des Frequenzgangs durch den Raum keine Rolle. Der Übergang zwischen den tiefen (diskreten) Moden und dem kontinuierlichen Spektrum höherer Frequenzen ist nicht scharf, liegt jedoch umso tiefer, je größer der Raum ist.

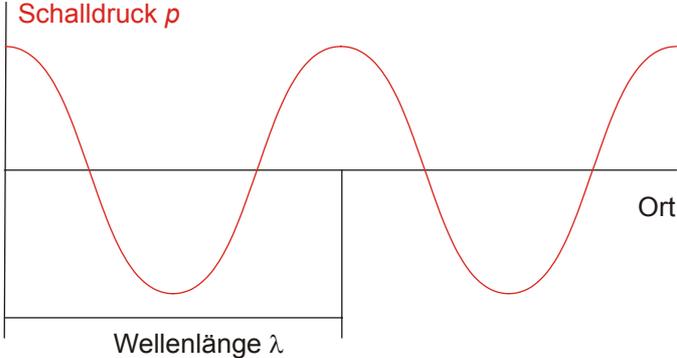
Betrachten wir zuerst die tiefen, gefangenen Frequenzen, die deutlich hörbaren Raum-Moden. Schall, der eine solche Frequenz besitzt wird an einigen Stellen im Raum merklich lauter empfunden als Schall, dessen Frequenz nicht mit einer Raum-Mode übereinstimmt. Wie kommen diese Eigenschwingungen zustande?

Bei der Schallausbreitung schwingen Luftmoleküle mit der Schallfrequenz hin und her, dadurch kommt es zu Verdichtungen und Verdünnungen, was einer schnellen aber sehr gering-

fügigen Änderung des Luftdrucks entspricht. Diese winzige Schwankung um den mittleren (statischen) Luftdruck wird als *Schalldruck* bezeichnet. Die Verdichtungen und Verdünnungen breiten sich als Wellen mit Schallgeschwindigkeit (ca. 344 m/s) nach allen Seiten aus. Wenn wir eine solche Welle in der Zeit einfrieren, also einen bestimmten Moment betrachten, haben wir entlang der Ausbreitungsrichtung eine Verteilung des Schalldrucks, die periodisch zwischen folgenden Werten schwankt: Maximum - null - Minimum - null - Maximum - null - Minimum - null usw. mit kontinuierlichen Zwischenwerten. So etwas kann man durch eine *Sinuskurve* darstellen (Abbildung 2).

Man bezeichnet die Stellen, an denen der Schalldruck gleich null ist, als *Knoten*.

Nach einer vollständigen Welle wiederholt sich das Aussehen der Kurve. Die *Wellenlänge* ist der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maxima oder Minima. Die Knoten, Maxima und Minima pflanzen sich mit Schallgeschwindigkeit durch die Luft fort.

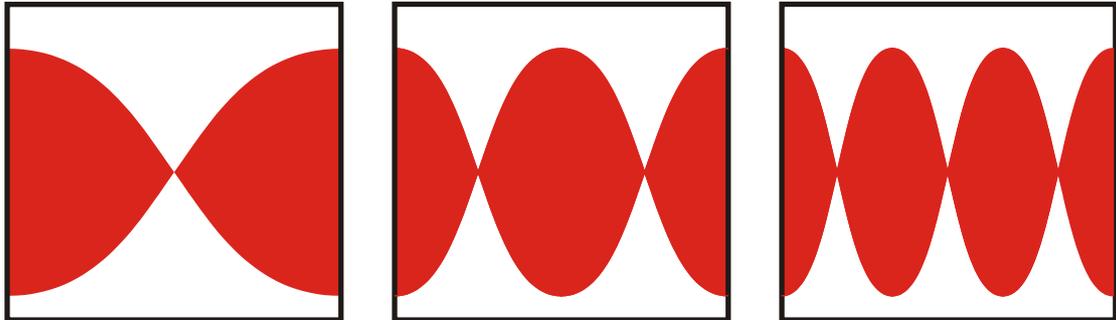


**Abbildung 2:** Schalldruck

Nun betrachten wir einen quaderförmigen Raum, und darin zunächst eine Dimension: seine Länge. Längs dieser Richtung breite sich eine Schallwelle aus, deren *halbe Wellenlänge* gerade der Raumlänge entspricht. Dort, wo die Welle auf eine Wand trifft, werden die Luftmoleküle in ihrer Bewegung gestaut, sie können nicht mehr ausweichen und werden zusammengepresst. Dasselbe geschieht an der gegenüberliegenden Wand, wenn die Luftmoleküle in die andere Richtung schwingen. Genau in der Mitte des Raums schwingen sie dagegen im Gleichtakt hin und her, behalten ihren Abstand bei, werden also weder zusammengepresst noch verdünnt. Der Druck entspricht an dieser Stelle dem statischen Luftdruck. Dort liegt also ein *Schalldruckknoten*, der sich nicht bewegt.

Diese halbe Welle ist quasi zwischen den Wänden eingeschlossen und pflanzt sich nicht mehr fort. Man spricht von einer *stehenden Welle*.

Betrachten wir nun die *Schalldruckverhältnisse* über die gesamte Raumlänge, so stellen wir fest, dass sich der Schalldruck an den Wänden am stärksten ändert (zwischen seinem Maximum und seinem Minimum), dort also einen *Schwingungsbauch* besitzt, und in der Raummitte gleich null ist, dort also einen *Knoten* hat (Abbildung 3 links). Können Sie sich jetzt vorstellen, was passiert, wenn Sie in diesem Raum umhergehen? Sie werden den Ton in der Mitte praktisch nicht hören, aber je näher Sie auf die Wand zu gehen, desto lauter wird er.



**Abbildung 3:** axiale Raum-Moden bei  $L = \lambda/2$  (links)  $L = \lambda$  (Mitte) und  $L = 3/2 \lambda$  (rechts)

Etwas Ähnliches passiert mit Wellen, deren halbe Wellenlänge zweimal (Abbildung 3 Mitte), dreimal (Abbildung 3 rechts) oder öfter in die Raumdimension passt. Auch sie werden zwischen den Wänden eingeschlossen. Allerdings gibt es jetzt mehrere Druckbäuche und -knoten, sodass diese Raumresonanzen an mehreren Stellen im Raum (nicht nur an den Wänden) lauter zu hören sind.

Doch nicht nur zwischen den Querwänden, auch zwischen den Längswänden des Raums und zwischen Boden und Decke bilden sich stehende Wellen aus. Solche *axialen* Moden entstehen also in den drei Hauptachsen Länge, Breite und Höhe. Besonders auffällig sind sie, wenn sie zufällig miteinander übereinstimmen, wenn Raumlänge, Breite und Höhe also in ganz- oder halbzahligen Verhältnissen zueinander stehen. Der Raum wirkt auf Schwingungen mit passenden Wellenlängen wie der Resonanzkörper eines Musikinstruments. Er verstärkt sie. Eine Erhöhung des Schalldruckpegels von 10 dB entspricht dabei einer Verdopplung der Lautheit. Es ist keine Seltenheit, dass eine Raumresonanz um 30 dB (also achtmal!) lauter ist als andere, nicht auf den Raum abgestimmte Frequenzen! Töne, die in einer Eigenresonanz des Raums schwingen, werden aber nicht nur lauter empfunden, sondern klingen auch länger nach, weil sie schwächer gedämpft werden als andere Töne.

Doch das ist noch nicht alles: Neben den *axialen* (auch *longitudinal* genannten) Moden, die längs der drei Raumachsen schwingen, gibt es noch *tangentiale* und *diagonale* (auch *oblique* genannte) Moden, bei denen sich Raumresonanzen über Eck längs der vier angrenzenden Wände oder sogar schräg über alle sechs Flächen des Raums bilden. Sie sind zwar schwächer als die axialen Moden, können diese aber verstärken, wenn sie auf gleichen oder ähnlichen Frequenzen schwingen. Der Frequenzgang eines Raums ist im Tieftonbereich also sehr wellig. So kann ein einzelner Ton eines E-Basses laut und dröhnend empfunden werden, während er einen Halbton höher oder tiefer wieder leiser klingt.

Die Raumresonanzen hängen stark von den Raumdimensionen und Verhältnissen von Länge, Breite und Höhe ab. Axiale Moden lassen sich sogar recht leicht berechnen. Obwohl die Formeln sehr einfach sind, möchte ich Sie Ihnen hier ersparen und gleich ein Beispiel angeben:

Wertetabelle für die axialen Moden zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden, die 6,88 m von einander entfernt sind:

$\lambda$	13,76 m	6,88 m	4,59 m	3,44 m	2,75 m	2,29 m	...
$f$	25 Hz	50 Hz	75 Hz	100 Hz	125 Hz	150 Hz	...

Die tangentialen und diagonalen Moden sind komplizierter zu ermitteln. Doch zum Glück gibt es im Internet diverse Modenberechnungsseiten. Eine davon finden Sie hier:

<http://www.hunecke.de/german/rechenservice/>

In einem sehr großen Raum wie etwa in einem Konzertsaal liegen die meisten Eigenresonanzen sehr tief, meist unterhalb der Hörschwelle, und stören daher kaum. Je kleiner der Raum, desto mehr geraten sie in den musikalisch wichtigen Bereich des Tieftonspektrums.

Wenn Sie die akustischen Eigenschaften Ihres Raums kennen, dann haben Sie mehrere Vorteile: Zum einen können Sie versuchen, die Raum-Moden durch geeignete Maßnahmen zu dämpfen, zum anderen können Sie bei der Aufnahme eine Mikrofonposition suchen, die durch die Raum-Moden möglichst nicht beeinflusst wird, und zum dritten können Sie auch Ihre Abhörmonitore so positionieren, dass die Moden am wenigsten stören. Aber auch dann, wenn Sie nur begrenzte Einflussmöglichkeiten haben, kann Ihnen das Wissen um die Moden nützlich sein. Sie wissen etwa, dass bestimmte Überhöhungen im Frequenzbereich durch den Raum bedingt sind, und werden diese dann nicht im Mix oder beim Mastern auszufiltern versuchen, denn in einem anderen Raum müssen diese Frequenzen ja nicht überhöht sein.

**Reflektionen**

Betrachten wir nun die Ausbreitung der Wellen, die nicht mit dem Raum in Resonanz geraten. Sie werden an den Wänden einmal oder vielfach reflektiert. Neben dem Direktschall gelangen auch diese Reflexionen ins Mikro oder ins Ohr. Man kann sie grob einteilen in *frühe Reflexionen* und *Nachhall*.

**Frühe Reflexionen**

Das sind Schallwellen, die nur einmal oder wenige Male von den Wänden reflektiert werden, bevor sie aufgenommen oder gehört werden. Sie treffen einige Millisekunden nach dem Direktschall am Mikrofon oder Ohr ein.

Frühe Reflexionen sind sehr wichtig für den räumlichen Eindruck. Bei der Aufnahme können sie positive wie negative Effekte auslösen: In einem perfekten Aufnahmeraum erzeugen gut gestaffelte und aus möglichst allen Richtungen kommende frühe Reflexionen einen frischen, räumlichen Klang. Frühe Reflexionen, die sehr kurz hinter dem Direktschall eintreffen, führen allerdings durch Phasenverschiebung gegenüber dem Direktschall zu Frequenzauslöschungen, dem so genannten *Kammfiltereffekt*, und verfärben dadurch stark. Solche Kammfiltereffekte treten vor allem auf, wenn sich in der Nähe des Mikrofons eine den Schall reflektierende Fläche befindet. Auch beim Mixen und Mastern können sie störend sein, wenn die Boxen zu nahe an einer reflektierenden Fläche (Raumecke, Wand, Mixeroberfläche, Schreibtischplatte usw.) stehen.

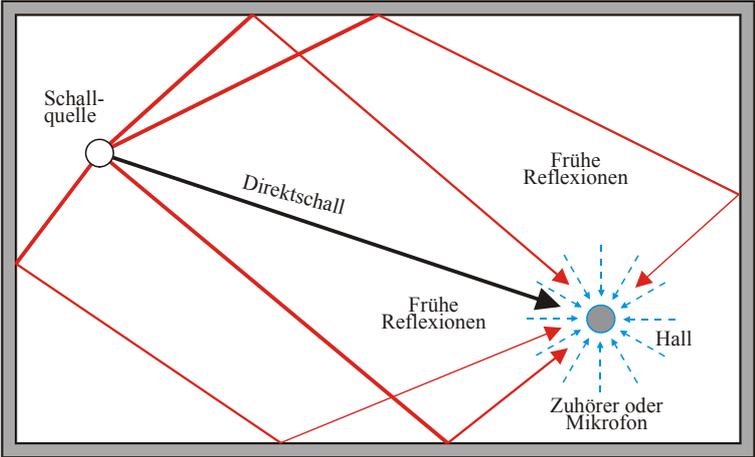


Abbildung 4: Direktschall, frühe Reflexionen und Hall

**Hall**

Schallwellen, die erst nach vielen Reflexionen das Ohr oder Mikro erreichen, sind nicht mehr getrennt wahrnehmbar. Sie bilden eine mehr oder weniger schnell abklingende Hallwolke.

**Nachhallzeit**

Die Nachhallzeit (oder kurz: Hallzeit) ist die Zeit, bis der der Schalldruckpegel nach Beendigung des Direktschalls um  $-60\text{ dB}$  abgesunken ist. Große Konzertsäle, Kirchen und Kathedralen haben Nachhallzeiten von 2 bis 5 Sekunden, in Studio-Aufnahmerräumen liegt die Nachhallzeit meist unter einer Sekunde. In der Abhör-situation (also beim Mixen und Mastern) sollte sie noch deutlich geringer sein, denn jeder Nachhall des Studioraums erschwert die Beurteilung der Räumlichkeit der Aufnahme.

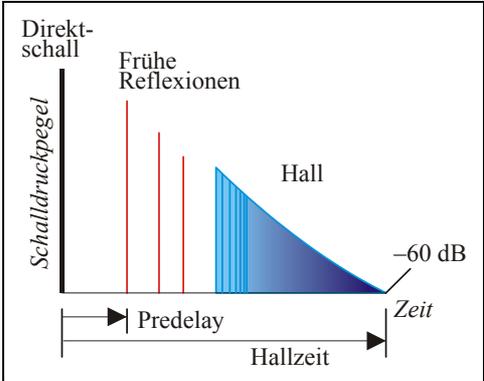


Abbildung 5: Nachhallzeit

## Hallabstand, Hallradius

Befindet sich das Mikrofon sehr nahe an der Schallquelle, so nimmt es mehr Direktschall als Raumschall auf, bei größerer Entfernung kann es umgekehrt sein. Bei einer bestimmten, vom Raum und anderen Faktoren abhängigen Entfernung sind Direktschall und Raumschall gleich laut. Diese Entfernung bezeichnet man als *Hallabstand*. Bei einer Schallquelle, die den Schall bündelt (wie etwa eine Trompete) ist der Hallabstand von der Richtung abhängig. Bei einer Schallquelle, die gleichmäßig in alle Richtungen abstrahlt, ist der Hallabstand in jeder Richtung gleich. Man spricht dann vom *Hallradius*.

Wenn Sie negativ wirkende akustische Einflüsse des Raums vermindern wollen, müssen Sie entweder nahe an die Schallquelle heran oder dafür sorgen, dass der Direktschall gebündelt wird. Dies gilt sowohl für das Aufnehmen wie für das Abhören. Bei der Aufnahme reduziert man den Raumschall durch relativ kurzen Aufnahmeabstand und eine bündelnde Richtcharakteristik des verwendeten Mikros. In der Abhörsituation benutzt man im Homerecording-Studio Nahfeldmonitore und hält einen Hörabstand von 0,8 bis 1,50 m ein.

## Frequenzdämpfung

Trifft Schall auf eine Wand, so wird er nicht vollständig reflektiert. Ein Teil tritt durch die Wand hindurch und verlässt den Raum, ein anderer Teil wird vom Wandmaterial geschluckt, wobei seine Energie in Wärme umgewandelt wird. Der nicht reflektierte Anteil der Schallenergie wird also dem Raum entzogen – er wird absorbiert. Dieser Anteil kann durch den *Absorptionsgrad*, der reflektierte Anteil durch den *Reflexionsgrad* beschrieben werden. Beispiel: Wird an einer Wand 80 % der Schallenergie reflektiert und 20 % absorbiert, so beträgt der Reflexionsgrad 0,8 und der Absorptionsgrad 0,2. Beide ergänzen sich zu 1,0.

Allerdings sind diese beiden Werte nicht nur abhängig vom Material, sondern auch von der Schallfrequenz. Einige Beispiele für den Absorptionsgrad (nach [www.sengpielaudio.com](http://www.sengpielaudio.com)):

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Ziegelstein	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Grob-Beton - rau	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Beton - gestrichen	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Vorhang: 340 g/m <sup>2</sup> Stoff	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35
Vorhang: 610 g/m <sup>2</sup> Stoff	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65
Schaumstoff	0,06	0,25	0,56	0,81	0,90	0,91
Fenster	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
Marmor/Fliese	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Rigips	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
Holzpaneele	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Linoleum	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Holz auf Balken	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Parkett auf Beton	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Teppich auf Beton	0,02	0,06	0,14	0,37	0,60	0,65

Sie erkennen, dass weiche Materialien die Höhen sehr viel stärker dämpfen als die tiefen Frequenzen. Solche Materialien findet man häufig in Tonstudios und Wohnräumen: Akustikschaumstoff, Absorber, Polstermöbel, Teppiche, Vorhänge usw. In solchen Räumen klingen die höheren Frequenzen im Nachhall schneller ab. In „harten“ Räumen mit Beton-, Glas- und Fliesenwänden werden sie hingegen wenig gedämpft.

Auch die Luft dämpft den Schall etwas, und zwar höhere Frequenzen stärker als tiefe. In großen Hallen, Kirchen, Konzertsälen etc. spielt diese Höhendämpfung durch die Luft eine merkwürdige Rolle.

Im idealen Regieraum sollten alle Frequenzen gleichmäßig bedämpft und die Nachhallzeit gering sein, um die aufgenommenen und künstlich (mit Halleffekten) hinzugefügten Raumannteile vernünftig beurteilen zu können. Als Anhaltspunkt kann auch der in Abbildung 6 dargestellte Toleranzbereich dienen. Die Nachhallzeiten sollten für alle Frequenzen in dem dunklen Feld liegen.

Diese Grafik gilt eigentlich für Hörräume, die HiFi-Ansprüche erfüllen sollen. Im Regieraum eines Tonstudios sollte die Nachhallzeit idealerweise noch kleiner sein. Eine durchschnittliche Nachhallzeit von 0,3 s und weniger ist schon sehr gut.

Wie können Sie die Nachhallzeit Ihres Raums ohne aufwändige Messungen ermitteln? Auch dafür gibt es eine Berechnungsformel. Glücklicherweise können Sie im Internet entsprechende Seiten finden, die Ihnen das Rechnen abnehmen. Beispielsweise hier:

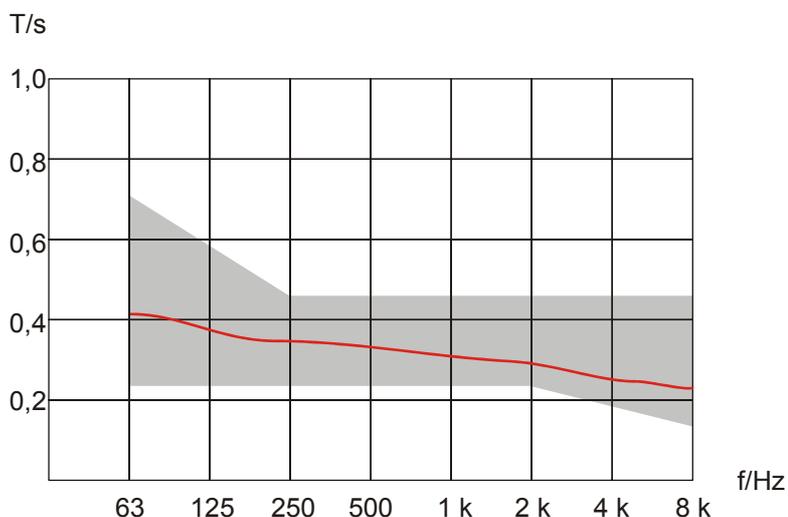
<http://www.hunecke.de/german/rechenservice/raumakustik.html>

Sie müssen dazu genaue Angaben über die Raumdimensionen und die Ausführung von Wänden, Decke, Fußboden und der Möblierung machen. Die Idealwerte von 0,3 bis 0,4 s lassen sich in einem Homerecording-Studio ohne geeignete Dämpfungsmaßnahmen kaum erreichen, aber wenn der Wert durchgängig unter 0,5 s liegt, können Sie schon recht zufrieden sein.

### Flutterechos

Sie entstehen, wenn der Schall zwischen den Wänden hin- und hergeworfen wird. Bei größeren Wandabständen ist dabei eine Abfolge schneller Echos mit abklingendem Pegel hörbar (ein Klatschen wird von einem knatternden Geräusch gefolgt). Bei kleineren Wandabständen ist die Frequenz der Echos so hoch, dass gar eine Art Ton entsteht.

Flutterechos treten oftmals auf, wenn zwei gegenüberliegende Wände wenig und die anderen stärker gedämpft sind. Sie stören die Raumakustik sehr, und Sie sollten sie in jedem Fall bekämpfen. Eine Möglichkeit besteht darin, eine der gegenüberliegenden Wände durch einen Vorhang oder Akustikschaumstoff zu bedämpfen oder den Schall durch Diffusoren so zu reflektieren, dass er nicht in sich zurückgeworfen wird. Manchmal hilft auch eine andere Mikrofonposition bei der Aufnahme oder eine andere Platzierung der Lautsprecher.



**Abbildung 6:** Toleranzbereich für die Nachhallzeit im Hörraum (grau) und eine Messkurve der frequenzabhängigen Nachhallzeit (rot)

### ***Einflussmöglichkeiten***

Bevor Sie versuchen, Einfluss auf Ihre Raumakustik zu nehmen, sollten Sie sie zunächst einmal genau kennen. Wenn Sie viel Geld übrig haben, dann lassen Sie sie von einem Akustiker ausmessen und sich von diesem Fachmann Vorschläge zu ihrer Optimierung machen. Das ist sicher sinnvoller und meist erheblich effektiver, als dieselbe Summe für Edelhardware auszugeben, welche ohne gute Raumakustik mehr als Statussymbol denn als Klangverbesserer fungiert.

Wenn Sie das Geld nicht übrig haben, dann gibt es kostenlose Tools und Plug-Ins, mit denen Sie zumindest eine Vorstellung von Ihrer Raumakustik bekommen. Im Internet erhältliche Programme für HiFi-Enthusiasten zum Ausmessen des Hörraums und der optimalen Boxenaufstellung können ebenso hilfreich sein wie Testton-Plug-Ins und Spektrumanalysatoren.

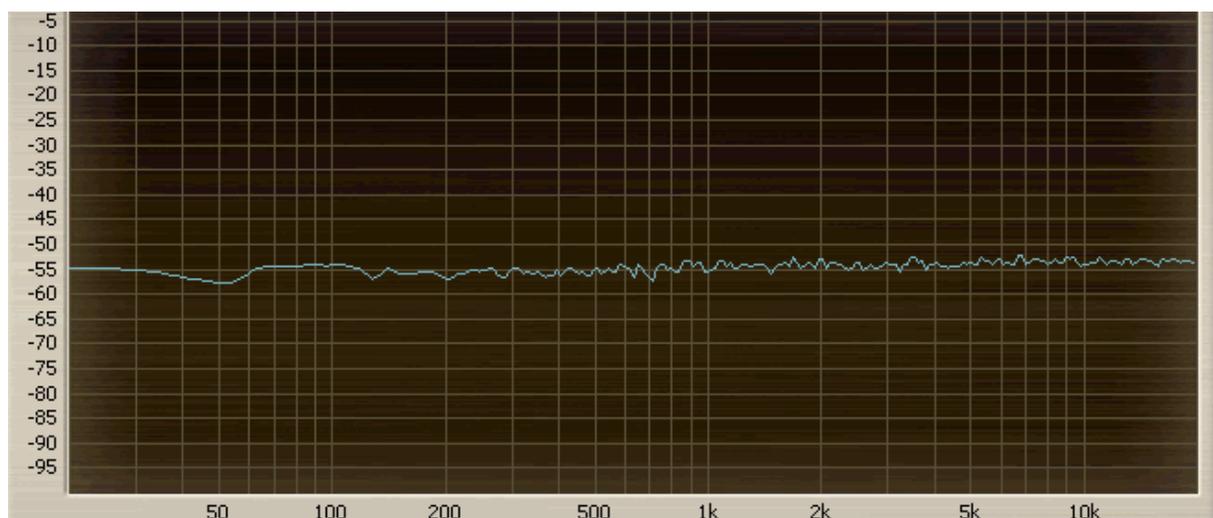
Zwei sehr brauchbare Freeware-Tools sind:

- **TestTone** von MDA: ein vielseitiger Testton-Generator, mit dem Sie rosa und weißes Rauschen, Impulse, Sinustöne und Sinussweeps in verschiedenen Varianten erzeugen können. Sie finden ihn auf dieser Seite: <http://mda.smartelectronix.com/>  
Laden Sie dazu das ganze Plug-In Bundle in dem für Ihren Rechner geeigneten Format (PC oder Mac) herunter.
- **Voxengo Span**: ein ausgezeichneter Spektrumanalysator. Hier der Downloadlink: <http://www.voxengo.com/product/SPAN/>

Ein paar Erläuterungen dazu:

**Weißes Rauschen**: Ein Rauschen, in dem alle Frequenzen des Hörbereichs vorkommen und bei dem in gleich großen *Frequenzintervallen* die gleiche Schallenergie enthalten ist. Beispiel: Im Band von 100 Hz bis 200 Hz ist ebenso viel Energie wie im Band 1.000 bis 1.100 Hz oder im Band 10.000 bis 10.100 Hz vorhanden.

Auf einem Spektrumanalyzer erscheint der Frequenzgang des weißen Rauschens als horizontale Linie:



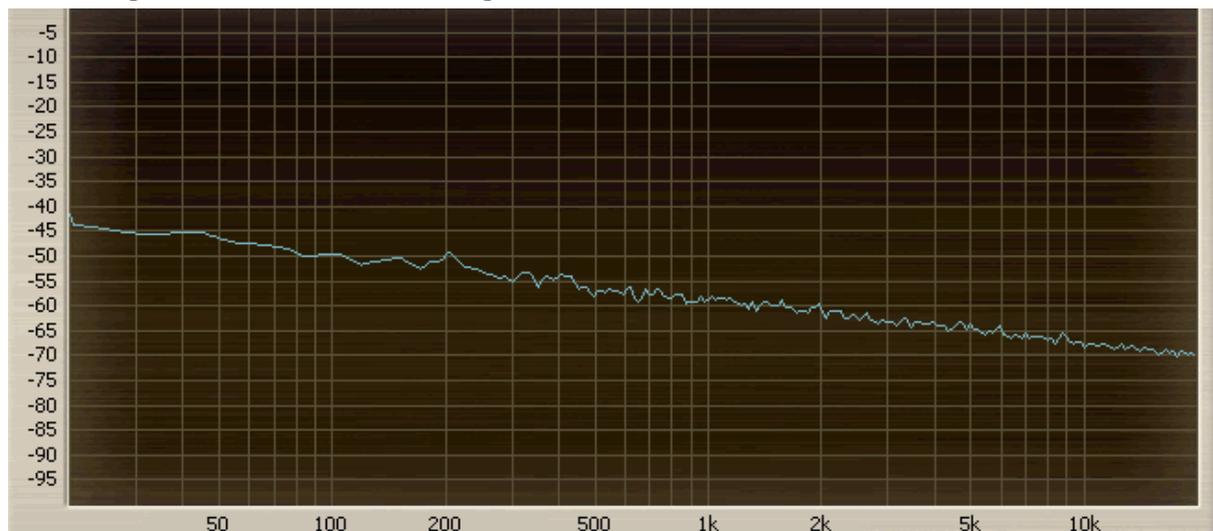
**Abbildung 7:** Momentaufnahme des weißen Rauschens – die Welligkeit verschwindet, wenn über eine längere Zeit gemittelt wird

Das Gehör arbeitet jedoch nicht frequenzlinear, sondern stuft in Tonintervallen. Dabei bedeutet jeweils eine Verdopplung der Frequenz einen Oktavsprung in der Tonhöhe. Von 100 bis 200 Hz ist es also eine Oktave, ebenso wie von 1.000 bis 2.000 Hz oder von 10.000 bis 20.000 Hz. Im unteren Frequenzbereich gibt es sehr viel mehr Töne als im oberen. Beim wei-

Bei weißem Rauschen wird die Energie in den Tonintervallen demnach sehr ungleichmäßig verteilt. Im Bereich von 20 Hz bis 10.000 Hz gibt es rund 9 Oktaven, im fast gleich großen Bereich 10.000 bis 20.000 Hz aber nur eine. Und dennoch enthalten beide gleich viel Schallenergie. Das weiße Rauschen hört sich deshalb sehr höhenlastig an.

**Rosa Rauschen:** Ein Rauschen, in dem alle Frequenzen des Hörbereichs vorkommen und bei dem die Amplitude mit steigender Frequenz abnimmt, und zwar so, dass in gleich große *Tonintervalle* auch die gleiche Energie fällt. Die Oktave zwischen 20 Hz und 40 Hz hat also ebenso viel Energie wie die zwischen 10.000 und 20.000 Hz.

Auf einem Spektrumanalyzer erscheint der Frequenzgang des rosa Rauschens als Linie, die mit 3 dB pro Oktave zu höheren Frequenzen hin abfällt:



**Abbildung 8:** Rosa Rauschen, Momentaufnahme

Der Frequenzgang des Raums lässt sich für eine bestimmte Position recht einfach ermitteln: Geben Sie dazu weißes Rauschen auf Ihre Monitorboxen, nehmen Sie Ihr bestes Mikrofon mit möglichst linearem Frequenzgang und weitem Übertragungsbereich, stellen Sie es an verschiedene Orte im Raum und nehmen Sie das Rauschen auf. Anschließend schicken Sie die Spur durch den Frequenzanalysator. Sinnvoll sind vor allem zwei Mikropositionen:

Zum einen die, wo sich normalerweise Ihre Ohren befinden, wenn Sie mischen, also am Eckpunkt eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen andere Ecken die Monitorboxen bilden, in Höhe der Hochtöner und in die Mitte zwischen die Boxen gerichtet, falls es sich um ein Mikrofon mit nicht kugelförmiger Richtcharakteristik handelt.

Zum anderen die Position, an der Sie normalerweise aufnehmen. Probieren Sie sinnvollerweise mehrere Aufnahmepositionen aus.

Das Ergebnis, gemessen an Ihrer Abhörposition, die also für das Abmischen von Bedeutung ist, könnte etwa so aussehen:



**Abbildung 9:** Weißes Rauschen, wiedergegeben über die Monitorboxen, am Mischpult aufgenommen

Eigentlich ist dies nicht der Frequenzgang des Raums allein, sondern der überlagerte Frequenzgang von Boxen, Raum und Mikrofon.

Sie erkennen, dass der Frequenzgang im Bassbereich recht wellig ist, dass es Spitzen (bei ca. 280 Hz) und Täler bzw. Kerben bei 180, 500 und 700 Hz sowie einen ausgeprägten Höhenabfall ab ca. 8 kHz gibt.

Die steile Kerbe bei 700 Hz ist höchstwahrscheinlich das Ergebnis einer frühen Reflexion, die sich phasenverschoben mit dem Direktsignal mischt. Wie kommen Sie der reflektierenden Fläche auf die Spur, die diese Kerbe verursacht?

Mit der Formel **Wellenlänge = Schallgeschwindigkeit : Frequenz** berechnen Sie zuerst die Wellenlänge der Kerbe. Sie erhalten:  $344 \text{ m/s} : 700 \text{ Hz} = 0,49 \text{ m}$ .

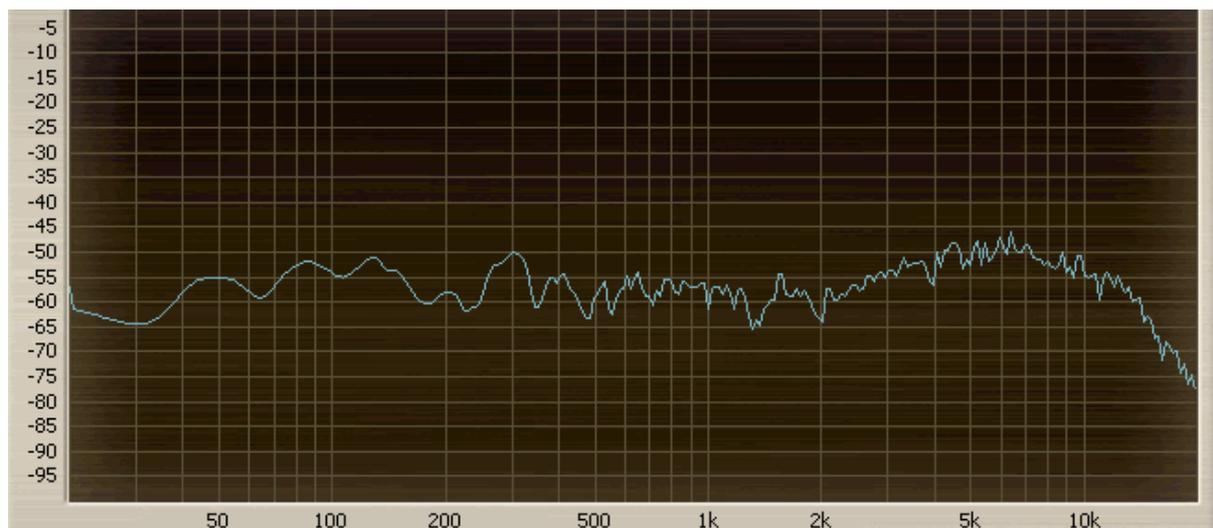
Eine Auslöschung durch Interferenz – also eine steile Kerbe im Frequenzgang – ergibt sich, wenn der an einer Fläche reflektierte Schall gegenüber dem Direktschall einen Umweg von einer halben Wellenlänge zum Mikrofon nimmt. Stellen Sie sich nun folgende Fragen:

1. Befindet sich eine Fläche in einer solchen Entfernung von einer Monitorbox, dass der Schallweg einer an ihr reflektierten Welle um rund 25 cm länger ist als der direkte Schallweg? Als Störenfriede kommen etwa der Computermonitor, der Tisch auf dem die Boxen stehen, vielleicht die Oberfläche des Mixers in Betracht.
2. Kann der Schall nach dem Gesetz Einfallswinkel = Ausfallswinkel so daran reflektiert werden, dass er ins Mikrofon gelangt?

Wenn Sie beide Fragen mit ja beantworten können, haben Sie Ihren Übeltäter gefunden und können die Reflexion an dieser Stelle bekämpfen. Am einfachsten dadurch, dass Sie die Positionen der Boxen verändern.

Betrachten Sie in gleicher Weise auch die anderen Kerben im Frequenzgang. Die Senke bei 180 Hz entspricht zum Beispiel dem möglichen Schallumweg einer Reflexion von rund einem Meter. In diesem Fall schauen Sie nach, ob die Boxen vielleicht zu dicht an der Wand oder in einer Ecke stehen.

An einer bevorzugten Aufnahmeposition, mehr in der Mitte des Raums gemessen, könnte der Frequenzgang etwa so aussehen:



**Abbildung 10:** Weißes Rauschen über die Monitorboxen, an einem Ort in der Raummitte gemessen

Auch hier fallen die Welligkeit und der Abfall der Höhen über 10 kHz auf. Die Berge und Täler bilden die Raummoden ab, der Höhenabfall wird sicher einerseits den Hochtönern der Monitorboxen und dem Frequenzgang des Mikrofons zuzuordnen sein aber auch der Dämpfung der Reflexionen höherer Frequenzen durch Teppiche, Polstermöbel, Vorhänge usw.

Solche Frequenzgänge zählen in Homerecording-Studios schon zu den besseren. Selbst in einem mit hohem Aufwand akustisch optimierten Tonstudio wird sich kein völlig linearer Frequenzgang einstellen. Doch was können wir tun, um die Akustik unseres Studios zu verbessern?

### Wahl des Raums

Nehmen wir an, der Raum, in dem Sie Homerecording betreiben – vielleicht Ihr Hobbyraum, Ihr Arbeitszimmer oder der Proberaum Ihrer Band – hat keine besonders gute Akustik. Eine wichtige Aufnahmesession steht bevor. Natürlich können Sie in diesem Raum alle Aufnahmen erledigen, die kein Mikrofon benötigen: E-Gitarre über einen digitalen Amp-Simulator, Bass über DI-Box, Keyboards über MIDI, Drums über Drumpads usw. Jetzt fehlen noch die Vocals und vielleicht ein paar akustische Instrumente. Warum dann nicht mal mit dem Studio, das ja in aller Regel nur aus einem PC und wenigen weiteren Geräten besteht, in einen anderen, besser geeigneten Raum umziehen? Sie werden sich für diese paar Stunden schon mit Ihrer Familie oder den Mitbewohnern einigen. Viele erfolgreiche CDs sind in den Wohnzimmern der Musiker aufgenommen worden, und ganz bestimmt nicht, um Geld bei den Produktionskosten zu sparen. Wenn Sie für eine solche wichtige Session unter mehreren Räumen auswählen können, dann seien Sie sorgfältig. Gehen Sie nicht nach nebensächlichen Gesichtspunkten wie der schnellen Erreichbarkeit des Kühlschranks mit dem Bier oder der gemütlichen Couch vor, sondern prüfen Sie die Akustik und suchen sich unter diesem Gesichtspunkt den besten Raum aus. Hierzu einige Anhaltspunkte:

Abmessungen des Raums:

Damit die Raum-Moden nicht störend in Erscheinung treten, sollten die Raummaße keine ganz- oder halbzahlgigen Vielfachen voneinander sein. Ein Raum mit den Maßen 7,50 m x 5 m x 2,5 m wäre denkbar ungeeignet, weil sich in ihm die Raummoden in der Länge, Breite und Höhe überlagern und gegenseitig verstärken. Besser sind möglichst krumme Seitenverhältnisse. Auch schräge Wände oder Dachschrägen können von Vorteil sein.

Größere Räume haben Vor- und Nachteile: Von Vorteil ist, dass Sie hier viel mehr Möglichkeiten der Mikrofon-Platzierung haben und einen großen Abstand zu den Wänden

einhalten können, was verhindert, dass sehr kurze frühe Reflexionen, die Kammfiltereffekte hervorrufen können, ins Mikrofon gelangen. Ein weiterer Vorteil kann sein, dass die Raum-Moden in größeren Räumen tiefer liegen und vielleicht nicht von den aufgenommenen Vocals oder akustischen Instrumenten angeregt werden. Nachteilig kann sein, dass größere Räume in der Regel eine längere Nachhallzeit aufweisen und vielleicht stärker gedämpft werden müssen. Insgesamt scheinen mir die Vorteile von größeren Räumen zu überwiegen, aber das sollten Sie im Einzelfall prüfen. Es kann auch manchmal sinnvoll sein, die Vocals im Badezimmer oder Treppenhaus aufzunehmen, wo viele Reflexionen entstehen, wenn der Hall dort gut klingt und es zum Song passt. Sie müssen sich aber darüber im Klaren sein, dass ein einmal mit aufgenommener Raumklang nicht mehr entfernt werden kann.

Prüfen Sie also verschiedene Räume auf Ihre Akustik: Singen Sie dort oder spielen Sie ein Instrument, klatschen Sie an verschiedenen Positionen in die Hände. Ist die Nachhallzeit groß? Ist der Raumanteil deutlich verfärbt (klingt es dröhnig, dumpf oder hart)? Treten Flatterechos auf? In diesem Fall ist der Raum nicht für Aufnahmen geeignet. Aber auch einen recht gut klingenden Raum kann man noch optimieren.

### Einrichtung des Raums

Diese kann prima dazu zweckentfremdet werden, um Reflexionen zu dämpfen oder zu streuen. Weiche Materialien wie Teppiche und Vorhänge wirken vor allem im Höhenbereich. Vorsicht: Zuviel des Guten kann auch schädlich sein. Wenn Sie die Höhen zu sehr bedämpfen, treten die mittleren und tiefen Frequenzen hervor, und der Raumklang wird topfig, dröhnig oder nasal.

Es ist fast immer ungünstig, wenn sich zwei glatte, harte Wände gegenüberliegen, denn das fördert Flatterechos, besonders dann, wenn die beiden anderen Wände stark bedämpft sind. Günstig ist es, wenn eine glatte Fläche gegenüber einer bedämpften oder diffus streuenden liegt. Einige Beispiele für Optimierungsmaßnahmen:

- Eine glatte Wand liegt gegenüber der Fensterwand. Wenn zwischen diesen Flatterechos auftreten, ziehen Sie die Vorhänge zu.
- Eine glatte Wand liegt gegenüber dem Bücherregal. Dann ziehen Sie einige Bücher in sporadischer Folge ein Stück heraus oder schieben Sie nach hinten, sodass sich eine unregelmäßige, gestufte Fläche ergibt. Diese schluckt die Höhen nicht, aber zerstreut sie diffus.
- Polstermöbel in den Ecken und an den Wänden können einen Teil der tieffrequenten Schallenergie schlucken.

### Dauerhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Raumakustik

Wenn Sie einen Raum ausschließlich und langfristig für Studiozwecke benutzen können, und die Akustik nicht den Ansprüchen genügt, dann lohnt es sich vielleicht, bauliche Änderungen und professionelle Gestaltungsmaßnahmen zu ihrer Verbesserung einzusetzen. Voraussetzung ist aber eine genaue Kenntnis der akustischen Verhältnisse, also zumindest eine Messung oder Berechnung der Raum-Moden und des Frequenzgangs an verschiedenen Orten im Raum, sowie eine Messung oder Abschätzung der Nachhallzeit. Neben den Internet-Rechendiensten bieten sich auch die schon genannten kostenlosen Mess-Programme dafür an. Am besten ist es natürlich, den Raum von einem Fachmann ausmessen zu lassen.

### Raum im Raum?

Im Internet kursieren eine Menge Anleitungen zum Bau einer Gesangsbox, einem Aufnahme-raum im eigentlichen Studioraum. Mancher Homerecorder verspricht sich davon Wunderdin-

ge: eine trockene und glasklare Akustik und Abschirmung der Außengeräusche. Eine professionelle Gesangskabine mag dies leisten, ist aber auch entsprechend teuer: sie hat die richtigen Maße, um Raum-Moden zu reduzieren, ist akustisch abgestimmt, gut gedämpft und recht schalldicht, besitzt ein Fenster für den Sichtkontakt zum Aufnahmeleiter, eine gut dichtende Tür, eine leise, aktive Belüftung und eine luftdichte Durchführung für Kopfhörer und Mikrokabel. In aller Regel ist diese Lösung (auch als Bausatz) erheblich teurer als eine Optimierung des Studioraums mit Stellwänden, Absorbern und Diffusoren und auch akustisch meist schlechter. Selbstgebaute Recordingboxen ohne die Kenntnis der akustischen Grundlagen und ohne genaue Planung können leicht wie Mülleimer klingen, zudem sind sie in der Regel nicht belüftet, sodass darin die Konzentration und Leistungsfähigkeit durch Sauerstoffmangel und zuviel eingeatmetes Kohlendioxid schnell nachlässt.

Es ist sehr viel schwieriger, einen kleinen Raum akustisch zu optimieren, als einen großen. Warum? Zum einen liegen die Raum-Moden kleiner Räume im oberen Bassbereich zwischen 80 und 250 Hz, und die Welligkeit des Frequenzgangs stört dort mehr als im Subbassbereich. Noch schlimmer wird die Situation, wenn man die Kiste schön symmetrisch baut, also etwa 2 x 2 x 2 m. Dann verstärken sich nämlich die axialen Raummoden. Zum anderen sind durch die Nähe der Wände frühe Reflexionen kaum zu vermeiden. Um die Akustik eines kleinen Raums in den Griff zu bekommen, muss er sehr stark bedämpft werden. In aller Regel ist aber die Höhendämpfung dann sehr viel größer als die der Mitten und Tiefen, sodass die Nachhallzeit im oberen Frequenzbereich sehr kurz, im unteren viel länger ist. Damit verfärbt der Raum den Klang erheblich. Es klingt zwar trocken, aber auch topfig und mulmig.

Ein weiteres Beispiel für einen Raum im Raum ist das sogenannte Drum-Booth, ein Aufnahmeraum für das Schlagzeug. Seine Konstruktion ist nicht ganz so kritisch, allein deshalb, weil die Abmessungen naturgemäß viel größer sein müssen. Doch die Schlagzeugkabine ist nicht primär dazu da, dem Drumsound eine gute Akustik zu geben, sondern um seinen Schall von der Außenwelt abzuschirmen, etwa damit das Homerecording-Studio im Mehrfamilienhaus nicht zum Streit mit der Nachbarschaft führt.

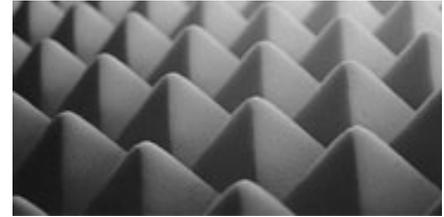
Ist das Recording-Studio nach außen ausreichend schallisoliert, oder wohnt niemand, der sich gestört fühlen könnte, in der Nähe, dann sind Gesangs- und Schlagzeugkabinen auch nicht notwendig. Investieren Sie lieber etwas Geld und Arbeit in den Bau verschiebbarer Stellwände, mit denen Sie die Akustik des Raums gezielt beeinflussen können. Diese werden meist doppelschalig aus Holz ausgeführt und mit Mineralwolle oder ähnlichem gefüllt. Die eine Seite kann reflektierend und die andere durch Noppenschäumstoff absorbierend gestaltet sein. Dadurch haben Sie vielfältige Einsatzmöglichkeiten.

Wenn Sie unbedingt eine schalldichte Kabine benötigen, dann rate ich zum Kauf eines Bausatzes eines renommierten Herstellers und keinesfalls zum Doityourself-Bau.

### **Höhen-Absorber**

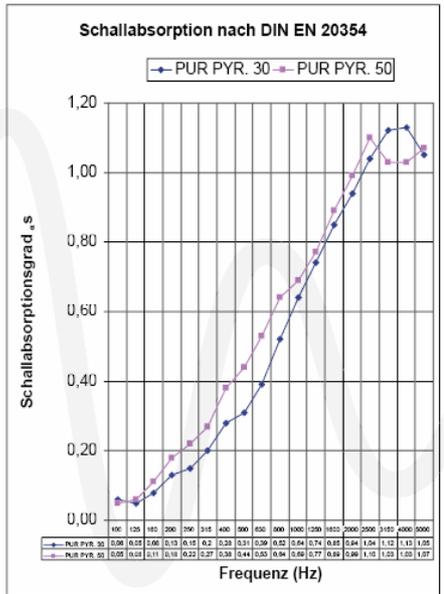
Oftmals ist es nötig, frühe Reflexionen abzuschwächen oder die Nachhallzeit zu verkürzen, indem man Absorbermaterial auf die Wände aufbringt. Die berühmt-berüchtigten Eierkartons (mit denen auch ich vor Jahrzehnten meine erste Recordingecke im Keller ausgekleidet habe) sind dafür absolut untauglich.

Zur Absorption eignet sich Akustikschaumstoff, ein weiches, poröses Material. Die auftreffende Schallwelle dringt in das Material ein, versetzt dieses und die Luft in den Poren in Schwingungen. Dadurch wird ein Teil der Schallenergie in Reibungswärme umgewandelt. Die Absorption ist allerdings frequenzabhängig. Welche Frequenzen stark absorbiert werden, wird vor allem durch die Dicke und den Wandabstand des Absorbermaterials festgelegt.



Zur Dämpfung der hohen Frequenzen sind Pyramiden- oder Noppenschaumstoffmatten geeignet.

Der frequenzabhängige Absorptionsgrad zeigt, dass die Dämpfung im Bassbereich nur sehr gering ist. Eine vollständige Auskleidung des Raums würde zu einer bass- und mittlenbetonten Akustik führen.



### Mitten-Absorber

Damit ein auf die Wand aufgebrachter Absorber eine bestimmte Schallfrequenz effektiv dämpft, sollte er mindestens so dick sein wie eine *viertel Wellenlänge*. Die folgende Tabelle verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Frequenz, Wellenlänge und effektiver Absorberdicke:

Frequenz (Hz)	50	100	200	400	800	1600	3200	6400
Wellenlänge (m)	6,88	3,44	1,72	0,86	0,43	0,21	0,11	0,05
Absorberdicke (m)	1,72	0,86	0,43	0,21	0,11	0,05	0,025	0,012

**Abbildung 11:** Absorptionsgrad von Pyramidenschaumstoff. Blaue Kurve: 30 mm Stärke, lila Kurve: 50 mm Stärke.

Sie sehen, dass es recht großer Absorberdicken bedarf, um mittlere und tiefe Frequenzen zu dämpfen. Durch konstruktive Maßnahmen, wie die Montage des Absorbermaterials in einem gewissen Abstand vor der Wand (um eine viertel Wellenlänge der tiefsten Frequenz, die noch gedämpft werden soll) und eine perforierte Abdeckung des Absorbers, kann man auch im mittleren Frequenzbereich um 500 Hz effektiv dämpfen.

### Tiefenabsorber, Bassfallen (Basstraps)

Die Dämpfung sehr tiefer Frequenzen, insbesondere stehender Wellen, ist mit porösen Materialien allein nicht mehr zu machen. Sie müssten viel zu dick sein, um durchgreifend zu wirken. Im Tieftonbereich setzt man daher meist sogenannte Resonatoren ein. Man unterscheidet zwei Typen:

**Plattenresonator:** Hier wird eine nicht zu dicke, schwingungsfähige Holzplatte in einem starren Rahmen in gewissem Abstand zur Wand befestigt. Die Dicke und Elastizität der Platte zusammen mit dem dahinter eingeschlossenen Luftvolumen wirken ähnlich wie Fell und Kessel einer gestimmten Trommel. Die Holzplatte wird durch eine bestimmte Frequenz in Schwingungen versetzt. Ein solcher Plattenschwinger arbeitet schmalbandig und kann nur eine Raumfrequenz, die seiner Resonanzfrequenz entspricht, dämpfen. Plattenschwinger werden folglich eingesetzt, um bestimmte Raum-Moden abschwächen. Sie müssen genau auf diese abgestimmt sein.

**Helmholtz-Resonator:** Dabei handelt es sich um einen hohlen Kasten in beliebiger Form, in dem ein Luftvolumen eingeschlossen ist, das über eine genau berechnete Öffnung mit dem Raum verbunden ist. Dieses Luftvolumen kann mit Schallschwingungen in Resonanz versetzt werden und absorbiert dann Schallenergie. Auch ein Helmholtz-Resonator muss exakt auf die

Raum-Moden abgestimmt sein. Er wird meist als Ekelement mit dreieckigem Querschnitt gebaut.

**Breitband-Absorber:** Wird der Hohlraum in einem Plattenresonator oder einem Helmholtz-Resonator mit Faserdämmstoffen gefüllt, so wird der Resonanzbereich verbreitert. Solche Absorber bedämpfen effektiv einen größeren Frequenzbereich.

### Diffusoren

Das sind Wandpaneele oder Platten mit unregelmäßiger Oberfläche, die nicht zur Absorption, sondern zur diffusen Streuung des Schalls dienen. Sie verkürzen nicht die Nachhallzeit, sorgen aber dafür, dass die Reflexionen gleichmäßig im Raum verteilt werden.

Ein Studio-Regieraum ist oft so gestaltet, dass die Wand hinter den Monitorboxen bedämpft ist, um frühe Reflexionen zu vermeiden, und die gegenüberliegende Wand den Schall diffus streut.

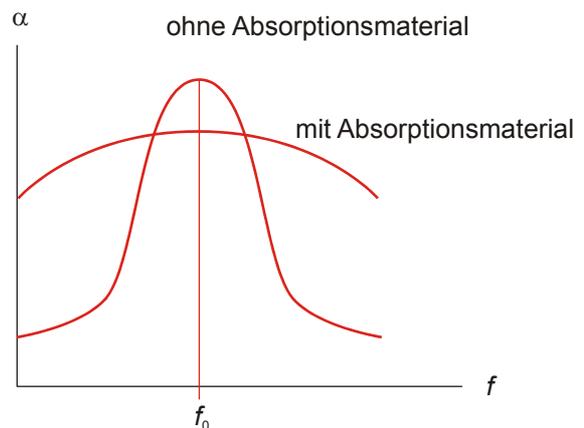
### Equalizing?

Manchmal liest oder hört man den Vorschlag, den Frequenzgang des Raums doch mit einem EQ glatt zu bügeln (nachdem man ihn ausgemessen hat, versteht sich), statt viel Geld in Absorber und Basstraps zu stecken. Davon halte ich aus guten Gründen nichts:

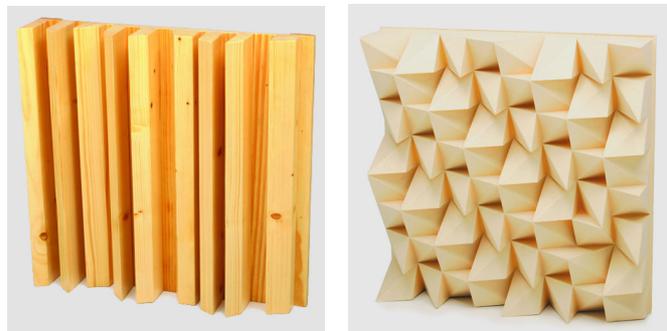
- Ein EQ, der einen durch Raummoden und Kammfiltereffekte verzerrten Frequenzgang eines Raums entzerren sollte, müsste sehr viele parametrische Bänder haben und sehr präzise eingestellt werden können. Die üblichen vier Bänder eines parametrischen EQs reichen bei weitem nicht aus, und ein grafischer EQ ist zu unflexibel.
- Der EQ könnte auch nur einen Ort im Raum entzerren, entweder den Abhörplatz oder eine Aufnahmeposition.
- Der EQ kann nicht zwischen Direktschall und Raumschall trennen. Er würde den Gesamtfrequenzgang zwar linearer machen, dafür aber den Direktschall – der ja nicht durch die Raumakustik beeinflusst wird – verzerren. Das ist mit Sicherheit unerwünscht, da Direkt- und Raumschall vom Ohr getrennt wahrgenommen werden können.
- Und schließlich berücksichtigt der EQ nicht den zeitlichen Verlauf der frühen Reflexionen und des Nachhalls mit seiner frequenzabhängigen Abklingzeit, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Ohr eintreffen.

### Raumakustik – Zusammenfassung

Sie sollten die Akustik Ihres Studio-Raums kennen, bevor Sie darin aufnehmen, mischen oder mastern. Mit geeigneter Software können Sie seine Raummoden und seine Nachhallzeit berechnen oder messen.



**Abbildung 12:** Absorption eines Resonators.  
 $f_0$  Resonanzfrequenz



**Abbildung 13:** Diffusoren

Bei wichtigen Produktionen lohnt es sich, für Mikrofonaufnahmen den bestmöglichen verfügbaren Raum auszusuchen und vorübergehend dafür zu verwenden.

- Ziehen Sie notfalls mit Ihrem Studio aus dem Proberaum ins Wohnzimmer.
- Benutzen Sie Teppiche, Vorhänge, Polstermöbel und Bücherregale, um die Akustik des Raums zu beeinflussen und zu verbessern.
- Suchen Sie im Raum den am besten klingenden Ort für Mikrofonaufnahmen.

Wenn Sie die Möglichkeit haben, einen Raum ausschließlich für Homerecording-Zwecke einzurichten, dann können Sie die Akustik optimieren:

- Verwenden Sie wenn notwendig Breitband-Bass-Absorber in den Ecken, um gemessene oder berechnete Raumresonanzen zu bedämpfen. Bauanleitungen dazu finden Sie hier: <http://www.track4.de/sonstiges/akustik.php3#007>  
Über deren Qualität kann ich keine Aussagen machen, aber da der Selbstbau billig ist, können Sie eigentlich wenig falsch machen.
- Sorgen Sie dafür, dass am Aufnahmeplatz keine frühen Reflexionen das Mikrofon erreichen.
- Setzen Sie ggf. Höhen- und Mittenabsorber auf stark reflektierenden Wänden ein – aber nicht zu viel, damit der Raum nicht tot und dumpf klingt.
- Verwenden Sie falls nötig Diffusoren, um die Schallwellen weich zu reflektieren. Grundregel: einer hart reflektierenden Fläche sollte eine diffus reflektierende oder absorbierende gegenüberliegen. Bücherregale und Vorhänge, die in Falten hängen, bilden auch gute Diffusoren!
- Verwenden Sie keine Billiglösungen wie Eierkartons! Sie sind nicht nur hässlich, sondern auch nutzlos. Brauchbare Sets zur Akustikoptimierung gibt es auch schon für das Homerecording-Budget (zum Beispiel hier: <http://primacoustic.com/products.htm>).

Beim Aufhängen von Absorbern und Diffusoren sollten Sie erst dann zu Dübel und Kleber greifen, wenn Sie mehrere Positionen ausprobiert und die beste gefunden haben.

Eine flexible Raumakustik können Sie durch Stellwände erreichen. Drei davon ersetzen schon fast einen Raum im Raum (nicht was die Schalldämmung, wohl aber, was die Reflexionen betrifft). Stellwände können Sie natürlich ohne weiteres selber bauen.



Abbildung 14: Akustik-Optimierungsset für Projekt-Studios (Primacoustic)

Im Teil 3 des Tutorials geht es um den Einfluss des Frontend auf den Klang.

Und denken Sie daran: Wenn Ihnen diese Tutorial-Reihe gefällt, dann können Sie sich revanchieren, indem Sie unseren Rock-Doppeldecker **The Bearded's Project – HopeOmid** für nur 16 Euro kaufen. Der Verkaufserlös kommt voll und ganz der Kinderhilfe Afghanistan zugute. Mehr dazu erfahren Sie auf unserer Projekt-Seite: [www.thebeardedproject.de](http://www.thebeardedproject.de)

Dort finden Sie auch Rezensionen und Songbeispiele.

Vielen Dank.

Roland Enders