



# Gegen die Wand

## Grundlagen Raumakustik, Teil 1

Von Thorsten Walter

Während qualitativ hochwertige Audiotechnik heutzutage bereits zu Schnäppchenpreisen erhältlich ist, wird das Thema Raumakustik sowohl klanglich als auch finanziell oft unterschätzt. Dabei sollte auch bei einem kleinen Budget stets bedacht werden, dass sich zum Beispiel der Kauf eines hochwertigen Mikrofons nur dann lohnt, wenn der Aufnahmerraum auch die akustischen Verhältnisse vorweisen kann, die den Einsatz eines solchen Mikrofons überhaupt erst rechtfertigen. Vergleichbar damit, dass ein besseres Mikrofon nicht automatisch die Intonationsschwächen eines Sängers ausbessert. Deswegen lohnt es sich durchaus, darüber nachzudenken, zum Einstieg in die Recording-Welt bei kleinem Budget lieber günstiges Equipment mit gutem Preis-/Leistungsverhältnis zu kaufen und das Augenmerk verstärkt auf die akustischen Gegebenheiten der Räumlichkeiten zu legen.

Im ersten Teil dieser dreiteiligen Serie werde ich auf die Grundlagen der Raumakustik eingehen und die wichtigsten Begriffe und Definitionen erklären, bevor sich der zweite Teil dem Thema widmet, wie kleine Räume mit einfachen Mitteln akustisch optimiert werden können. Im dritten Teil stehen spezielle elektronische Produkte zur Verbesserung von Abhörsituationen im Fokus.

### Raumakustik

Ist die Rede von Raumakustik, sind damit die klanglichen Eigenschaften innerhalb eines Raumes gemeint. Nicht gemeint ist die Bauakustik, welche die Akustik und Schalldämmung zwischen Räumen beschreibt. Zur Raumakustik zählen vor allem das Schwingungsverhalten des Raumes, dessen Nachhallzeit und der resultierende Frequenzgang. Im Gegensatz zu Außenflächen wie auf Wiesen oder in Wäldern (Freifeld) werden der Schallausbreitung in einem

Raum klare Grenzen durch dessen Wände gesetzt, an denen der Schall reflektiert wird. Ein Raum ist in der Regel quaderförmig und nur in den seltensten Fällen kommen Schrägen oder Rundungen vor. Insofern hat sich unser Gehör bereits seit Kindesalter an den Klang eines solchen Raumes gewöhnt. Mit geschlossenen Augen kann fast jeder sagen ob er sich in einem Wohnraum, im Badezimmer oder in einer Kirche befindet, wenn er den Raum durch seine Stimme akustisch wahrnimmt.

Im Gegensatz zu Wohnbereichen oder Abstellkammern sollten allerdings Räume, die zur Aufnahme oder zur Bearbeitung von Tonaufzeichnungen dienen, grundlegend anders beschaffen sein. Man strebt eine definierte Hallzeit mit homogenem Frequenzspektrum und einen möglichst linearen Frequenzgang an, damit einerseits neutrale Aufnahmen entstehen können und andererseits deren Klang beurteilt werden kann.

Um diese akustischen Ziele in einem Raum zu erreichen, sind zunächst schon die baulichen Voraussetzungen (Raumgröße) wichtig und zudem weitere massive berechnete Konstruktionen aus Holz, Mineralwolle und anderen Materialien notwendig, die heutzutage oft selbst das Budget von Rundfunkanstalten überschreiten. Daher wird in den meisten Fällen auf günstigere Möglichkeiten zurückgegriffen, um einen Kompromiss zwischen den finanziellen Möglichkeiten und einem guten Raumklang zu erreichen. Ein technisch optimaler Raumklang ist unmöglich, deshalb ist das erreichbare Optimum immer nur der beste Kompromiss.

### Welche Räume eignen sich?

Die Suche nach dem passenden Raum ist der erste Schritt für eine gute Raumakustik. Generell eignet sich ein großer Raum mit hoher Decke immer besser

als ein kleiner Raum. Räume, die quadratische Flächen haben oder bei denen die Raumbreite gleich der Raumhöhe ist, eignen sich weniger als Räume mit ungeraden Verhältnissen der Kantenlängen. Betrachtet man einen rechteckigen Raum, in dem alle Wände den gleichen Abstand haben (Würfel), so überlagern sich die Eigenfrequenzen des Raumes, was sehr ungünstig für einen homogenen Frequenzgang ist. Auch ein Raum mit den Maßen Länge = 7,5 m, Breite = 5 m, Höhe = 2,5 m besitzt eine sehr ungünstige Modendichte (s. u.), da Länge und Breite Vielfache der Höhe sind ( $2 \times 2,5$  Höhe = 5;  $3 \times 2,5$  Höhe = 7,5). Bedenkt man, dass für akustische Maßnahmen sowohl die Wände als auch die Decken behandelt werden müssen, sollte die Deckenhöhe in einer Regie oder einem Studio nach Möglichkeit relativ hoch sein. Die übliche Deckenhöhe in unseren Breiten beträgt leider nur 2,2 bis 2,5 Meter, in Kellerräumen kann es noch darunter liegen. Manchmal hat man Glück und findet einen Raum mit 3 m Deckenhöhe. Ab diesem Maß lässt sich akustisch recht gut arbeiten, darunter sind größere Kompromisse erforderlich. Ein Raum unter 2,2 m Deckenhöhe ist nur noch sehr bedingt akustisch zu gestalten, da die nötigen Maßnahmen an der Decke ca. 20 cm in Anspruch nehmen. Dabei ist zu beachten, dass Techniker und Musiker in dem Raum schließlich noch bequem stehen sollen. Auch können Beklemmungsgefühle wegen der niedrigen Decke entstehen, die das kreative Arbeiten negativ beeinflussen.

### Methoden zur akustischen Gestaltung

Um einen Raum akustisch aufzuwerten, also den Frequenzgang und die Nachhalldauer zu linearisieren, wird ihm Schallenergie entzogen, wo zu viel davon vorhanden ist. So wird bei einer Bassüberhöhung der Schall in den Raumecken- und Kanten bearbeitet. Bei störenden Reflexionen bringt man Reflektoren oder



#### Über den Autor

Thorsten Walter betreibt ein Ingenieurbüro in der Nähe von Darmstadt, das sich unter anderem auf Dienstleistungen im Bereich Tonstudioplanung/Raumakustik spezialisiert hat ([www.studiotools.de](http://www.studiotools.de)).

#### Nützliche Links

##### Raummodenrechner

([www.trikustik.at/rechner/rechner-raummoden.html](http://www.trikustik.at/rechner/rechner-raummoden.html))

##### diverse Akustikrechner

([www.mh-audio.nl/ACalculators.asp#showcalc](http://www.mh-audio.nl/ACalculators.asp#showcalc))

##### Cara Raumakustik Programm

([www.cara.de](http://www.cara.de))

##### REW Room EQ Wizard

vgl. Test in tools 4 music, Ausgabe 4/2011 ([www.hometheatershack.com/roomeq](http://www.hometheatershack.com/roomeq))

Anzeige

STEINBILD  
MEDIA

## Newhank DUS-1

Die perfekte Lösung für die Wiedergabe von DVD, VCD, SVCD, CD, CDR, MP3, MP4, AVI, RMVB, Photo-CD, JPG VOB und Xvid Formate von DVD/CD, USB oder SD-Card.



**NEW-HANK**  
QUALITY AV PRODUCTS

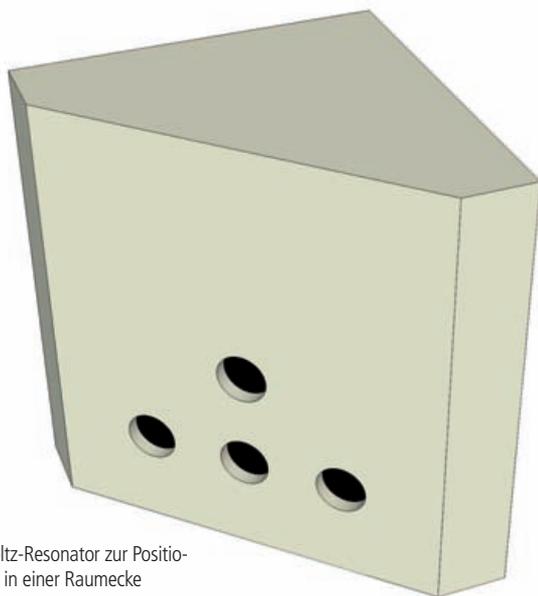
NEWHANK JETZT  
AUCH MIT EIGENER  
WEBSITE!

[www.newhank.de](http://www.newhank.de)

Absorber an den Wänden an. Grundsätzlich ist zwischen drei verschiedenen Methoden der akustischen Gestaltung zu unterscheiden: die Schallabsorption (Schallvernichtung), die Schallreflexion und die Diffusion.

### Absorption

Absorption wird durch den Entzug von Schallenergie erreicht. Um beispielsweise den Wellengang in Küstengebieten abzuschwächen, werden sogenannte Wellenbrecher aus Stahl und Beton eingesetzt, die dem Wasser als Trägermedium der Welle Widerstand bieten. Beim Schall ist das Trägermedium die Luft. Ideal eignen sich hier Mineralwollen, die dank ihrer porösen Beschaffenheit viel Schall schlucken können. Bei Schaumstoffen ist Vorsicht geboten, denn nur speziell



Helmholtz-Resonator zur Positionierung in einer Raumecke

gefertigte und damit recht teure Schaumstoffe sind in der Lage, Schall ausreichend zu absorbieren. Hierzu zähle ich vor allem Basotect, ein kontrollierter und gesundheitlich unbedenklicher Melaminharz-Schaumstoff der Firma BASF, der auch bei verschiedenen Online-Händlern erhältlich ist.

Zur Absorbierung tiefer Frequenzen sind größere Volumen notwendig, die immer von der nutzbaren Raumfläche abgezogen werden müssen. Um gezielt Frequenzen zu bearbeiten, sind sogenannte Plattenschwinger sehr beliebt und handwerklich zudem recht einfach in Eigenregie zu bauen. Die Schwierigkeit besteht allerdings in der richtigen Abstimmung der Frequenz. Je nach eingesetztem Material verschieben sich die Frequenzen etwas. Auch Helmholtz-Resonatoren liefern im Bassbereich sehr gute Ergebnisse bei relativ wenig Platzbedarf. Es gibt sehr gute Online-Rechner für die Berechnung dieser Absorber in der Linksammlung dieses Berichts.

Damit Resonatoren korrekt berechnet werden können,

muss der Raum vorher akustisch vermessen werden, um die richtigen Frequenzen zur Berechnung der Module herauszufinden. Anschließend erfolgt, wenn nötig, eine Feinabstimmung.

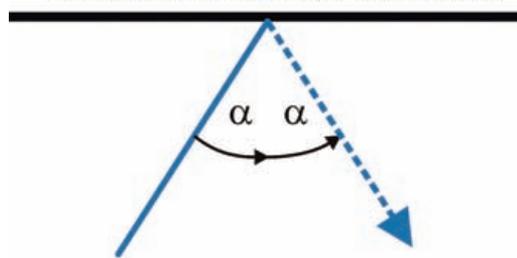
### Reflexion

Da die meisten Materialien wie Holz, Metall oder Glas den Schall gut reflektieren können, werden diese gerne für eine Schallführung innerhalb des Raumes eingesetzt. Man lenkt den Schall also dort ab, wo er störend wirkt, wenn beispielsweise eine Absorption nicht infrage kommt. In normalen Wohnräumen wird man also mittlere und hohe Frequenzen eher durch Reflexion als durch Absorption den Griff bekommen, um gleichzeitig einen offenen Klang des Raumes zu gewährleisten. Eine Mischform aus Reflexion und Absorption bieten Schlitzabsorber, die zum Beispiel Höhen reflektieren und Mitten absorbieren. Beachten sollte man hierbei, dass Schallwellen nur dann reflektiert werden können, wenn die reflektierende Fläche größer als die Wellenlänge der Frequenz ist.

Der Begriff Frequenz [Einheit: 1/s=Hertz] besagt, wie oft sich eine Schwingung pro Sekunde wiederholt. Dem Musiker ist das einfach betrachtet als Grundton eines Klanges ohne Obertöne geläufig (Tonhöhe). Die Wellenlänge ist etwas abstrakter zu sehen. Sie sagt aus, wie lang die Welle in der Luft ist, und zwar in Metern. Am besten ist das vorstellbar, wenn man sich bildhaft die Wellen auf dem Meer vorstellt. Der Abstand von einem Wellenberg zum nächsten ist die Wellenlänge. Gleiches gilt auch für Schallwellen in der Luft.

Formel: Frequenz [Hz] = Schallgeschwindigkeit [344 m/s] / Wellenlänge [m]

### Reflexion an einer schallharten Fläche



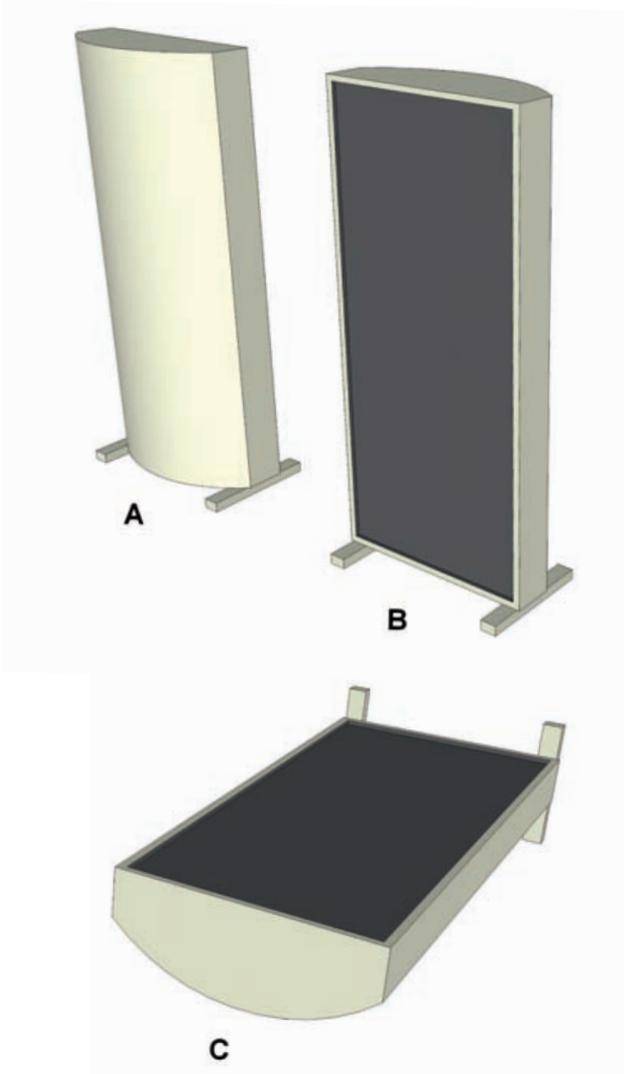
**Beispiel 1:** Wellenlänge [m] = Schallgeschwindigkeit [344 m/s] / Frequenz [Hz];

**Beispiel 2:** Frequenz [Hz] = Schallgeschwindigkeit [344 m/s] / Wellenlänge [m];

**Beispiel 3:** um Frequenzen oberhalb von 500 Hz zu reflektieren, muss die Fläche wie folgt mindestens eine Kantenlänge von 68,8 cm haben:  $344 \text{ [m/s]} / 500 \text{ [Hz]} = 0,688 \text{ [m]} = 68,8 \text{ [cm]}$

### Diffusion

Diffusion beschreibt die Schallstreuung. Es ist eine Reflexion, bei der die Schallwellen von einer Richtung eintreten, aber gleichzeitig in verschiedene Richtungen reflektiert werden und nicht nur in eine Richtung wie bei einer normalen Reflexion an einer glatten ebenen Wand. Dadurch entsteht ein homogener klingender Nachhall im Raum, der einzelne Frequenzen nicht durch Re-



(A) Frontansicht; (B) Rückansicht; (C) von oben; der Korpus kann aus MDF gefertigt werden, die gebogene Oberfläche aus zwei oder mehr Lagen Sperrholz; hinten ist der Diffusor mit Stoff bespannt und innen mit Dämmmaterial (Basotect oder Mineralwolle) gefüllt – er kann so als Diffusor oder als Breitbandabsorber genutzt werden

sonanzen bevorzugt. Auch sogenannte Flatterechos zwischen parallel stehenden Wänden können dadurch auch ohne Absorption sehr gut eliminiert werden. Grundsätzlich sind Diffusoren mit gutem Wirkungsgrad recht schwierig zu berechnen und zu bauen. Eine Ausnahme als einfach zu bauende Variante stellen die 1D-Diffusoren dar, die aus einem Kreisabschnitt bestehen, wie in der Abbildung zu sehen ist.

### Eigenfrequenzen und Raummoden

In einem rechteckigen Raum stehen sich immer zwei Flächen gegenüber, an denen der Schall reflektiert wird. Durch Überlagerung der reflektierten Wellen werden so bestimmte Frequenzen verstärkt, andere werden abgeschwächt. Dieses Phänomen nennt sich Interferenz und sorgt dafür, dass der Raum einen unausgeglichene Frequenzgang hat.



## Let's groove.. mit SOMMER CABLE

- Hochflexible und zuverlässige Mikrofon- und Instrumentenkabel
- Riesige Auswahl an konfektionierten Sonderlösungen
- Qualitäts-Steckverbinder von HICON und NEUTRIK
- Bis zu 10 Jahre Garantie für Ihr SOMMER CABLE



Qualitäts-Steckverbinder

...mit individueller  
Beschriftungsoption!



Robuste, ergonomische  
Stagebox-Systeme



Hellmut Hattler  
Signature Cable

...mit superflacher  
Winkelklinke!



## SOMMER CABLE

NEUEN KATALOG GRATIS ANFORDERN!

SOMMER CABLE GmbH

Audio • Video • Broadcast • Medientechnik • HiFi  
info@sommercable.com • www.sommercable.com

Hinzu kommt, dass der Frequenzgang an jeder Position im Raum verschieden ist. Eine Eigenfrequenz dieses Raumes resultiert aus dem Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden. Auch die halbe Wellenlänge und Vielfache passen genau zwischen diese Wände und überlagern sich durch Reflexion. Dadurch entstehen ortsabhängige Anhebungen und Absenkungen im Frequenzgang. An den Wänden bilden sich Druckmaxima, deshalb ist es dort besonders effektiv, dem Schall Energie zu entziehen. Außerdem schwingt ein unbehandelter Raum bei diesen Frequenzen nach, was für ein eher schwammiges und undefiniertes Klangbild sorgt. Die tiefste Eigenfrequenz dieses Raumes wird dabei durch

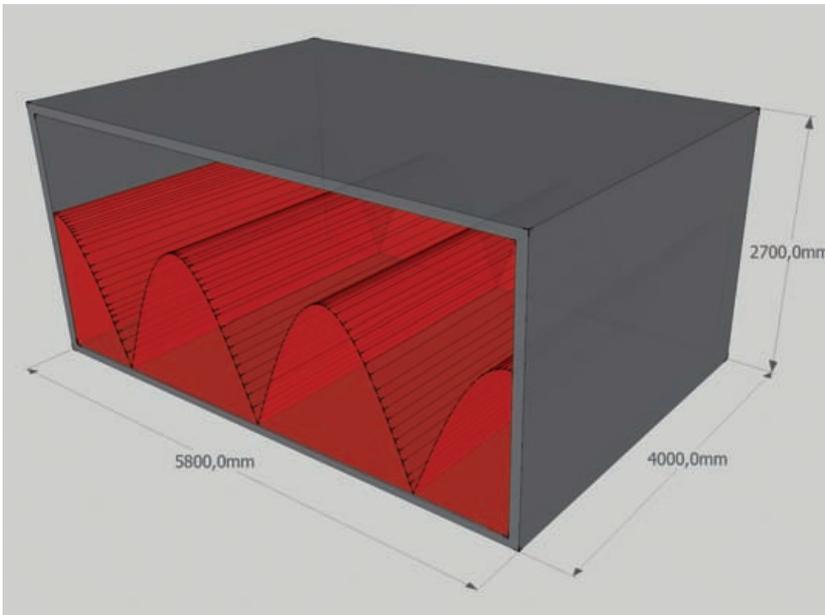
die am weitesten auseinanderliegenden Wände definiert und ist gleichzeitig die sogenannte tiefste akustische „Mode“ im Raum. Weitere Moden bilden sich durch Hinzunahme der anderen Wände, an denen der Schall reflektiert wird. Da prinzipiell unendlich viele Reflexionen in einem Raum auftreten, gibt es auch unendlich viele Raummoden. In der Akustik begrenzt man den Ausdruck „Raummoden“ jedoch auf den unteren Frequenzbereich bis ca. 300 Hz (Schröderfrequenz). Unterhalb der Schröderfrequenz sind die Ausprägungen der Moden sehr stark ortsabhängig. Oberhalb geht es in eine statistische Verteilung über, sodass man davon ausgeht, dass die Verteilung im Raum gleichmäßig erfolgt.

In einem Raum ohne parallele Wände gilt das gleiche Prinzip, jedoch lassen sich die Raummoden dort erheblich schwieriger bestimmen und klingen durch die unregelmäßigen Reflexionen schneller ab. Die Bestimmung dieser Moden ist deshalb so wichtig für den Akustiker, da er anhand dieser Frequenzen ermittelt, wo und wie der Raum akustisch behandelt werden muss.

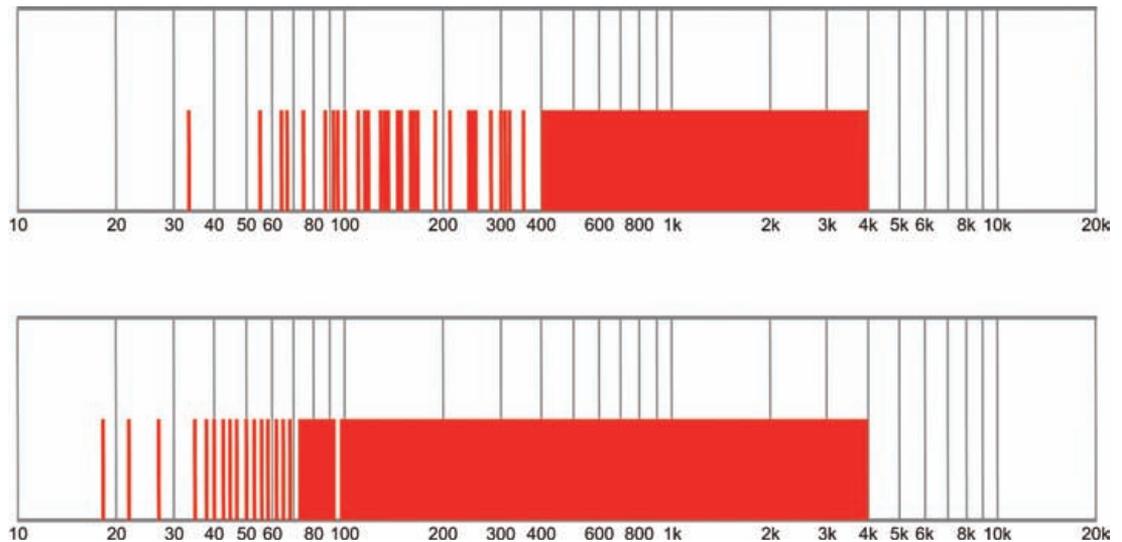
Je dichter die Moden eines Raumes zusammenliegen, desto besser wird der Raum klingen, weil sich die Welligkeit des Frequenzgangs mit zunehmender Modendichte glättet. Bei kleinen Räumen liegen die Moden im Bassbereich recht weit auseinander. Somit stellt der Bassbereich in normalen Wohnräumen das größte Problem dar und erfordert die meiste Aufmerksamkeit.

**Ausblick Teil 2**

Im nächsten Teil werde ich anhand eines exemplarisch vorgestellten Raumes Möglichkeiten zur kostengünstigen Optimierung vorstellen. Dabei wird aufgezeigt, welche Punkte in einer Regie oder einem Studio besonderes Augenmerk verlangen, und wie sich Absorber positionieren lassen.



Dargestellt ist eine Mode im Raum anhand ihres Schalldrucks, der an den Begrenzungsflächen ein Maximum hat; dort können wirksame Gegenmaßnahmen vorgenommen werden



Die obere Darstellung zeigt einen kleinen Raum, die untere einen größeren; es wird deutlich, dass die Modenverteilung im großen Raum gleichmäßiger ist, wodurch der große Raum homogener klingt, beim kleinen Raum sind Frequenzeinbrüche bis ca. 400 Hz zu erwarten