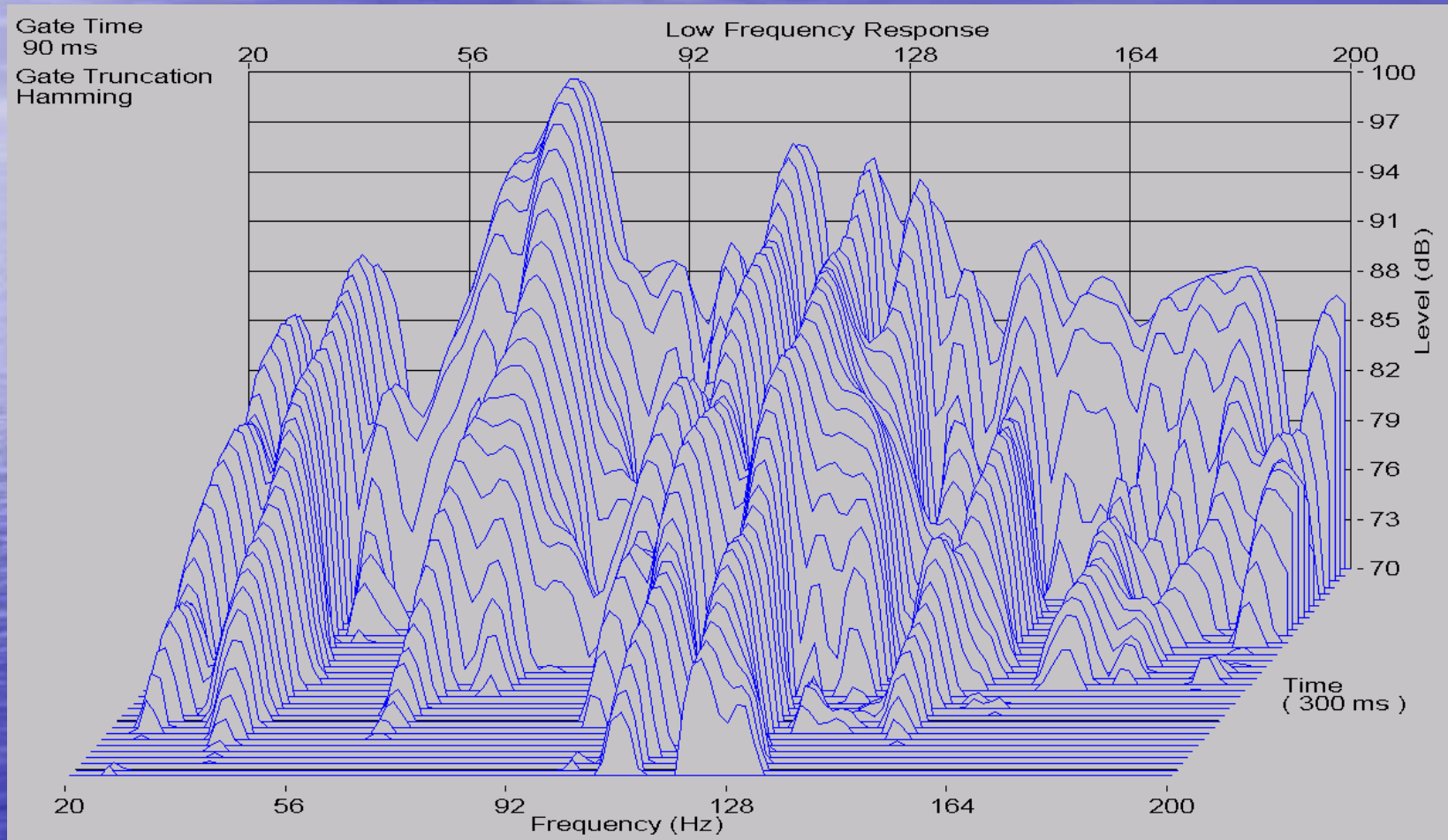


Raumzeitalter



Raumresonanzen – auch Raummoden genannt sind die Feinde guter Wiedergabe.



Jeder Raum hat in min. 3 Richtungen Resonanzen.

Diese gilt es, zu vermeiden oder zu bekämpfen

Dazu müssen diese erfasst werden

Das ist einfach, denn wir können diese berechnen

Raumresonanzen können einfach berechnet werden:

$$F_{res}(n_x, n_y, n_z) = \frac{c}{2} \sqrt{\frac{n_x^2}{L^2} + \frac{n_y^2}{W^2} + \frac{n_z^2}{H^2}}$$

c = Schallgeschwindigkeit (344m/sec bei 20°C und 50% Luftfeuchte)

L, W, H = Länge, Breite, Höhe des Raumes in m

n_x, n_y, n_z (0,1,2,3) identifizieren die verschiedenen Resonanzen

F_{res} ist die Resonanzfrequenz in Hertz

Alle Resonanzen können einfach zugeordnet werden durch ganzzahlige Kombinationen von n_x , n_y und n_z . In der Praxis sind die axialen Resonanzen und davon die ersten 3-4 am wichtigsten.

Das macht die Berechnung einfach

$$F_{axial}(n) \approx \frac{172n}{D}$$

- Beispiel: Bei einem Raum, der 5m lang ist, ist die erste "vorhergesagte" axiale Resonanz bei 34Hz. Bei der doppelten und dreifachen Frequenz sind die nächsten Resonanzen.



Alles Klar?

War doch ganz einfach...



Damit habe ich Ihnen wohl kaum etwas erklärt und schon gar nicht geholfen...



Um was geht es eigentlich?

Wir wollen gut Musik hören und Heimkino genießen!

Merksatz: Dazu muss die Wiedergabe AUSGEWOGEN und ZEITRICHTIG sein

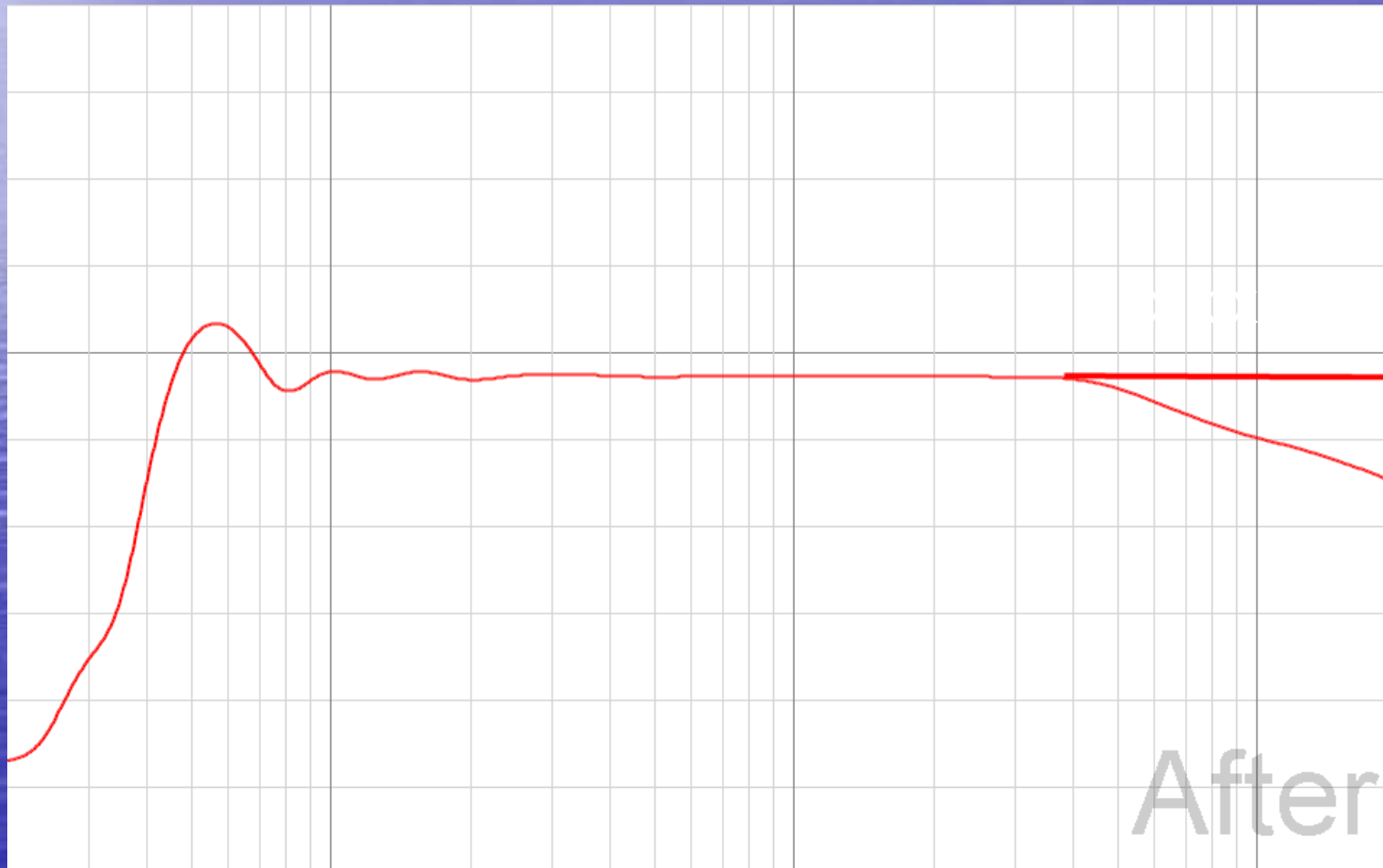


Vermutung:

Ausgewogen ist dann eine Wiedergabe, wenn alle
Frequenzen gleichlaut gehört werden.
Stimmt dies?

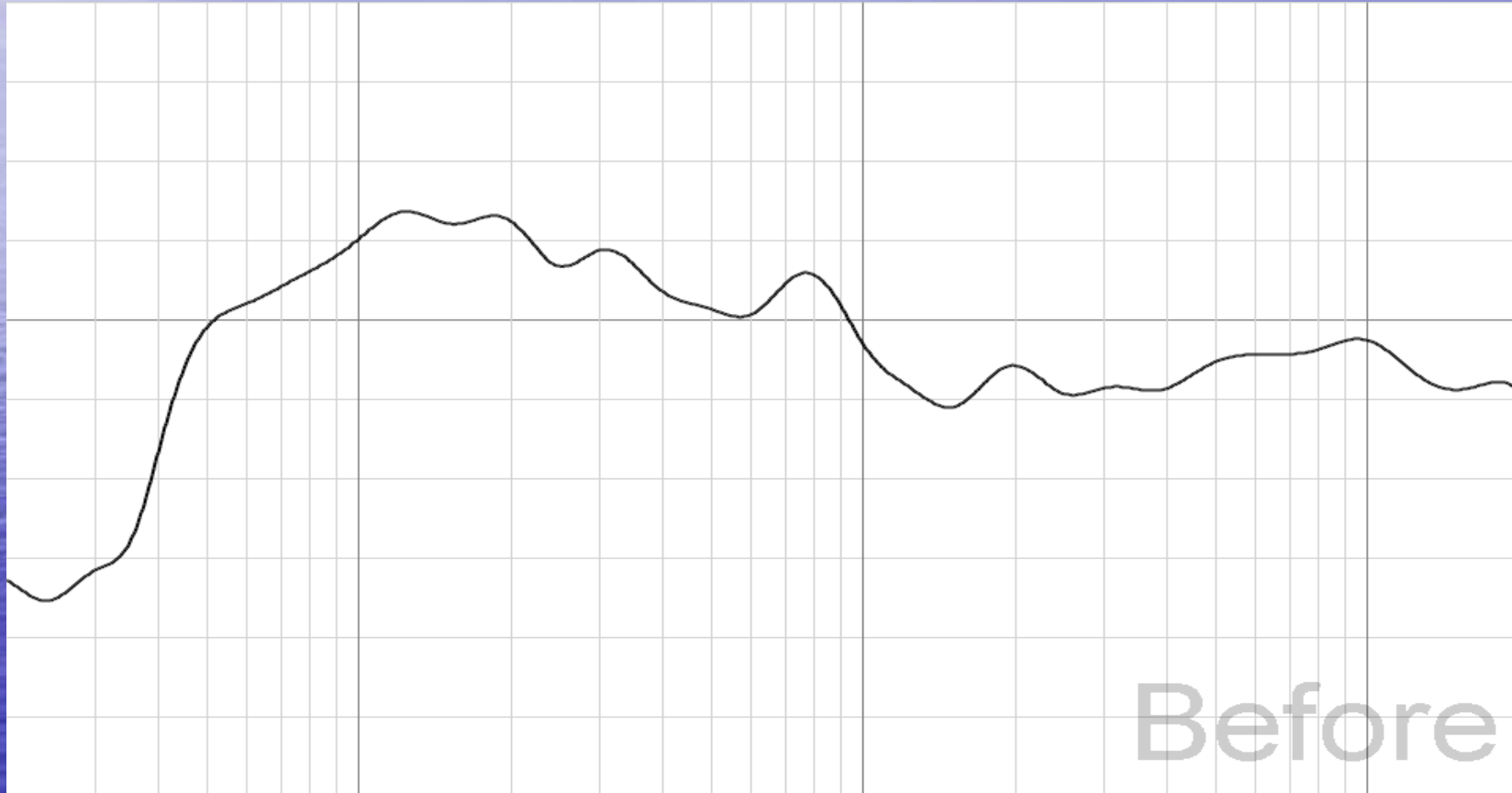
NEIN!

Eine Lautsprecherbox mit linearem Frequenzgang am Hörplatz klingt schrill und hart!



After

So darf es aber auch nicht aussehen!





Was ist die Ursache?

Wichtiger als alle anderen Parameter sind die Raumeigenschaften!

Der Klang wird durch

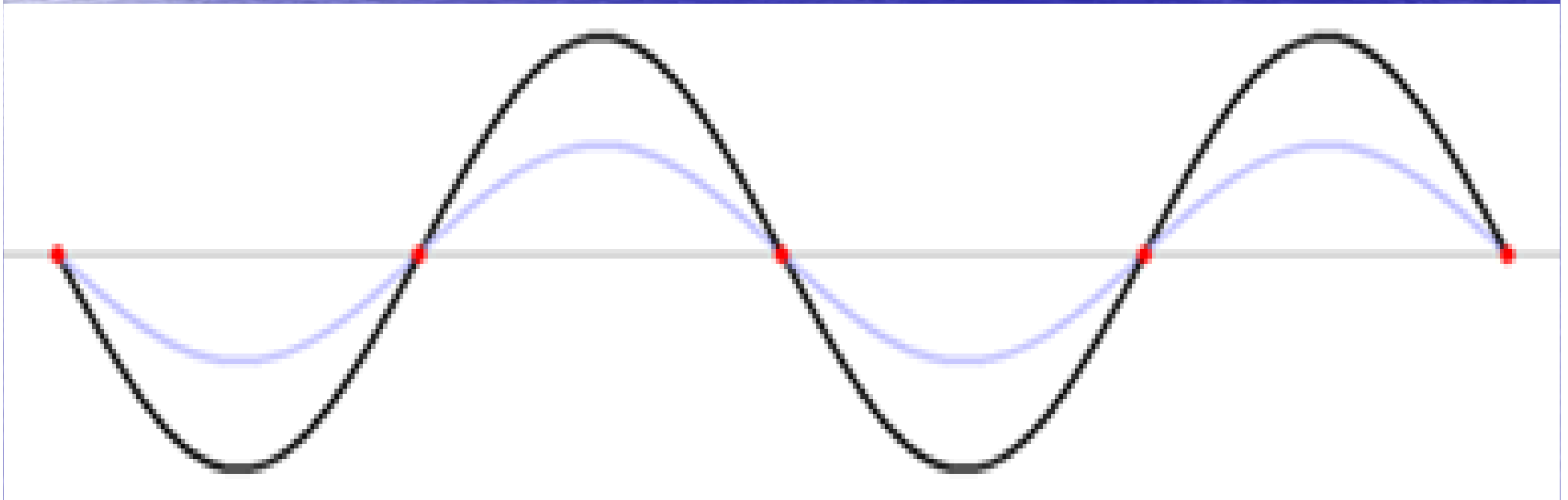
1. Raummoden

2. Reflexionen

Extrem beeinflusst

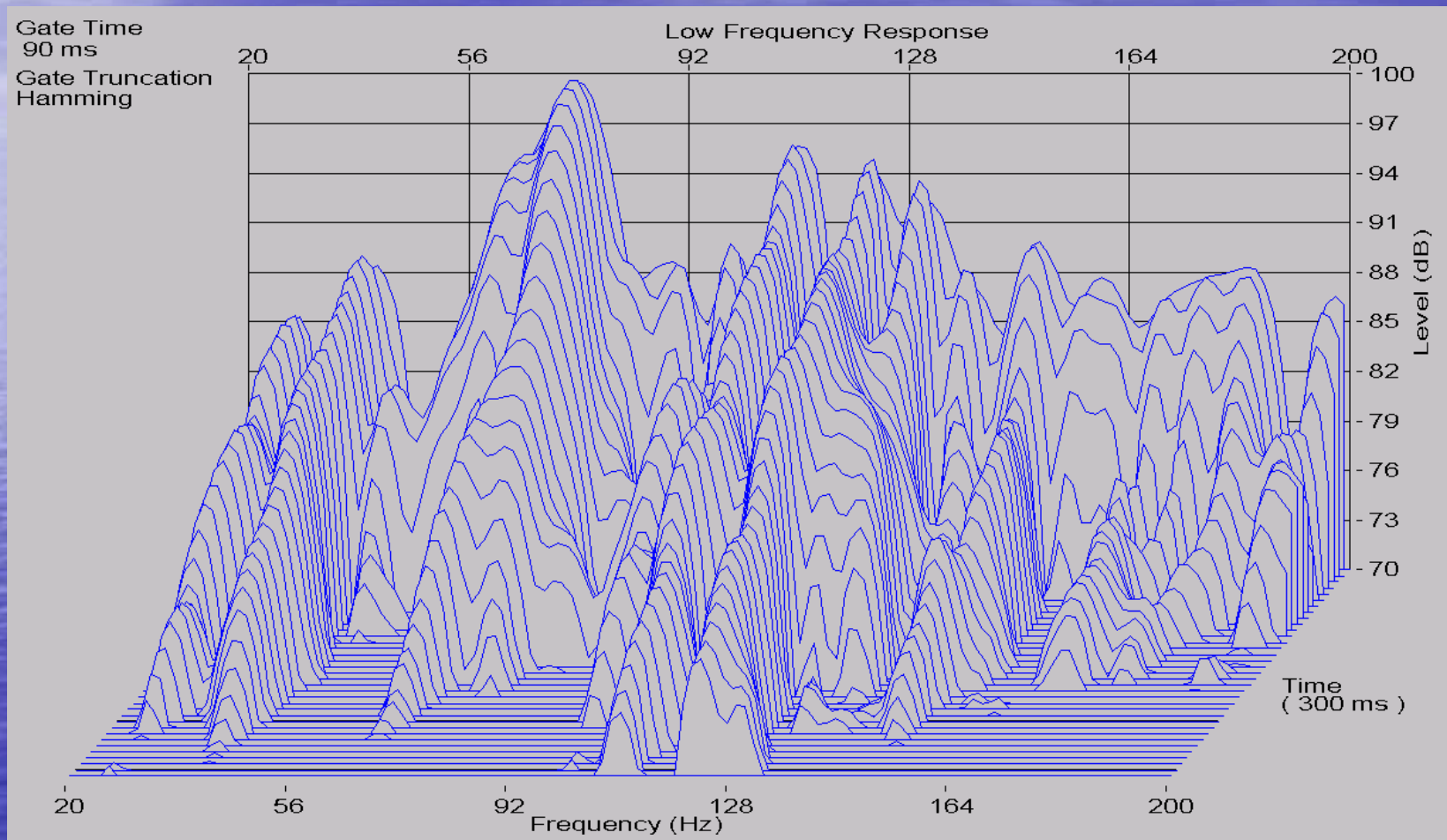
Raummoden

Zwischen parallelen harten und glatten Flächen entstehen durch das „Zurückwerfen“ der Schallwelle stehende Wellen. Diese verlieren nur langsam Energie, sie schwingen nach. Die Frequenz wird bestimmt durch die Schallgeschwindigkeit und die Dimensionen des Raumes.





Das "Wasserfalldiagramm" zeigt den zeitlichen Verlauf des Abklingens





Raummoden gibt es nur unter ca. 250Hz!

Warum?

Oberhalb dieser Frequenz ist die Wellenlänge λ zu klein.

Die Wellenlänge λ errechnet sich aus der Frequenz und der Schallgeschwindigkeit.

Beispiel: 30Hz welche Wellenlänge?

$$344\text{m/sec} : 30\text{Hz} = 11,46\text{m Wellenlänge}$$

Da bereits eine Halbwelle Druckminima und Maxima hat, ist die halbe Wellenlänge zu betrachten! Bei einem Raum mit 5,73m Länge hätten wir also hervorragend Resonanzen bei 30Hz.



Wie kann ich Raummoden bekämpfen?

Ungünstige Räume vermeiden. Ungünstig sind gradzahlige Verhältnisse der Raumdimensionen z.B. 6m L X 3m B x 3m H

Parallele Flächen vermeiden

Ich kann doch nicht neu bauen, nur um Musik zu hören!

Deshalb gibt es weitere Möglichkeiten

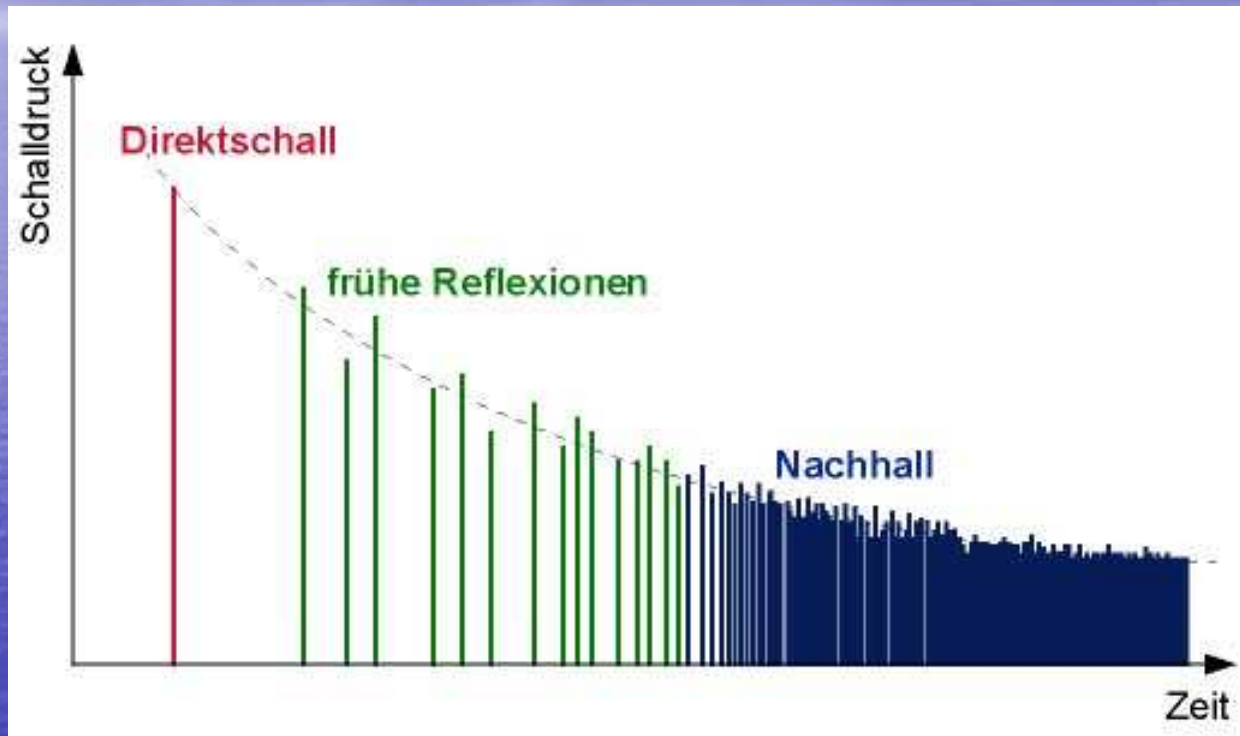
The good old way: Helmholzresonatoren und Bassabsorber

Neue Techniken: Elektronische Raumentzerrung

Was **nicht** funktioniert:

Vorhänge, Schaumstoff, Glaswolleplatten o.ä. Dazu müssten diese Materialien min. $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge dick sein. Ergo brauchen wir bei 30Hz ca. 2,87m dicken Schaumstoff...

Aber es gibt noch mehr wichtige Parameter:



Was ist RT60???

RT60 ist eine der wichtigsten Eigenschaften in der Raumakustik. Damit wird ausgedrückt, in welcher Zeit ein Ton bei plötzlichen Verstummen auf ein tausendstel = - 60db abklingt.

Für normale Wohnräume sind ca. 0,35sec – 0,8 sec anzustreben.

Das Geheimnis der ersten Wellenfront



Das psychoakustische Gesetz der ersten Wellenfront besagt: Trifft das gleiche Schallereignis aus unterschiedlichen Richtungen auf das Ohr, wird nur die Richtung des zuerst eintreffenden Ereignisses erkannt!

Sind erste und zweite Wellenfront zeitlich zu dicht folgend, ist die Ortbarkeit eingeschränkt

Dies ist bei ca. < 2msec der Fall. Bei 2 Schallquellen (1. Der Direktschall, 2. Die Reflexionen) wird eine virtuelle Schallquelle zwischen diesen beiden Schallquellen lokalisiert. Die korrekte Ortbarkeit wird damit eingeschränkt!

Impulsantwort



Before



After

Tipps



- * Immer von Schallhart nach Schallweich abstrahlen
- * Diffusoren am Hörplatz benutzen. Das können z.B. Pflanzen, Bücher, Möbel o.ä. sein.
- * Dipolstrahler müssen besonders sorgfältig aufgestellt werden. Diese benötigen eine parallele Rückwand
- * Durch geeignete Tuningmassnahmen die RT 60 des Raumes begrenzen. Dies können Akustikpanelle und/oder Vorhänge, Teppiche etc. sein
- * Mit der Kombination von elektronischen und mechanischen Maßnahmen werden Sie die besten Erfolge erzielen.
- * Nur mit Messequipment sind wirklich zutreffende Lösungen zu finden.

Zusammenfassung

- Die Raumakustik hat viel grössere Auswirkung auf den Klang als Kabel, Spikes, Stecker und andere "Tuningmittelchen"
- Raummoden sind $< 250\text{Hz}$. Mit herkömmlichen Dämpfungsmassnahmen (Teppich, Vorhänge, etc) können Mittel-Hochton Bereiche bedämpft werden, nicht jedoch der Bassbereich.
- Dazu bedarf es elektronischer und/oder mechanischer Massnahmen.
- Der korrekte Zeitverlauf der Wiedergabe ist mindestens genauso wichtig wie der Frequenzgang.