

Grundlagen der Beschallungstechnik



Sabine Heymann

Dipl.-Phys.-Ing.

Eleonorenstrasse 11

65474 Bischofsheim

Telefon 0 61 44 - 4 12 05

Telefax 0 61 44 – 83 01

s.hey mann@ifbcon.de

www.ifbcon.de

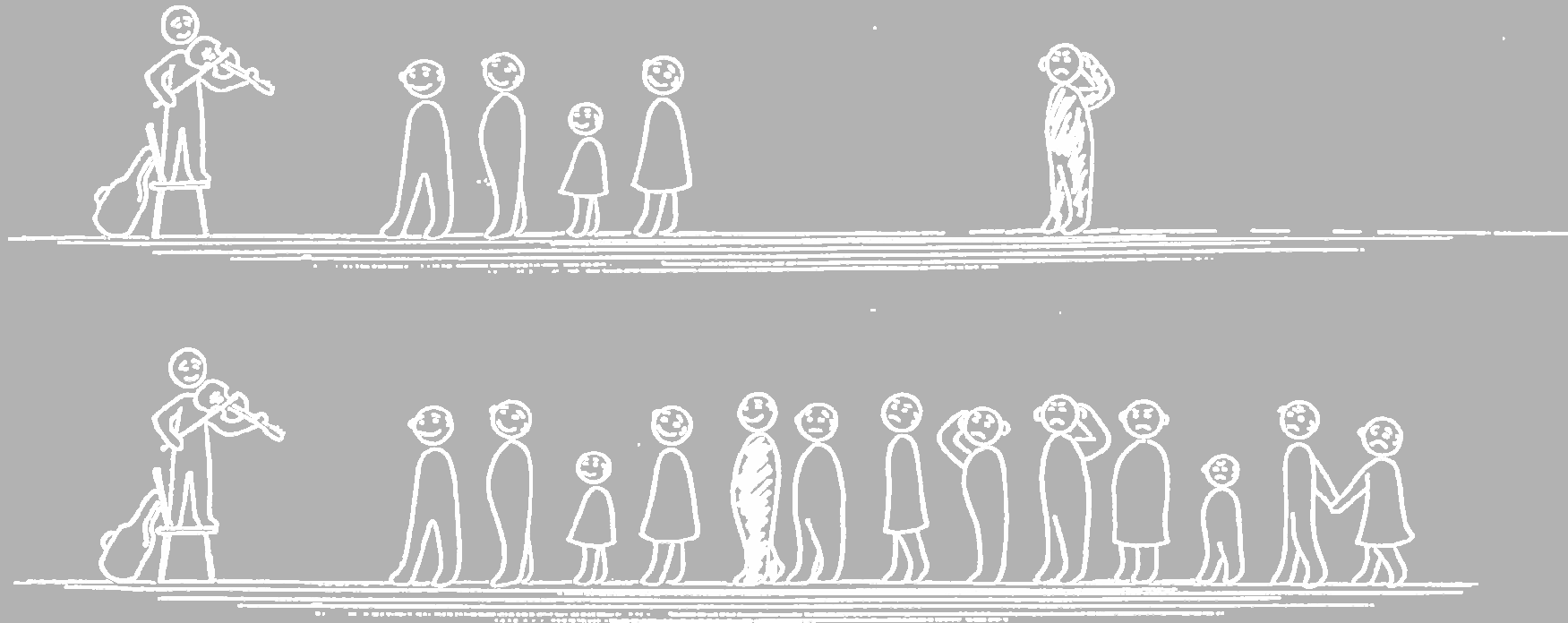
www.ifbcon.de

Grundlagen der Beschallungstechnik

Wichtig als Grundlage des Dimensionierens (Planens):

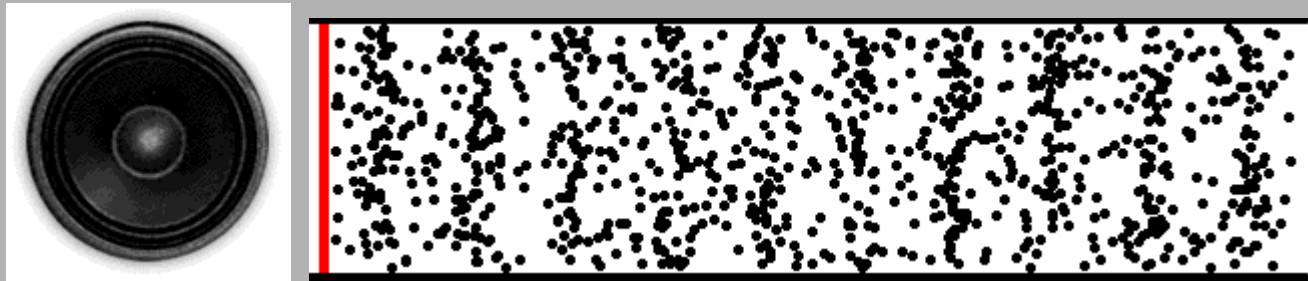
- Kenntnisse über das Zusammenwirken von raum- und elektroakustischen Parametern
- Grundgrößen der Akustik
 - Schalldruckpegel SPL
 - Abstandsgesetz
- Pegel „im Freien“
- Pegel „im Raum“
- Pegelberechnung nach Hopkins-Stryker
- Sprachverständlichkeit

Was macht eine Beschallungsanlage?

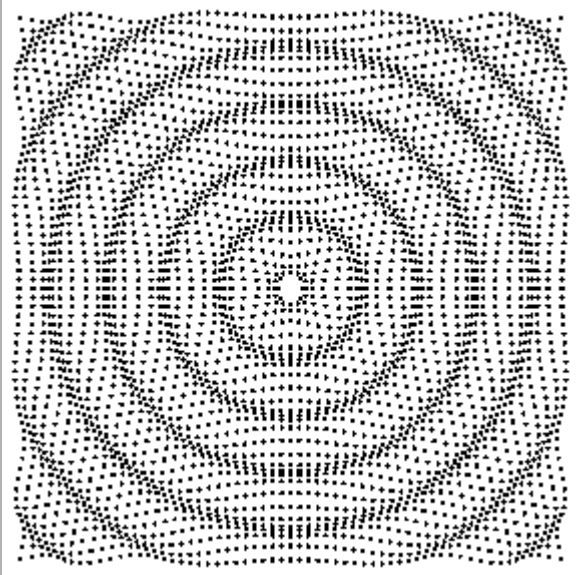


***Unterschiedliche akustische Eigenschaften
an verschiedenen Zuhörerorten***

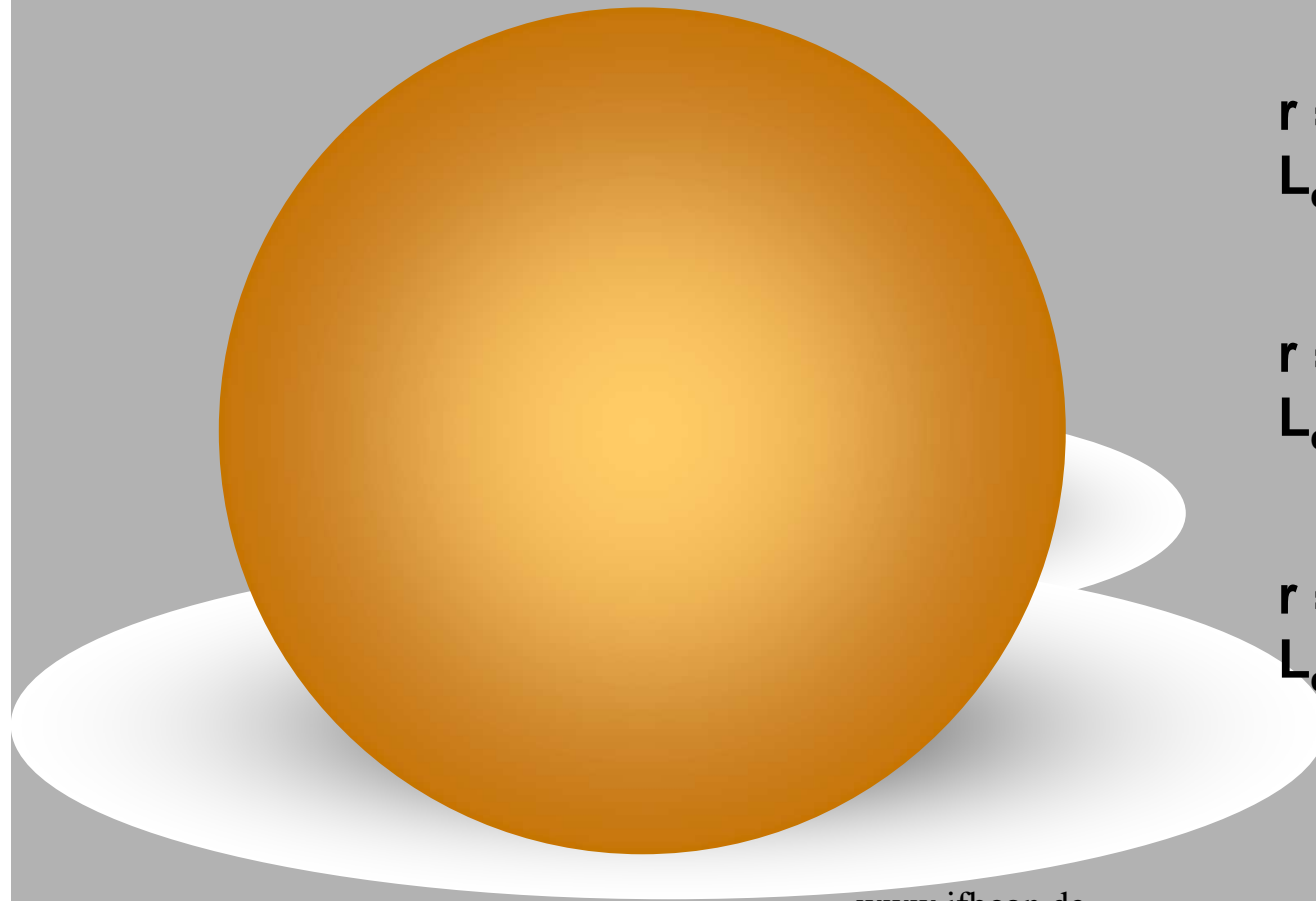
Ausbreitung von Schall



Ausbreitung von Schall



Abnahme des Schalldruckpegels mit der Entfernung

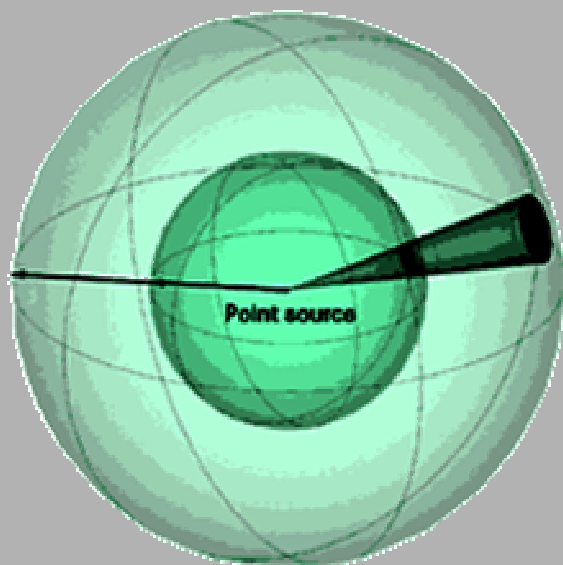


$r = 1 \text{ m}$
 $L_d = 0 \text{ dB SPL}$

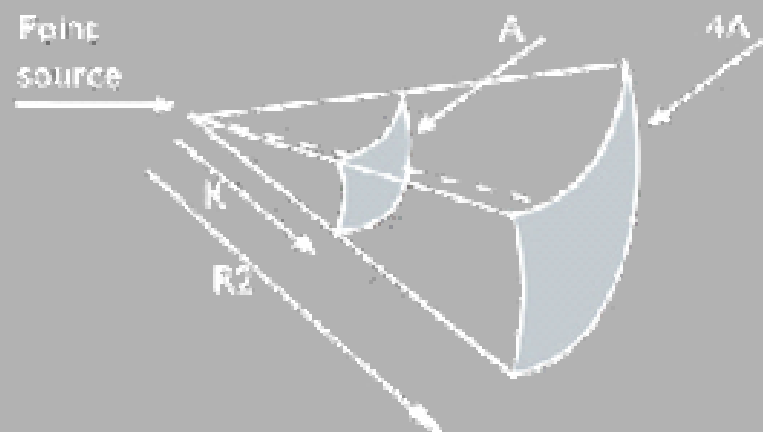
$r = 2 \text{ m}$
 $L_d = -6 \text{ dB SPL}$

$r = 4 \text{ m}$
 $L_d = -12 \text{ dB SPL}$

Das Entfernungsgesetz



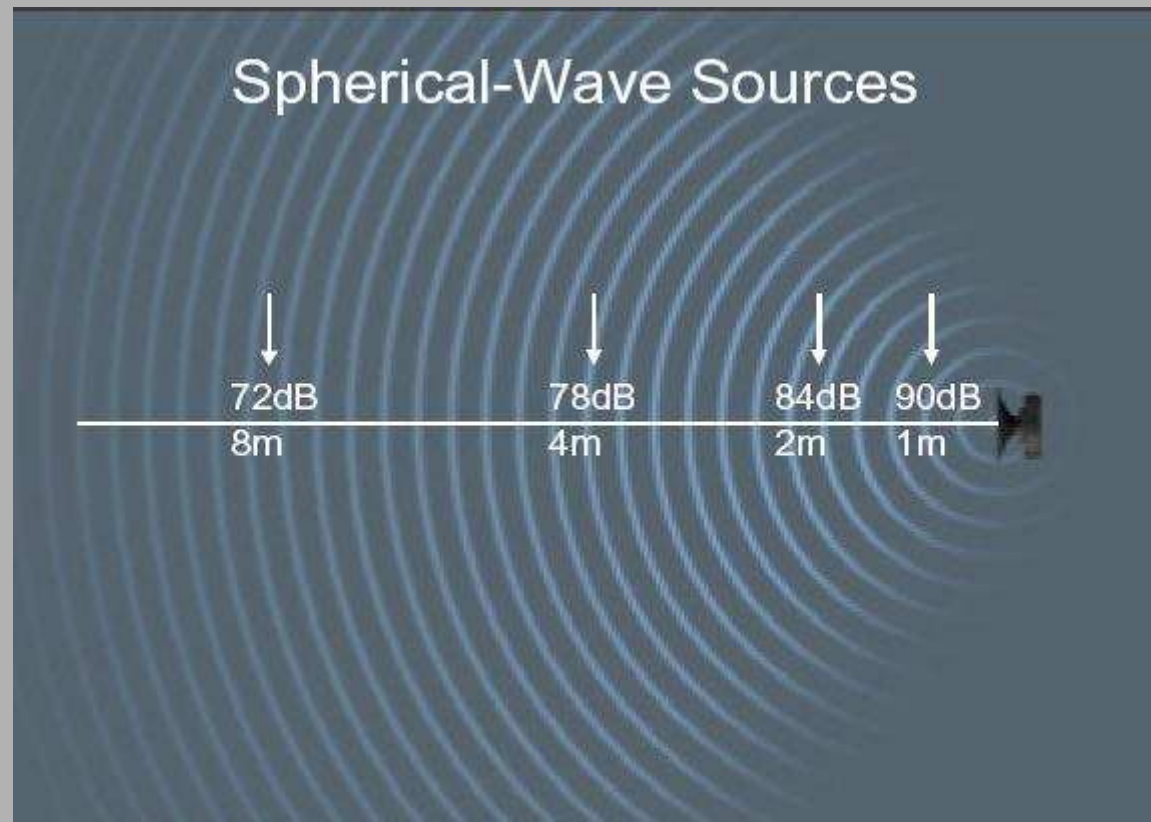
Punktschallquelle



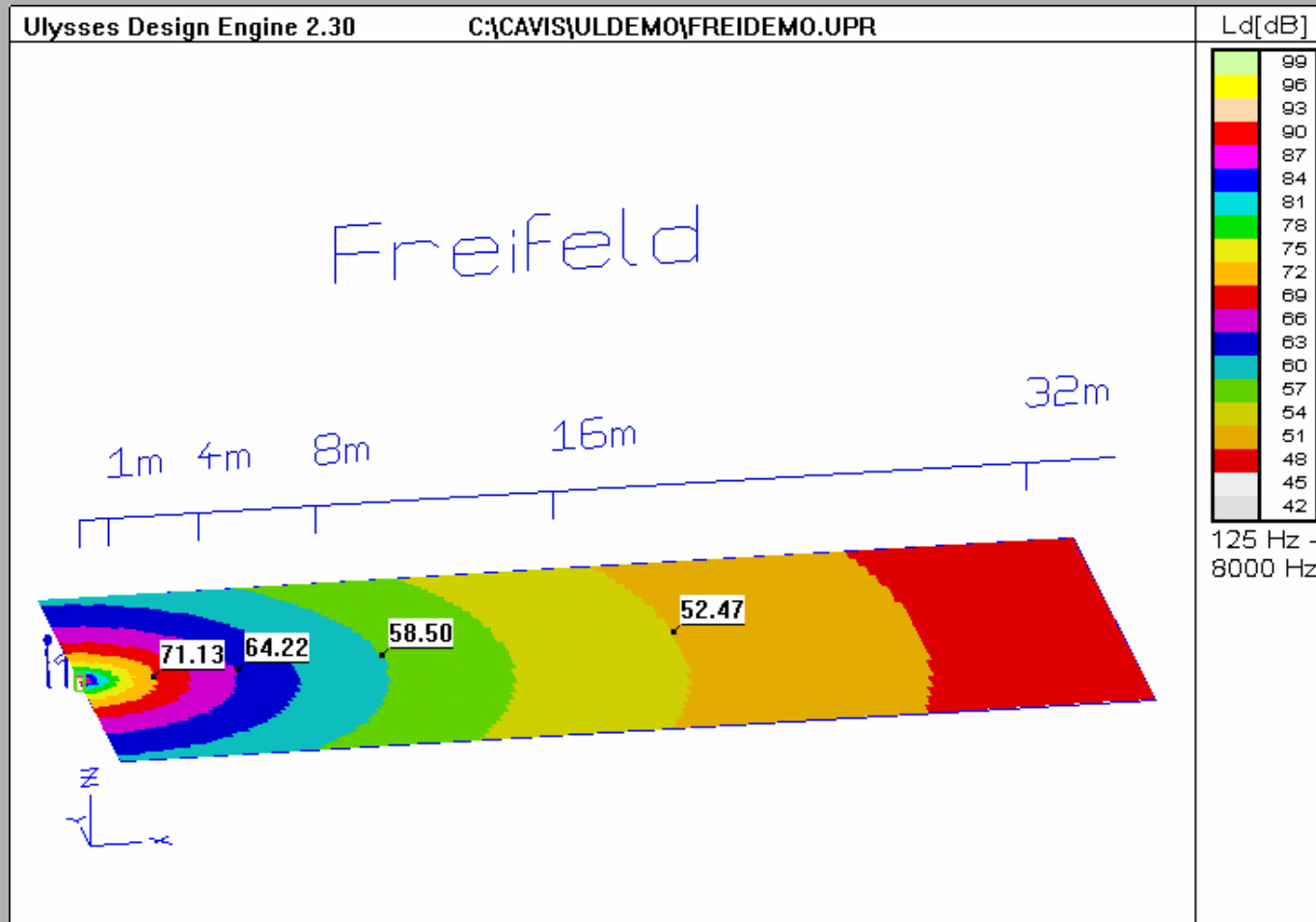
Bei einer Entfernungsverdoppelung verteilt sich die abgestrahlte Energie auf die 4-fache Fläche.

⇒ die „Lautstärke“ nimmt ab

Das Entfernungsgesetz



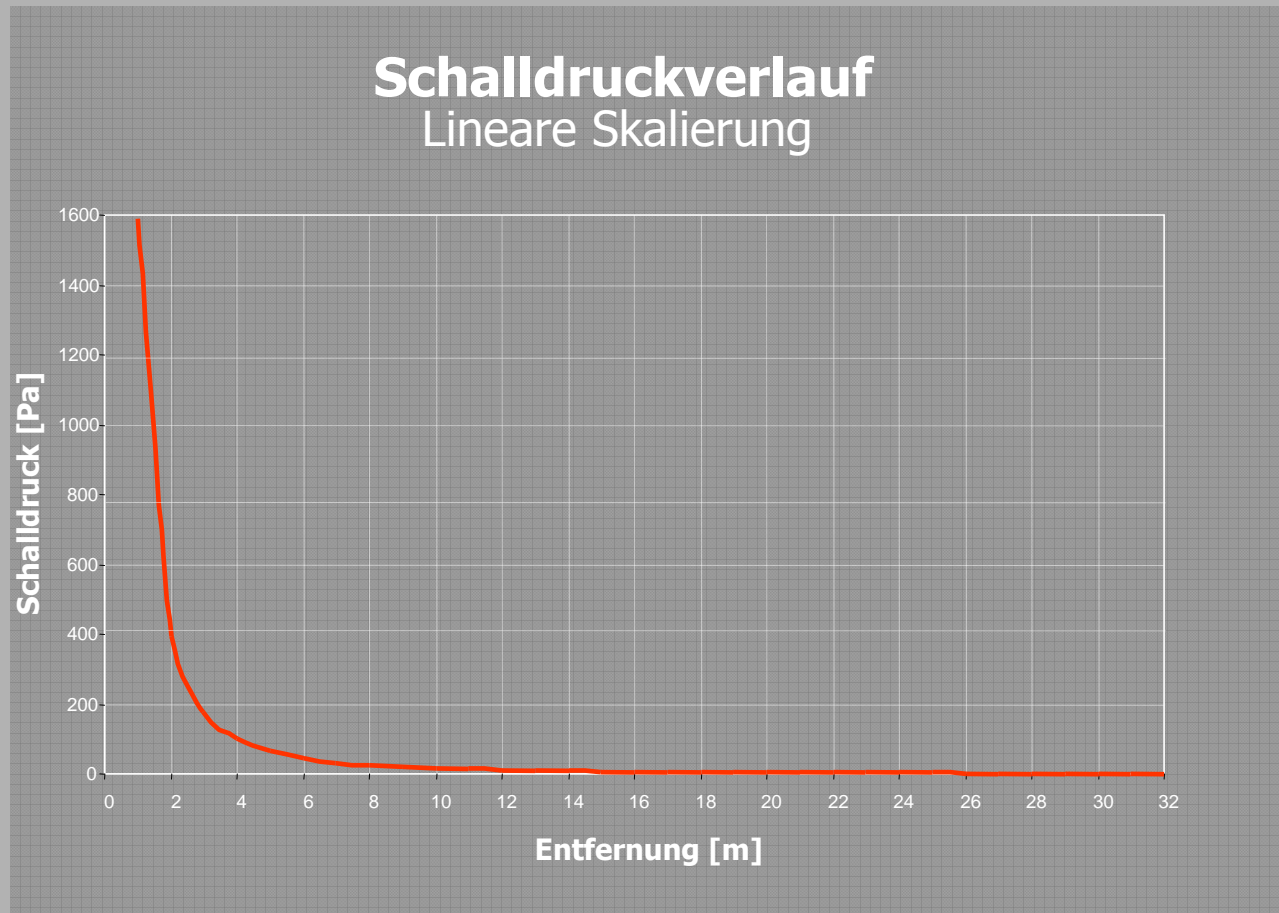
Das Entfernungsgesetz



Computersimulation einer Kugelschallquelle

Das Abstandsgesetz

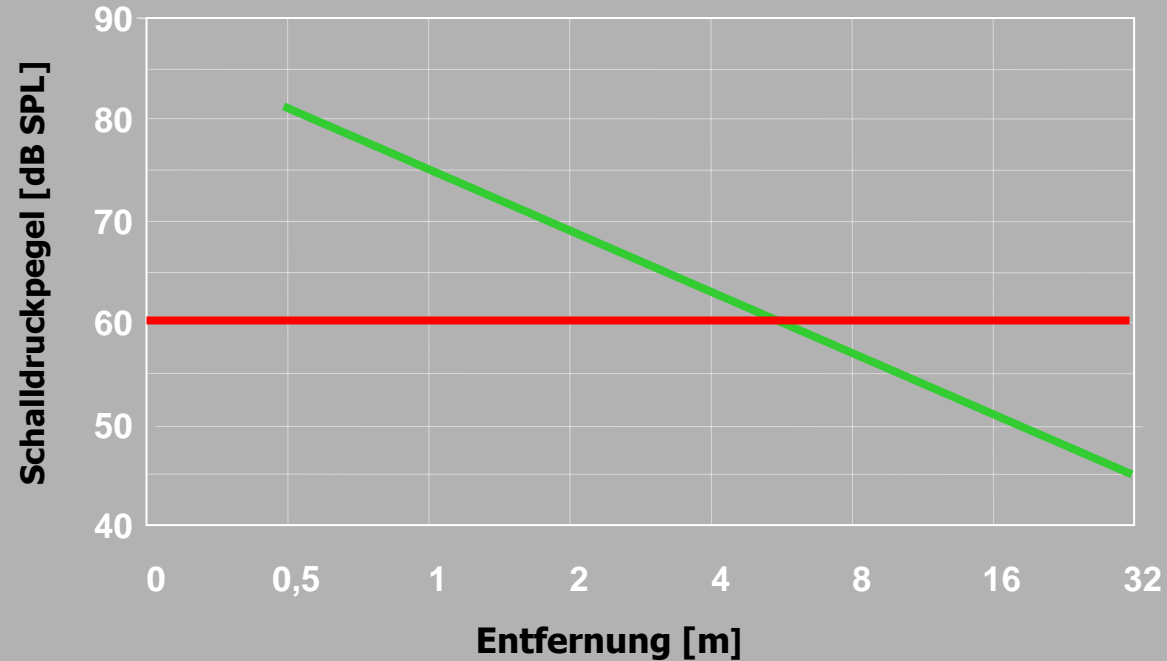
(Abhängigkeit des Schalldruckpegels von der Entfernung)



Das Entfernungsgesetz



Schalldruckpegelverlauf in dB SPL

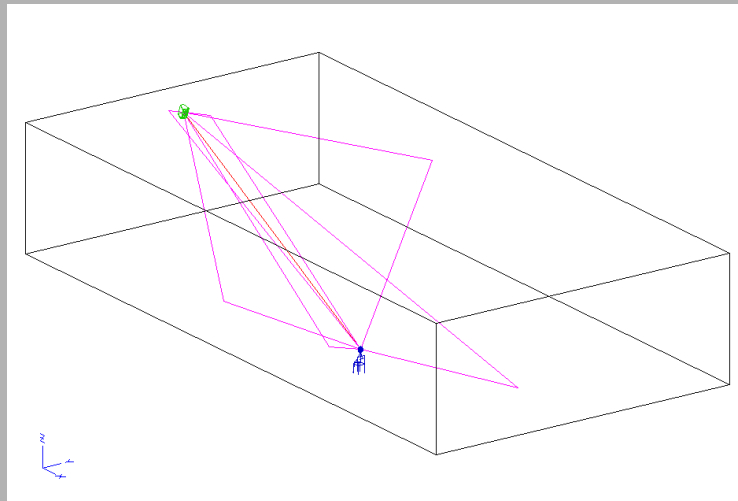


Mit jeder Entfernungsverdopplung nimmt der Schalldruckpegel um 6 dB ab. Das heißt, der Schalldruck halbiert sich.

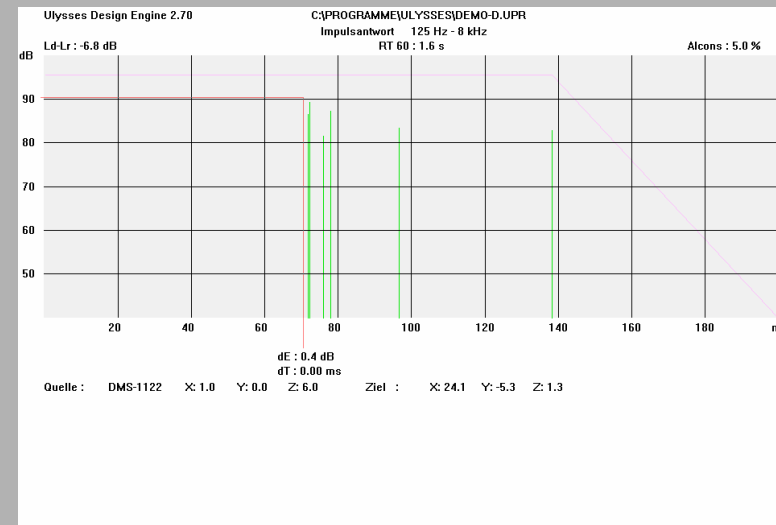
dB SPL	75	69	63	57	51	45	39	33	27	21
Meter	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512

***Was ist im Raum anders
als im Freifeld?***

Der zeitliche Ablauf



Reflexionen 1. Ordnung



Der zeitliche Ablauf

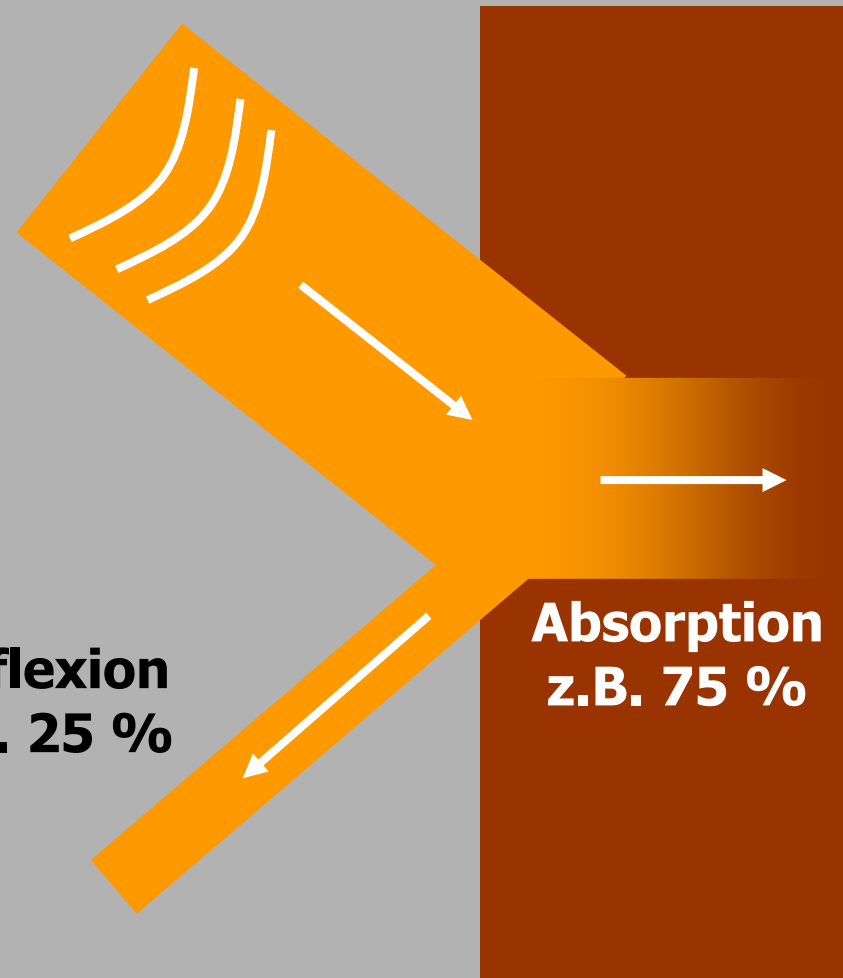


Absorptionsgrad α

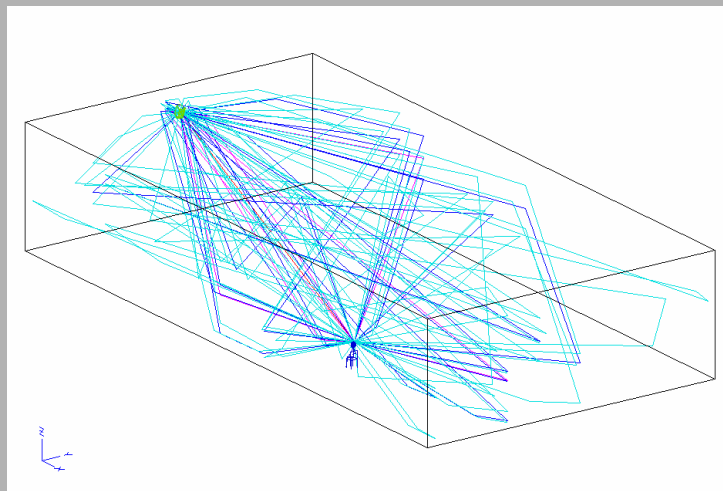
z.B. $\alpha = 0,75$

**Reflexion
z.B. 25 %**

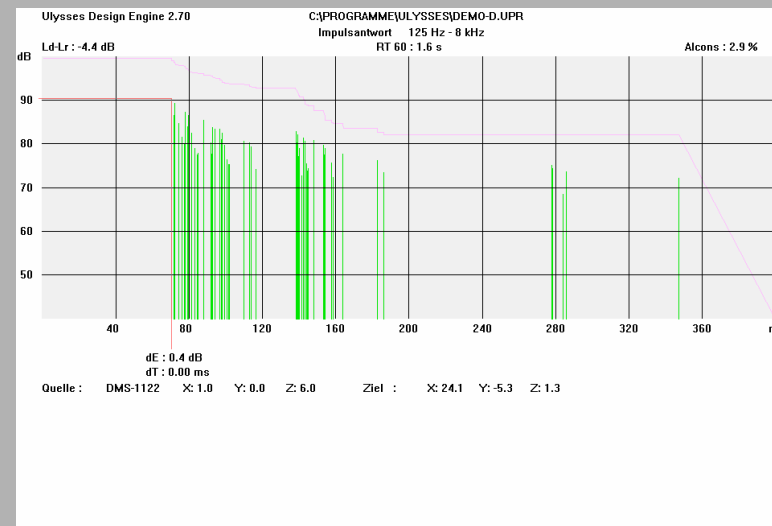
**Absorption
z.B. 75 %**



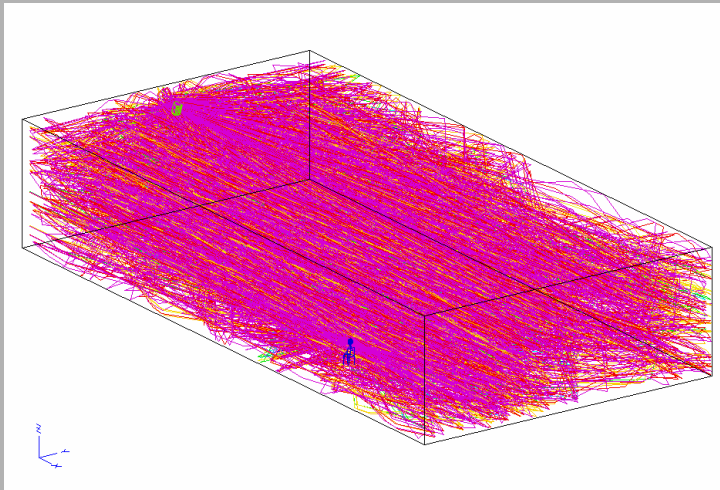
Der zeitliche Ablauf



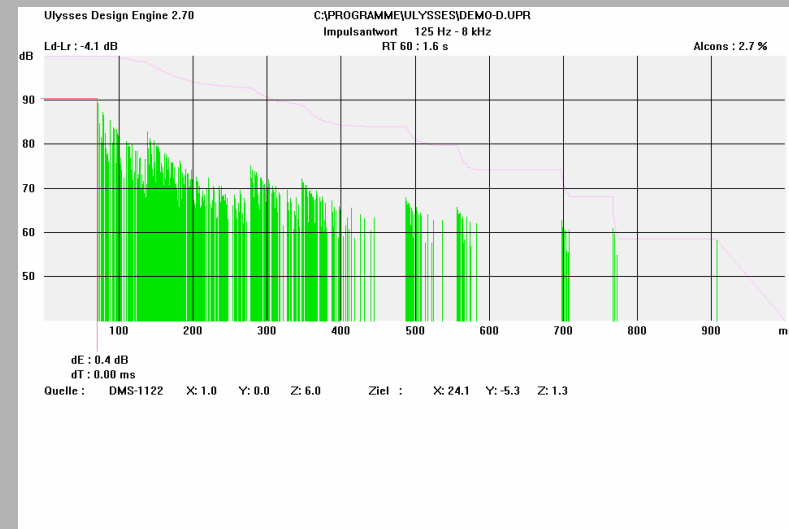
Reflexionen 3. Ordnung



Der zeitliche Ablauf

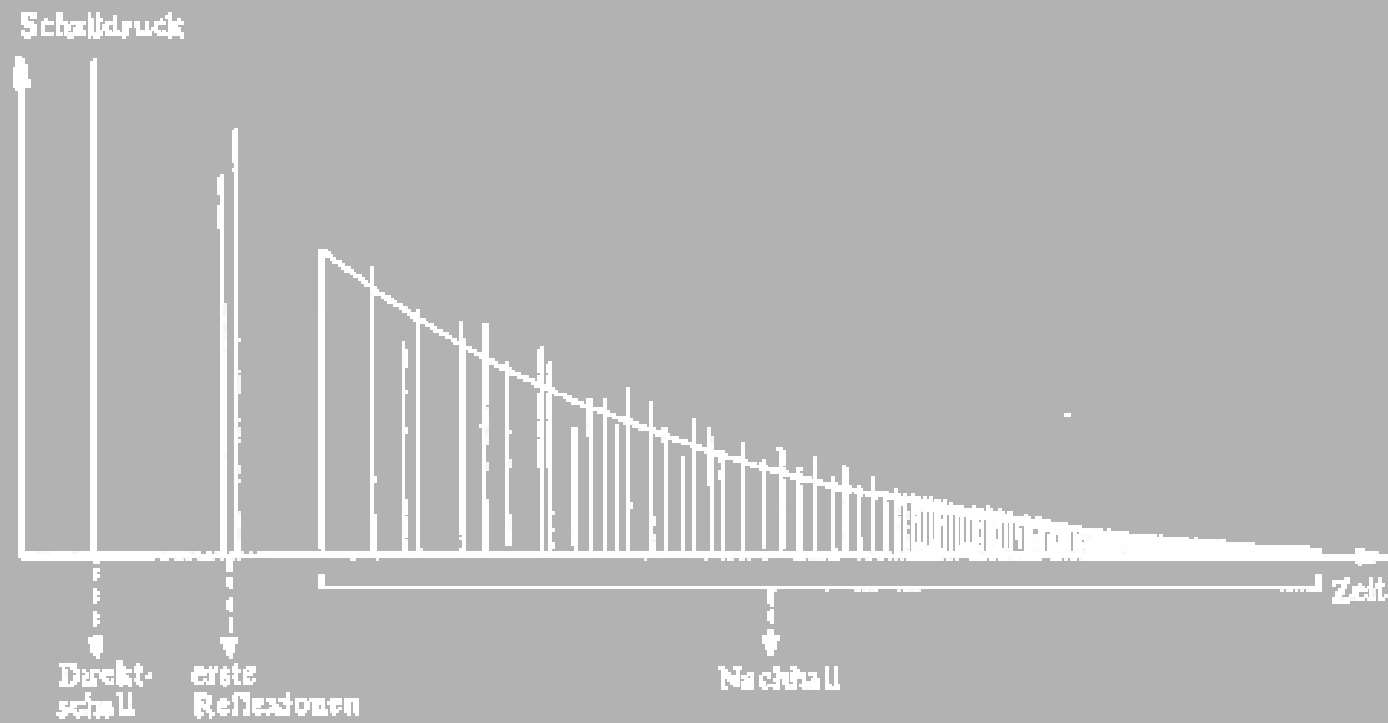


Reflexionen 8. Ordnung



-> es entsteht ein **Nachhallfeld**

Der zeitliche Ablauf

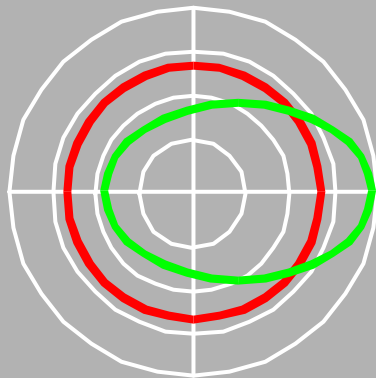


Directivity Factor Q (Bündelungsgrad)

Ein frequenzabhängiger Zahlenwert, der das Verhältnis der Schalleistung über alle Raumrichtungen angibt.

Directivity Index DI (Bündelungsmaß)

Der Directivity Factor Q (Bündelungsgrad) ausgedrückt in Dezibel (dB).

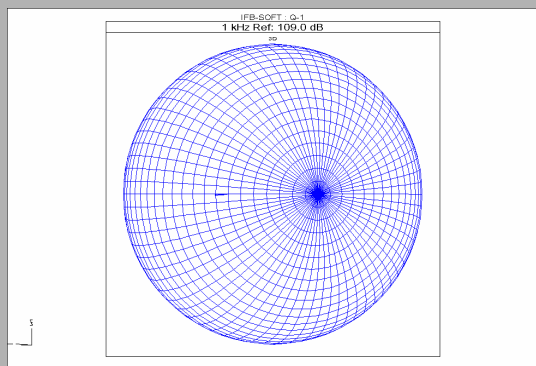


Directivity Factor Q (Bündelungsgrad)

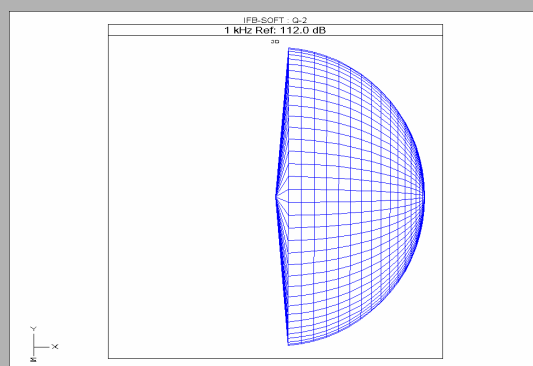
Ein frequenzabhängiger Zahlenwert, der das Verhältnis der Schalleistung über alle Raumrichtungen angibt.

Directivity Index DI (Bündelungsmaß)

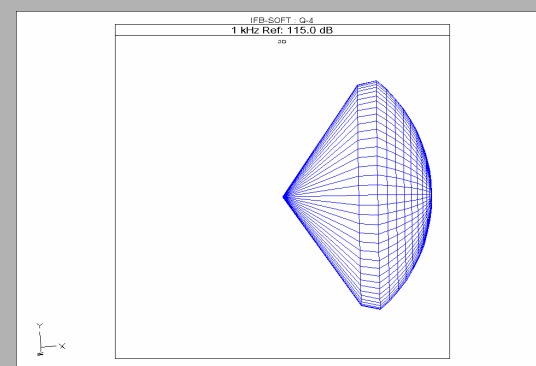
Der Directivity Factor Q (Bündelungsgrad) ausgedrückt in Dezibel (dB).



Q = 1
DI = 0 dB

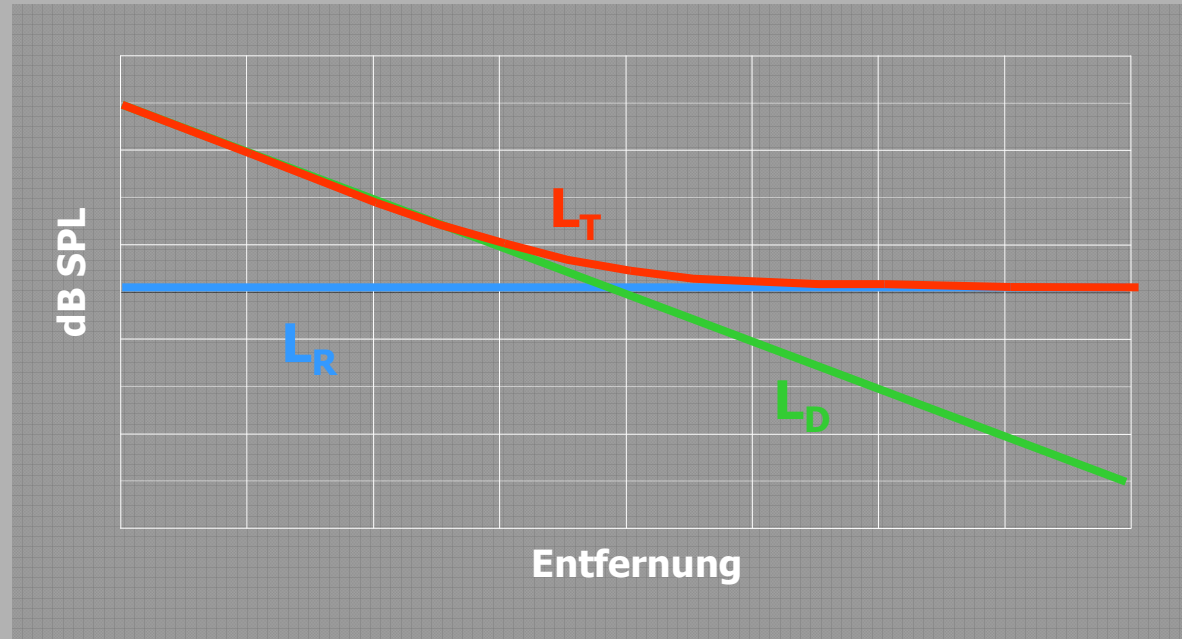


Q = 2
DI = 3 dB



Q = 4
DI = 6 dB

Auswirkung des Nachhallfeldes auf den Schalldruckpegelverlauf im Raum



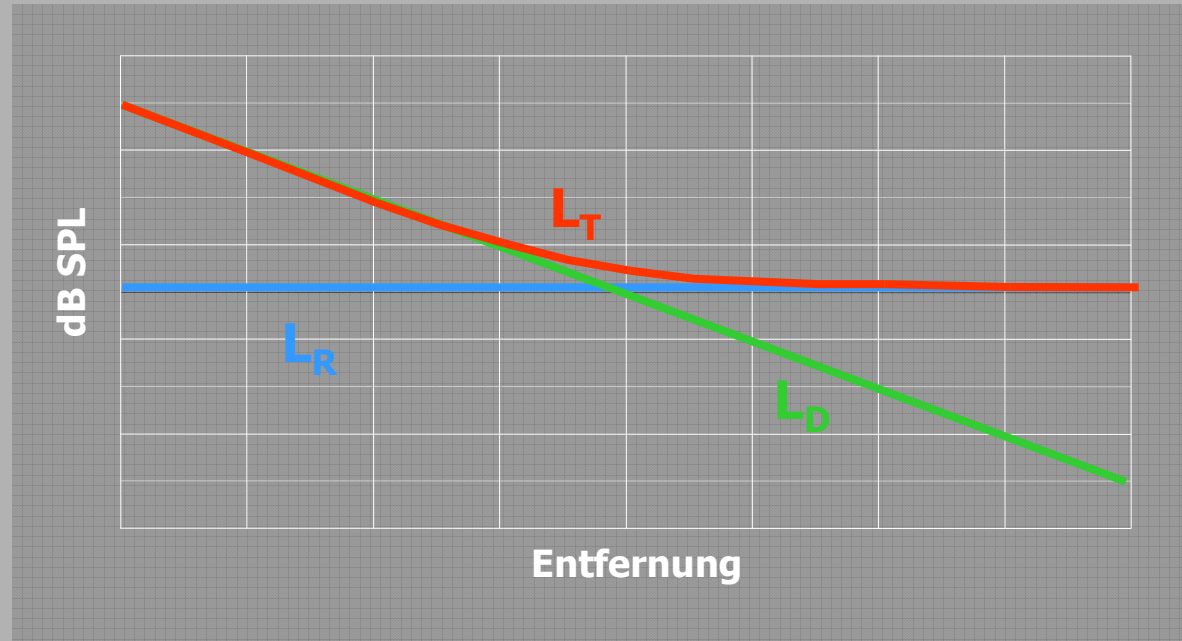
L_D : Direktschallpegel (-6 dB pro Entfernungsverdoppelung)

L_R : Nachhallpegel

L_T : Totalschalldruckpegel ($L_D + L_R$)

Zusammenwirken der akustischen Parameter

Wie lässt sich der Abstand vom Direktschall zum Nachhall vergrößern?



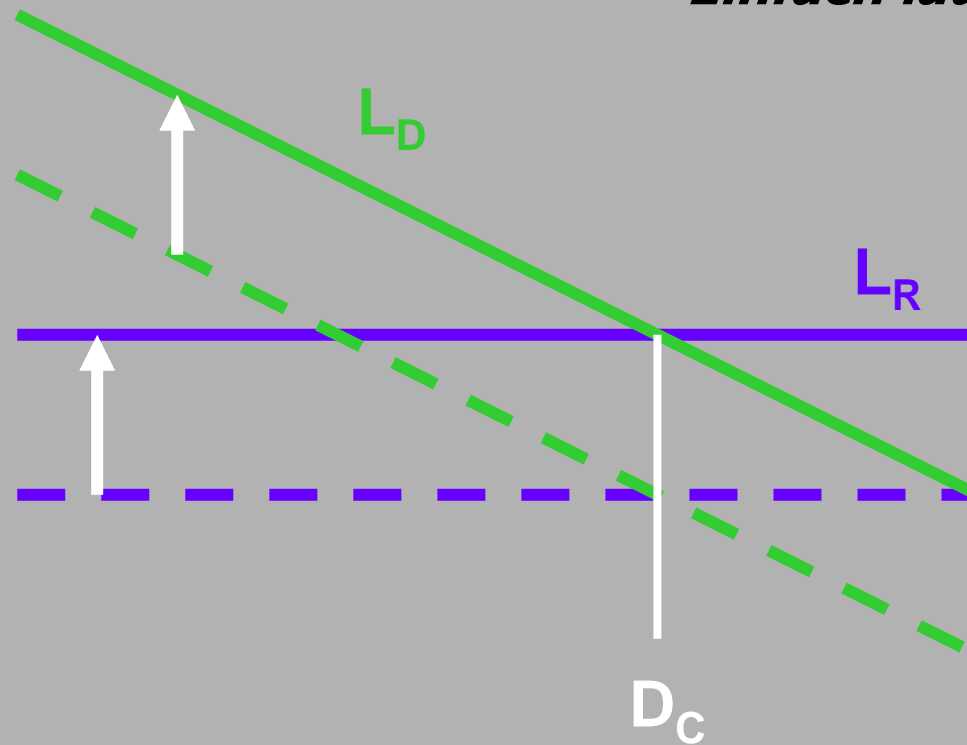
$$\Delta L_D = 10 \log \frac{Q}{4 \pi r^2}$$

$$\Delta L_R = 10 \log \frac{4}{S \alpha}$$



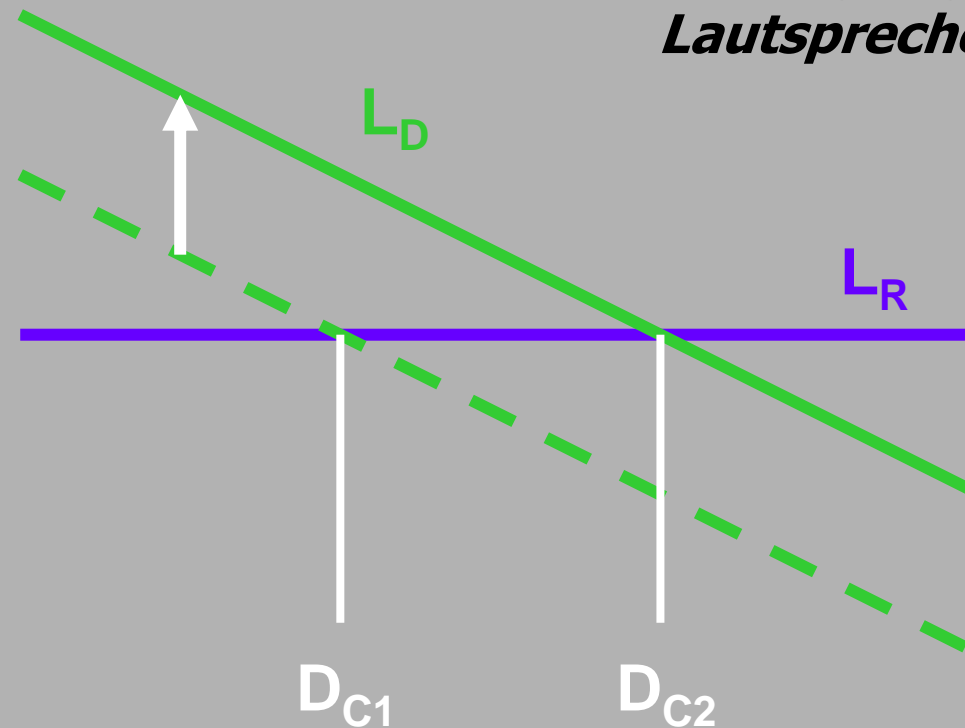
$$\Delta L_T = 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{S \alpha} \right)$$

Einfach lauter machen?



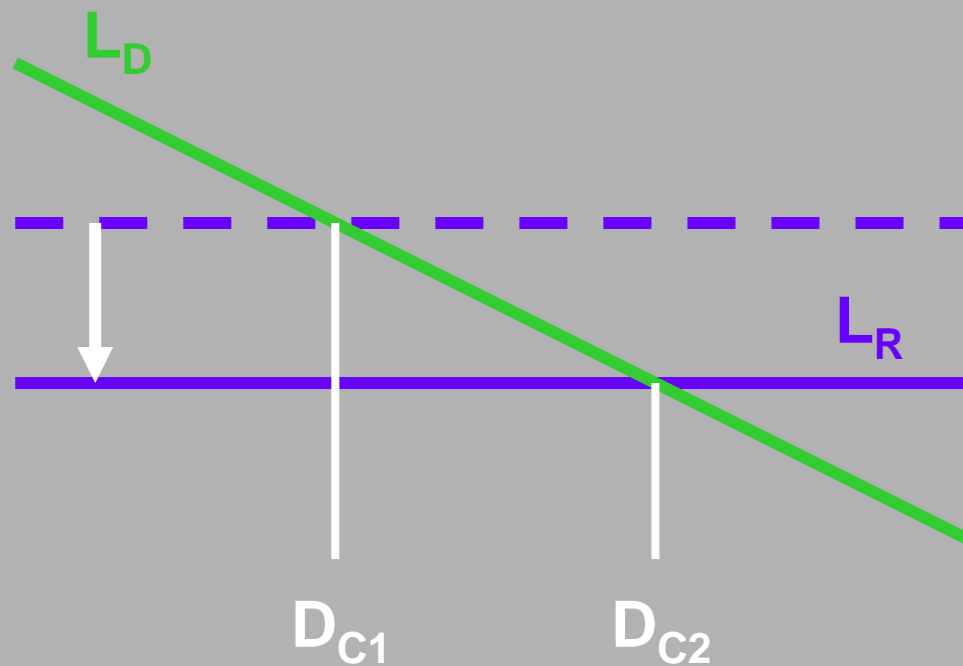
$$\Delta L_T = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{S \alpha} \right)$$

Bündelungseigenschaften des Lautsprechers verbessern?



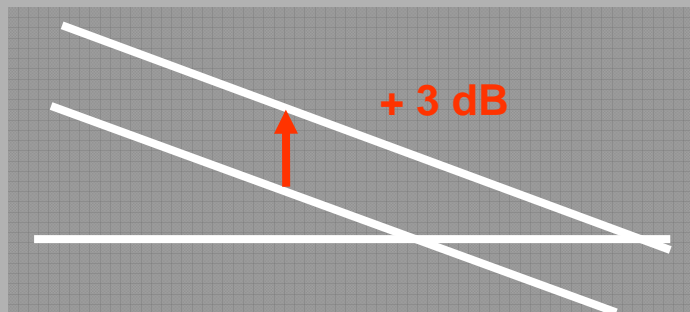
$$\Delta L_T = L_W + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{S \alpha} \right)$$

Den Nachhall reduzieren?

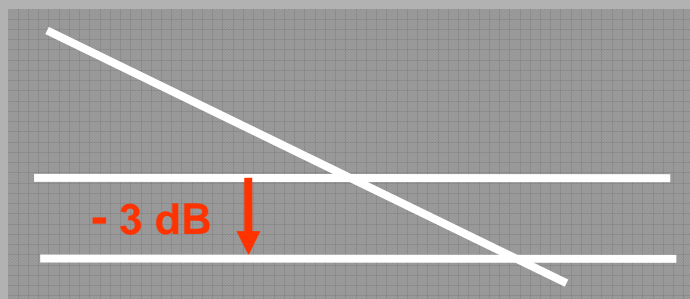


$$\Delta L_T = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{S \alpha} \right)$$

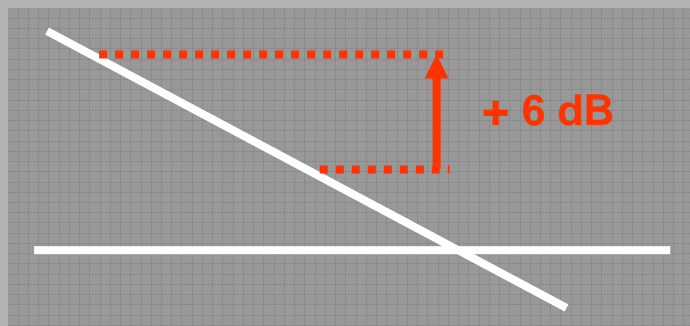
Zusammenwirken der akustischen Parameter



Verdopplung der Bündelung Q



Verdopplung der äquivalenten Absorptionsfläche S_{α}



Verringerung des Abstandes r

AL_{CONS} - Articulation Loss Of Consonants (Artikulationsverlust von Konsonanten)

nach Peutz, Davis & Davis

$$\%AL_{CONS} = \frac{200 \cdot D_x^2 \cdot RT_{60}^2 \cdot N}{V \cdot Q}$$

Abstand Lautsprecher-Zuhörer

Nachhallzeit

„Anzahl“ der Quellen (D/R Leistungsverhältnis)

Raumvolumen

Bündelungsfaktor

100 %	80 %	60 %	33 %	20 %	11 %	7 %	4 %	2 %	1 %	0 %	ALcons STI
schlecht			mangelhaft		befriedigend		gut	sehr gut			
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	

STI - **S**peech **T**ransmission **I**ndex (Sprachübertragungsindex)

nach Houtgast & Steenekens

$$m(F, S, N) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(2\pi F \frac{T}{13,8} \right)^2}} \cdot \frac{1}{1 + 10^{-\frac{S}{N} \cdot \frac{1}{10}}}$$

D/R Faktor

S/N Faktor

RASTI – **R**apid **S**peech **T**ransmission **I**ndex

100 %	80 %	60 %	33 %	20 %	11 %	7 %	4 %	2 %	1 %	0 %	ALcons STI
schlecht			mangelhaft		befriedigend		gut	sehr gut			
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	

Abhängigkeit der Verständlichkeit

S ↑	Entfernung, Wirkungsgrad, Empfindlichkeit, Elektrische Leistung
N ↓	Störgeräusche (und Nachhallzeit)
D ↑	Bündelung
R ↓	Nachhallzeit, Anzahl der Quellen, Raumvolumen

S: Signal (Nutzsignal)
N: Noise (Störsignal)
D: Direct Sound (Direktschall)
R: Reverberant Sound (Diffusschall)



Vielen Dank!

Fragen?

