



Sachverständigenbericht AZ. LEMA/MR/PJR/30.04.02

**Messung der Schallabsorption von CLIPSO Spanndecken im
Hallraum nach ISO 354
(entspr. DIN EN 20354).**

Offizieller Testbericht

Auftraggeber:

**CLIPSO SA
9, rue Galilée
1400 Yverdon-les-bains**

vertreten durch :

**Architecture et Acoustique SA
40, quai Ernest-Ansermet
CH 1205 Genève**

Inhalt

1. Auftrag	S. 2
2. Untersuchte Materialien und Ausführungen	S. 2
3. Ergebnisse	S. 4
Anhang 1 – Hallraum, Messgeräte und Ablauf der Messungen	S. 5
Anhang 2 – Ergebnisse nach Ausführungsvarianten	S. 6
Anhang 3 – Detaildarstellung der Messergebnisse	S. 9

1. Auftrag

Die Firma CLIPSO SA, 9, rue Galilée, CH 1400 Yverdon-les-Bains, vertreten durch das Ingenieurbüro Architecture et Acoustique SA, 40, quai Ernest-Ansermet, CH 1205 Genève, hat das Akustiklabor (LEMA-TOP-STI) der École Polytechnique Fédérale de Lausanne beauftragt, in enger Zusammenarbeit mit Architecture et Acoustique SA, die akustischen Absorptionskoeffizienten von CLIPSO Spanndecken unter verschiedenen Montagebedingungen (s. nächster Abschnitt) zu bestimmen.

2. Untersuchte Materialien und Ausführungen

CLIPSO Spanndecken, montiert auf Holzrahmen verschiedener Höhen, unterlegt mit schallschluckenden Matten in zwei verschiedenen Stärken.

1. Grundmaterial

Herstellerbezeichnung: CLIPSO 705 Spanndecke, 240g/m², microperforiert (15 – 20 Löcher/cm², nur bei Hinterleuchtung erkennbar).

2. Rahmen

Abmessungen: 2 Rahmen von 2600 x 2500 mm, entsprechend einer Fläche von 13 m², Höhe je nach Ausführung

3. Schallschluckmatten

Glasfasermatten ISOVER PBA 30 mm und 60 mm

4. Montage

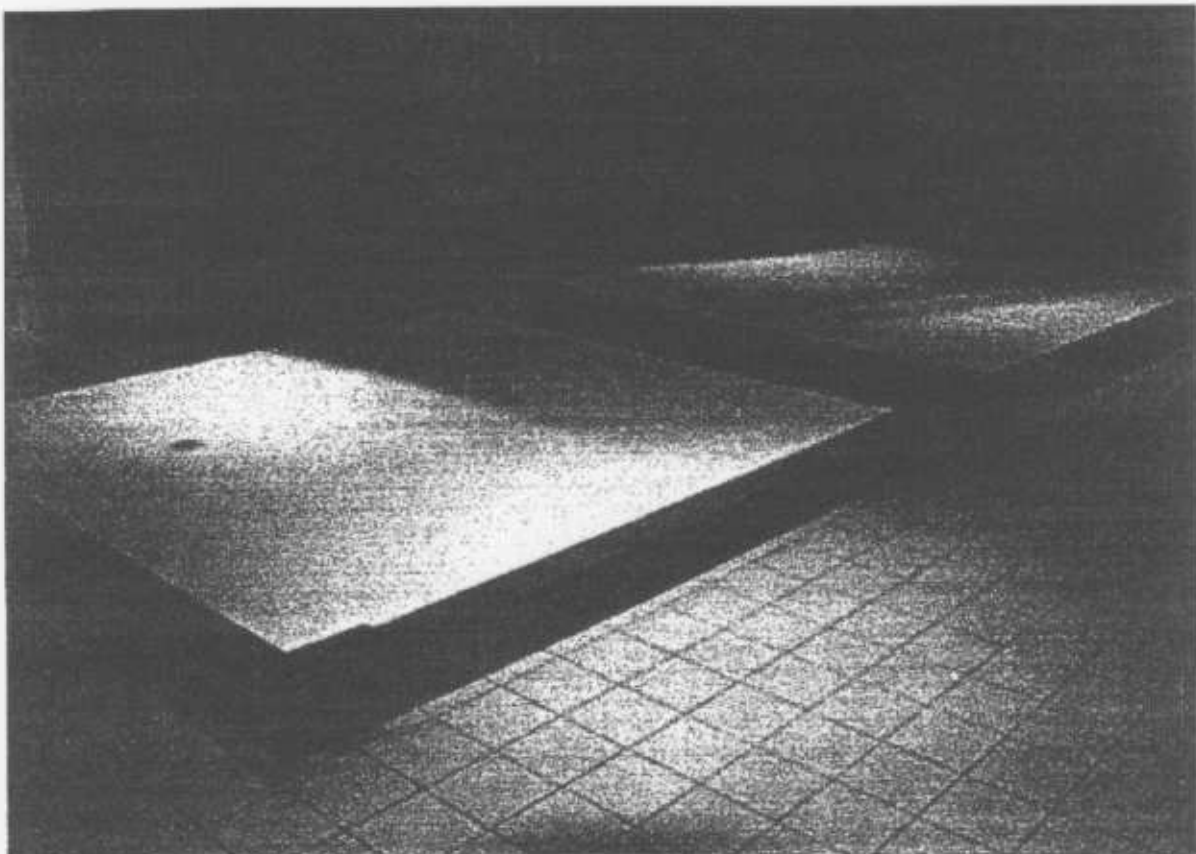
Variante 1: Abstand Boden – Spanndecke $H=42\text{mm}$; Schallschluckmatte 30 mm; also mit 12mm Abstand zwischen Decke und Schallschluckmatte

Variante 2: Abstand Boden – Spanndecke $H=72\text{mm}$; Schallschluckmatte 60 mm; also mit 12mm Abstand zwischen Decke und Schallschluckmatte

Variante 3: Abstand Boden – Spanndecke $H=192\text{mm}$; Schallschluckmatte 60 mm; also mit 132mm Abstand zwischen Decke und Schallschluckmatte

5. Ort und Messbedingungen

Hallraum des LEMA: das Foto zeigt die Variante 3, wie sie für die Messung aufgebaut wurde (zwei Rahmen).

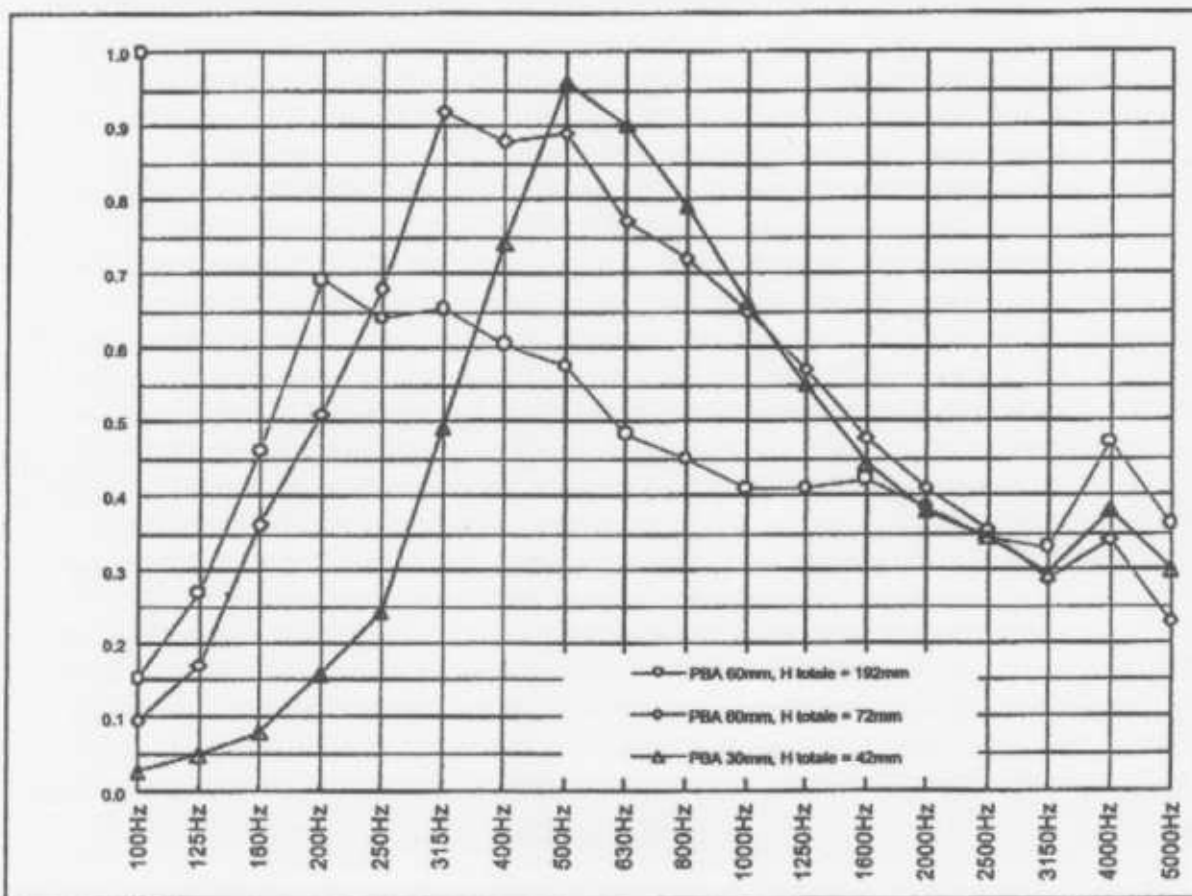


3. Ergebnisse

Das nachfolgende Diagramm und zugehörige Tabelle zeigen die Werte des Sabine'schen Absorptionskoeffizienten der drei Montagevarianten.

CLIPSO 705 mit ISOVER PBA Schallschluckmatten

- blaue Kurve: Variante 1: Schallschluckmatte 30mm, Spannhöhe 42 mm
- rote Kurve: Variante 2: Schallschluckmatte 60mm, Spannhöhe 72 mm
- braune Kurve: Variante 3: Schallschluckmatte 60mm, Spannhöhe 192 mm



Frequenz, Terzbänder	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1000Hz	1250Hz	1600Hz	2000Hz	2500Hz	3150Hz	4000Hz	5000Hz	
PBA 60mm, H totale = 192mm	0.15	0.27	0.46	0.69	0.65	0.85	0.88	0.85	0.77	0.72	0.65	0.57	0.48	0.43	0.35	0.34	0.33	0.47	0.36
PBA 60mm, H totale = 72mm	0.10	0.17	0.36	0.51	0.65	0.82	0.88	0.85	0.77	0.72	0.65	0.57	0.48	0.43	0.35	0.29	0.34	0.23	
PBA 30mm, H totale = 42mm	0.03	0.05	0.06	0.18	0.24	0.49	0.74	0.90	0.90	0.79	0.68	0.55	0.44	0.38	0.34	0.30	0.36	0.30	

Messtechniker:
P.-J. René

verantwortlicher Leiter:
Prof. Dr. M. Rossi

Anhang 1 – Hallraum, Messgeräte und Ablauf der Messungen

Hallraum:

Die Abmessung des Hallraums des LEMA sind am Ende dieses Berichtes angegeben. Für die Messungen wurden 7 gekrümmte Streukörper von 2 m² eingebracht.

Messgeräte:

Rauschgenerator für rosa Rauschen Brüel & Kjaer 1049

2 Stück Aktivlautsprecher EAA

8 Stück Mikrofone Beyer omnidirektional (Kugelcharakteristik), mit Vorverstärker, über PC-gesteuerten Multiplexer

Terzbandanalysator Brüel & Kjaer 2131

PC für automatische Datenerfassung und Auswertung

Ablauf der Messungen:

Nach ISO 354-1985 (F)

Es wurden 6 verschiedene Beschallungssituationen gemessen (3 Mikrofone x 2 Schallquellen)

Für jede Beschallungssituation wurden mindestens 2 Schallpegelabnahmen im Frequenzintervall 100 bis 800 Hz und 1 Schallpegelabnahme im Frequenzintervall 1000 – 5000 Hz aufgezeichnet.

Die Nachhallzeiten wurden durch lineare Regression der Pegelabnahmen zwischen – 5 dB und – 35 dB bestimmt.

Anhang 2 – Ergebnisse nach Ausführungsvarianten.

Variante 1

Die detaillierten Messergebnisse finden sich in Anhang 3.

Beschreibung:

Abstand Boden – Spanndecke H=42mm; Schallschluckmatte 30 mm; also mit 12mm Abstand zwischen Decke und Schallschluckmatte

Umgebungsbedingungen:

Während der Messung:

Raumtemperatur: 18,8°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 48,4%

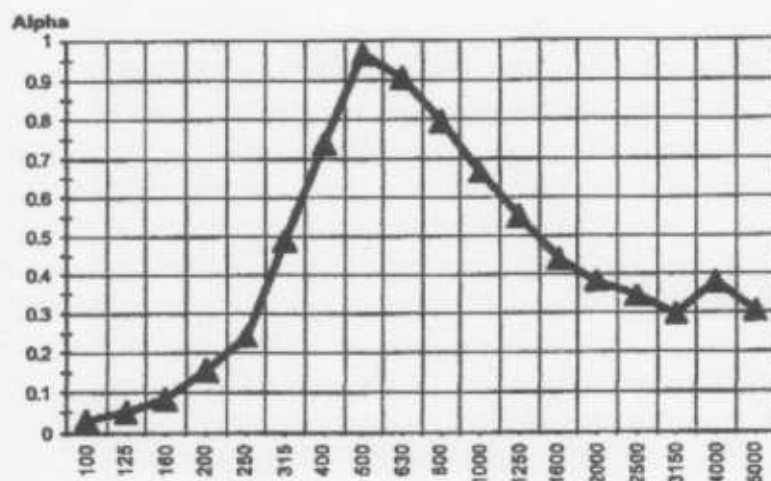
Vor der Messung (leerer Raum):

Raumtemperatur: 19,1°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 50,6%

Ergebnisse: Werte des Sabine'schen Absorptionskoeffizienten Alpha in Abhängigkeit von der Frequenz, α 1/3 (Terzbänder) und α 1/1 (Oktavbänder). Berechnung nach ISO 354-1985.

f	α 1/3	α 1/1
100	0.03	
125	0.05	0.06
160	0.08	
200	0.16	
250	0.24	0.30
315	0.49	
400	0.74	
500	0.96	0.87
630	0.90	
800	0.79	
1000	0.66	0.67
1250	0.55	
1600	0.44	
2000	0.38	0.39
2500	0.34	
3150	0.30	
4000	0.38	0.33
5000	0.30	



Anhang 2 – Ergebnisse nach Ausführungsvarianten.

Variante 2

Die detaillierten Messergebnisse finden sich in Anhang 3.

Beschreibung:

Abstand Boden – Spanndecke H=72mm; Schallschluckmatte 60 mm; also mit 12mm Abstand zwischen Decke und Schallschluckmatte

Umgebungsbedingungen:

Während der Messung:

Raumtemperatur: 19,2°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 49,5%

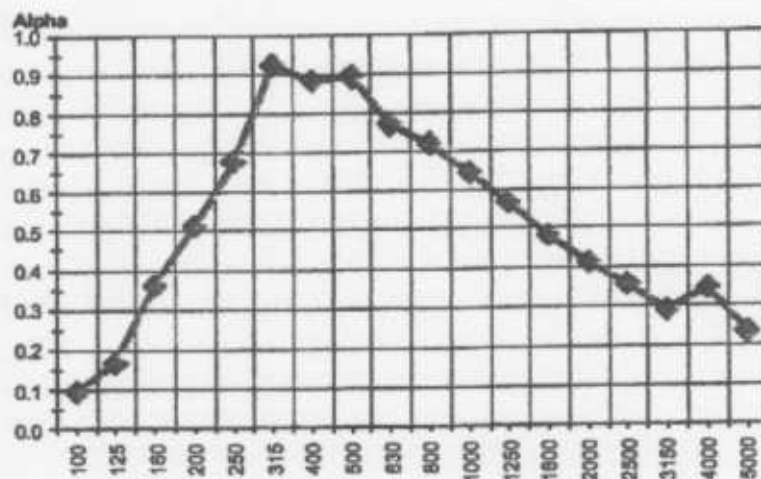
Vor der Messung (leerer Raum):

Raumtemperatur: 19,1°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 50,6%

Ergebnisse: Werte des Sabine'schen Absorptionskoeffizienten Alpha in Abhängigkeit von der Frequenz, α 1/3 (Terzbänder) und α 1/1 (Oktavbänder). Berechnung nach ISO 354-1985.

f	α 1/3	α 1/1
100	0,10	
125	0,17	0,21
160	0,36	
200	0,51	
250	0,68	0,70
315	0,92	
400	0,88	
500	0,89	0,85
630	0,77	
800	0,72	
1000	0,65	0,65
1250	0,57	
1600	0,48	
2000	0,41	0,41
2500	0,35	
3150	0,29	
4000	0,34	0,29
5000	0,23	



Anhang 2 – Ergebnisse nach Ausführungsvarianten.

Variante 3

Die detaillierten Messergebnisse finden sich in Anhang 3.

Beschreibung:

Abstand Boden – Spanndecke H=192mm; Schallschluckmatte 60 mm; also mit 132mm Abstand zwischen Decke und Schallschluckmatte

Umgebungsbedingungen:

Während der Messung:

Raumtemperatur: 19,0°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 48,5%

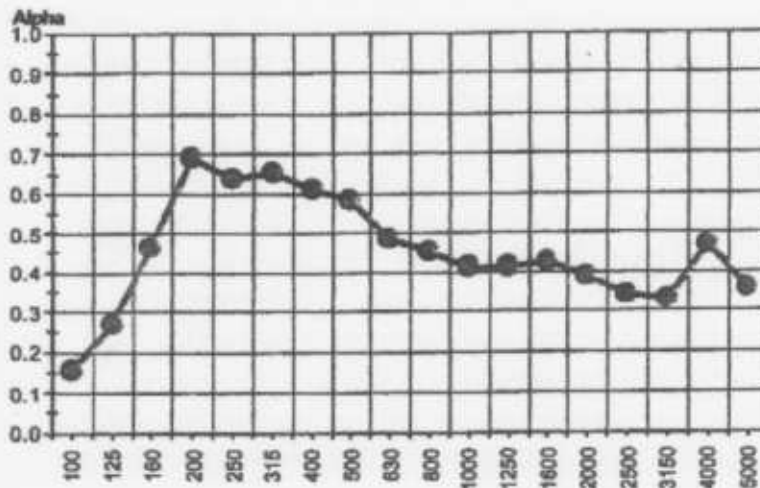
Vor der Messung (leerer Raum):

Raumtemperatur: 19,1°C

Relative Luftfeuchtigkeit: 50,6%

Ergebnisse: Werte des Sabine'schen Absorptionskoeffizienten Alpha in Abhängigkeit von der Frequenz, α 1/3 (Terzbänder) und α 1/1 (Oktavbänder). Berechnung nach ISO 354-1985.

f	α 1/3	α 1/1
100	0.15	
125	0.27	0.30
160	0.46	
200	0.69	
250	0.64	0.66
315	0.65	
400	0.61	
500	0.58	0.56
630	0.48	
800	0.45	
1000	0.41	0.42
1250	0.41	
1600	0.42	
2000	0.39	0.38
2500	0.34	
3150	0.33	
4000	0.47	0.38
5000	0.36	



Anhang 3 – Detailedarstellung der Messergebnisse

Bezeichnungen:

- f: Mittenfrequenz des Terzbandes
- A: Äquivalente Absorptionsfläche
- α : Alpha, Schallabsorptionskoeffizient
- T1: Nachhallzeit des leeren Hallraums
- T2: Nachhallzeit des Hallraums mit Probekörper

Versuche für die Ausführungsvariante 1.

Datum: 18/12/2001
 Messtechniker: PJR

Probekörper: 2
 Deckfläche eines Probekörpers: 6,5m²
 Volumen eines Probekörpers: 0,3m³

Während der Messung:
 Raumtemperatur: 18,8°C
 Relative Luftfeuchtigkeit: 48,4%

Vor der Messung (leerer Raum):
 Raumtemperatur: 19,1°C
 Relative Luftfeuchtigkeit: 50,6%

Volumen des Hallraumes: 215,6 m³
 Gesamtoberfläche von Wand, Decke und Boden des Hallraumes: 226,9 m².
 Mit 7 gekrümmten Streukörpern von 2m²

f	T1 moyen	T2 moyen	A	α
[Hz]	[s]	[s]	[m ²]	[l]
100	28.30	21.43	0.39	0.03
125	25.22	16.66	0.71	0.05
160	21.17	12.68	1.10	0.08
200	18.52	8.88	2.04	0.16
250	17.93	6.83	3.15	0.24
315	16.40	4.10	6.37	0.49
400	15.17	2.93	9.57	0.74
500	12.77	2.28	12.52	0.96
630	10.27	2.30	11.74	0.90
800	9.83	2.52	10.29	0.79
1000	8.65	2.75	8.63	0.66
1250	7.80	3.00	7.14	0.55
1600	7.20	3.30	5.71	0.44
2000	6.00	3.23	4.96	0.38
2500	4.97	3.03	4.47	0.34
3150	4.00	2.77	3.88	0.30
4000	3.20	2.20	4.94	0.38
5000	2.37	1.87	3.94	0.30

(moyen = gemittelt)

Versuche für die Ausführungsvariante 2.

Datum: 18/12/2001
 Messtechniker: PJR

Probekörper: 2
 Deckfläche eines Probekörpers: 6,5m²
 Volumen eines Probekörpers: 0,4m³

Während der Messung:
 Raumtemperatur: 18,8°C
 Relative Luftfeuchtigkeit: 48,4%

Vor der Messung (leerer Raum):
 Raumtemperatur: 19,1°C
 Relative Luftfeuchtigkeit: 50,6%

Volumen des Hallraumes: 215,6 m³
 Gesamtoberfläche von Wand, Decke und Boden des Hallraumes: 226,9 m².
 Mit 7 gekrümmten Streukörpern von 2m²

f	T1 moyen	T2 moyen	Λ	α
[Hz]	[s]	[s]	[m ²]	[l]
100	28.30	14.02	1.25	0.10
125	25.22	9.85	2.15	0.17
160	21.17	5.50	4.68	0.36
200	18.52	4.07	6.68	0.51
250	17.93	3.23	8.83	0.68
315	16.40	2.47	11.99	0.92
400	15.17	2.53	11.45	0.88
500	12.77	2.43	11.58	0.89
630	10.27	2.60	10.00	0.77
800	9.83	2.70	9.35	0.72
1000	8.65	2.80	8.41	0.65
1250	7.80	2.93	7.40	0.57
1600	7.20	3.15	6.22	0.48
2000	6.00	3.13	5.31	0.41
2500	4.97	3.00	4.59	0.35
3150	4.00	2.80	3.73	0.29
4000	3.20	2.27	4.48	0.34
5000	2.37	1.97	2.99	0.23

(moyen = gemittelt)

Versuche für die Ausführungsvariante 3.

Datum: 18/12/2001
 Messtechniker: PJR

Probekörper: 2
 Deckfläche eines Probekörpers: 6,5m²
 Volumen eines Probekörpers: 1m³

Während der Messung:
 Raumtemperatur: 19,0°C
 Relative Luftfeuchtigkeit: 48,5%

Vor der Messung (leerer Raum):
 Raumtemperatur: 19,1°C
 Relative Luftfeuchtigkeit: 50,6%

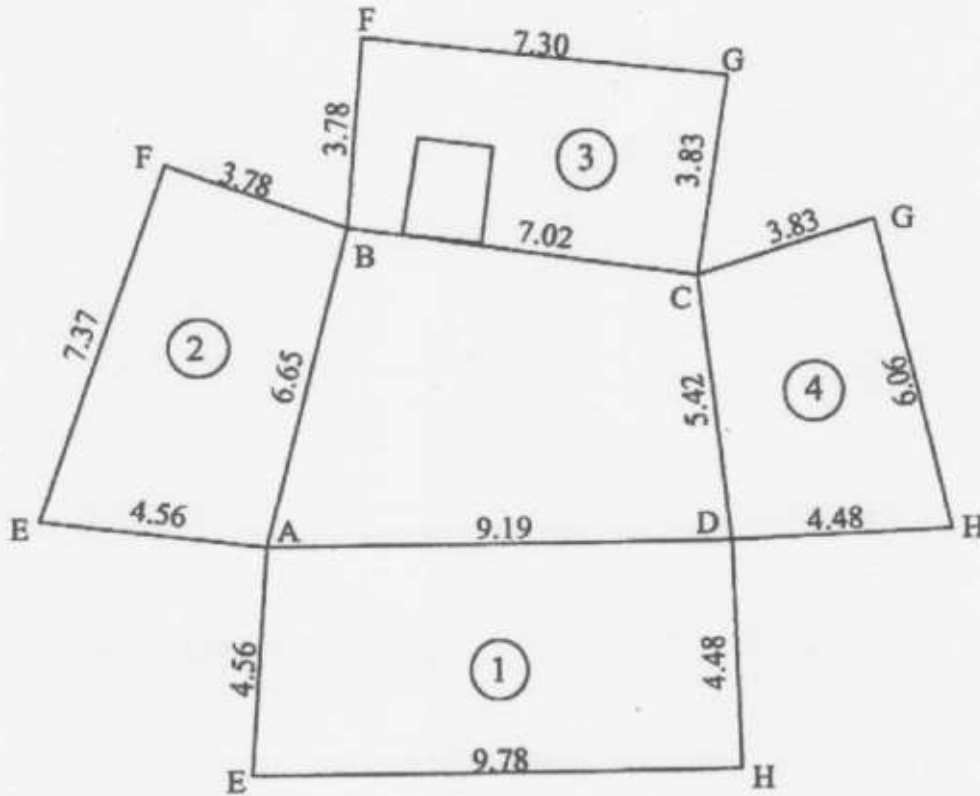
Volumen des Hallraumes: 215,6 m³
 Gesamtoberfläche von Wand, Decke und Boden des Hallraumes: 226,9 m².
 Mit 7 gekrümmten Streukörpern von 2m²

f	T1 moyen	T2 moyen	A	α
[Hz]	[s]	[s]	[m ²]	[l]
100	28.30	10.80	1.99	0.15
125	25.22	7.15	3.49	0.27
160	21.17	4.53	6.03	0.46
200	18.52	3.20	9.00	0.69
250	17.93	3.40	8.30	0.64
315	16.40	3.28	8.48	0.65
400	15.17	3.40	7.94	0.61
500	12.77	3.38	7.56	0.58
630	10.27	3.60	6.28	0.48
800	9.83	3.70	5.87	0.45
1000	8.65	3.72	5.34	0.41
1250	7.80	3.55	5.34	0.41
1600	7.20	3.37	5.50	0.42
2000	6.00	3.22	5.02	0.39
2500	4.97	3.05	4.40	0.34
3150	4.00	2.68	4.27	0.33
4000	3.20	2.05	6.10	0.47
5000	2.37	1.80	4.63	0.36

(moyen = gemittelt)

Anhang 3 Hallraum des LEMA-TOP-STI-EPFL

Maßstab: 1:150
Angaben in m



kleinste Abmessung: 3,78 m
größte Diagonale: 11,52 m

Volumen: 215,6 m³
Gesamtoberfläche: 226,9 m²

Boden:	48,0 m ²
Decke:	56,2 m ²
Wand1:	42,8 m ²
Wand2:	29,0 m ²
Wand3:	27,2 m ²
Wand4:	23,7 m ²

Präzise raumakustische Berechnungen sind recht aufwendig. Allerdings verfügt man heute über moderne Berechnungsverfahren, meist EDV-Programme, die sehr realistische Ergebnisse liefern.

• **Diffuses Schallfeld**

Dieser in der Praxis recht häufige Fall (grosse Maschinen) lässt sich wie folgt berechnen:

$$L_p = L_w + 10 \lg \frac{4}{A} \quad [\text{dB}] \quad [\text{GL 2.16}]$$

Der direkte Schallanteil kann also vernachlässigt werden. Das Absorptionsvermögen der Decke und der Wände beeinflusst in direktem Masse die Schallpegelreduktion. Eine Verdoppelung des Schallschluckvermögens bringt eine Schallpegelreduktion von theoretisch 3 dB.

• **Direktes und diffuses Schallfeld**

Dieser Fall muss raumseitig noch präziser definiert werden. Es geht hier primär um kubische Räume (Verhältnis der grössten zur kleinsten Raumabmessung nicht grösser als 3 : 1) und um Flachräume mit einer schwachen Absorption (keine Akustikdecke). Der Schalldruckpegel kann nun mit Hilfe der [GL 2.15], Seite 29 bestimmt werden.

• **Direktes und abfallendes Schallfeld**

Hier geht es um Flachräume, in denen mindestens eine leicht absorbierende Akustikdecke eingebaut ist. Zur Abschätzung der Schallpegelabnahme für grössere Distanzen berechnet man vorerst mit Hilfe der [GL 2.14], Seite 28 den Hallradius r_H . Setzt man den Hallradius anstelle von d (Abstand Lärmquelle – Beurteilungspunkt in m) in die [GL 2.15], Seite 29 lässt sich derjenige Punkt berechnen, an welchem der Direktschallanteil und der vom Raum reflektierte Schallanteil gleich gross sind.

$$L_p = L_w + 10 \lg \left\{ \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r_H^2} + \frac{4}{A} \right\} \quad [\text{dB}] \quad [\text{GL 2.17}]$$

Mit dem aus [GL 2.17] gewonnenen Wert kann nun mit einer Schallpegelabnahme von 4 – 5 dB pro Distanzverdoppelung gerechnet werden. Ausgangspunkt für diese Abschätzung ist der Hallradius r_H .

2.1.15 Schallabsorption und Nachhallzeit

Bereits in Ziff. 2.1.6.1, Seite 13 wurde die Schallabsorption im Zusammenhang mit der Wellenausbreitung vorgestellt. Die Eigenschaft von porösen Stoffen, Schallwellen zu absorbieren (zu «schlucken»), hat zur Entwicklung von umfangreichen Berechnungsverfahren für die Schallausbreitung in Räumen geführt. An dieser Stelle können die wichtigsten Grundlagen nur im Überblick vermittelt werden.

2.1.15.1 Absorptionsgrad α_s

Der Absorptionsgrad α_s ist eine wichtige Grösse für die raumakustische Planung. Mit ihm wird das Vermögen eines Materials, auftreffende Schallwellen zu absorbieren, angegeben. Der Absorptionsgrad α_s wird in einem sog. Hallraum (sehr halliger Raum mit schallharten Raumbegrenzungsflächen, z.B. gekachelte) experimentell bestimmt und erreicht Zahlenwerte von 0 bis knapp über 1 (Bild 2.19)

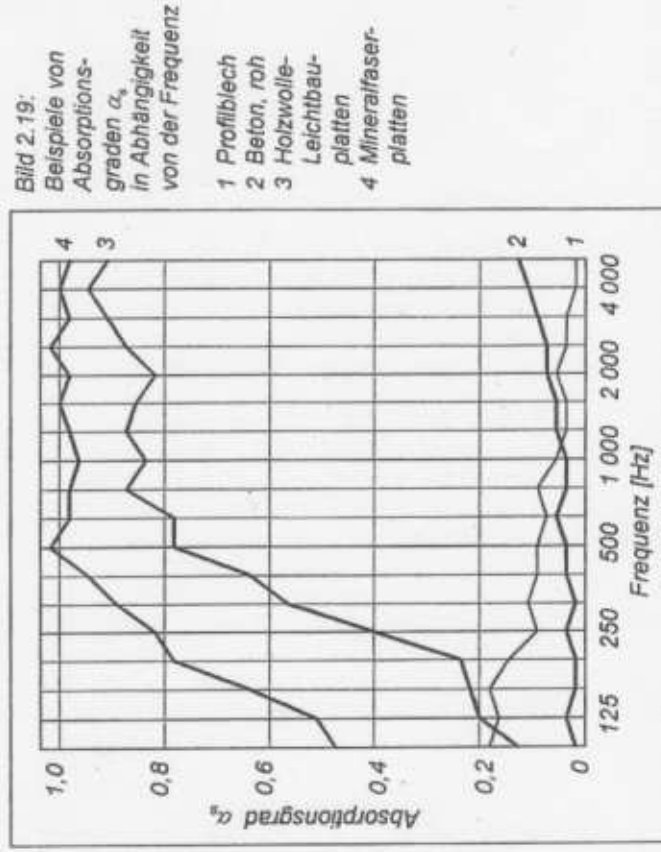


Bild 2.19 zeigt deutlich, dass nur mit offenporigen Materialien hohe Absorptionsgrade erzielbar sind. Materialien mit einer geschlossenen Oberfläche reflektieren die Schallwellen und sind für eine gute Schallabsorption ungeeignet.

2.1.15.2 Nachhallzeit T

Die Nachhallzeit ist die wichtigste Kenngröße in der Raumakustik. Mit Ihrer Hilfe kann man das Absorptionsvermögen eines Raumes beurteilen. Die Nachhallzeit kann berechnet und (mit einigem Aufwand) auch gemessen werden.

Der Schall breitet sich unabhängig von der Frequenz mit gleicher Geschwindigkeit aus (Schallgeschwindigkeit $c \sim 340$ m/s).

Stellt man in einem geschlossenen Raum eine Schallquelle und ein Mikrofon auf, so legen die Reflexionen über die Raumbegrenzungsflächen einen längeren Weg zurück und treffen deshalb später auf das Mikrofon als der Direkt-schall.

Wird die Schallquelle abgeschaltet, vermindert sich die beim Mikrofon gemessene Energie zuerst um den Direktschall, dann kontinuierlich auch um die Reflexionen. Die im Raum vorhandenen Reflexionen nehmen allmählich ab, bis die gesamte Energie von den Begrenzungsflächen absorbiert ist. Die Zeitdauer dieses Vorganges steht in einem direkten Zusammenhang mit dem Absorptionsvermögen des Raumes (Bild 2.20) und ist frequenzabhängig wie der Absorptionsgrad α_s . Sie wird als Nachhallzeit T bezeichnet.

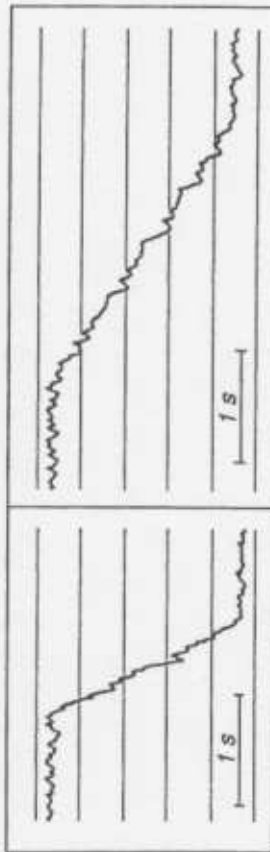


Bild 2.20:
Abklingkurven (Frequenz 1 000 Hz) bei einer kurzen (links)
und einer langen Nachhallzeit (rechts)

Die Nachhallzeit T wird definiert als diejenige Zeit, in der ein Schalldruckpegel nach beendeter Schallsendung um 60 dB abfällt (auf den 10⁻⁵-ten Teil).

Bei einer schlechten Raumakustik (ungenügende Absorption) ergibt sich deshalb eine lange, bei einer guten Raumakustik (gute Absorption) eine kurze Nachhallzeit. Die Nachhallzeiten werden üblicherweise in den Terzbändern (100 – 5 000 Hz) angegeben, Bild 2.21. Für raumakustisch sehr anspruchsvolle Räume (z.B. Konzertsäle, Theater usw.) wird dieser Bereich teilweise deutlich erweitert.

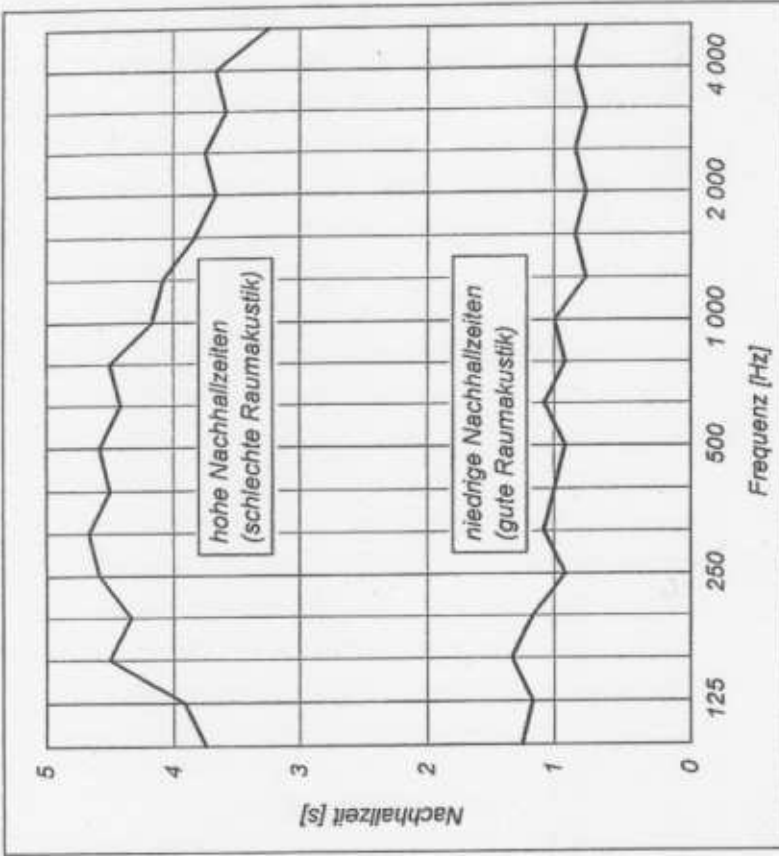


Bild 2.21:
Ergebnisse von Nachhallzeit-Messungen

2.1.15.3 Äquivalente Schallabsorptionsfläche A

Zur Beschreibung des Schallschluckvermögens eines Raumes fand W.C. Sabine (1868 – 1919) eine Beziehung zwischen der Nachhallzeit T in s, dem Raumvolumen V in m³ und der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A:

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad [\text{m}^2]$$

[GL 2.18]

Da A in einem engen Zusammenhang mit α_s steht, kann für eine Teilfläche S eines Raumes, z.B. die Decke, die äquivalente Schallabsorptionsfläche wie folgt berechnet werden:

$$A = \alpha_f \cdot S \quad [m^2]$$

[GL 2.19]

Kennt man die Absorptionsgrade α_i aller Teilflächen S_i eines Raumes, lässt sich die gesamte äquivalente Schallabsorptionsfläche A berechnen:

$$A = \sum_i \alpha_i \cdot S_i \quad [m^2]$$

[GL 2.20]

Aus dem Ergebnis dieser Berechnung kann mit Hilfe der [GL 2.18], Seite 33 die Nachhallzeit bestimmt werden.

In bestimmten Normen (z.B. ISO 3746 und DIN 45 635) wird gezeigt, wie mit Hilfe des mittleren Absorptionsgrades $\bar{\alpha}_s$ eine akustische Qualitätsbeurteilung für einen Raum vorgenommen werden kann. Der mittlere Absorptionsgrad lässt sich aufgrund einer Messung oder durch eine Berechnung nach der folgenden Formel bestimmen:

$$\bar{\alpha}_s = 0,163 \frac{V}{T \cdot S_v} \quad [-]$$

[GL 2.21]

S_v = gesamte Raumboberfläche (Boden, Wände, Decke) in m^2

2.1.15.4 Richtwerte für Nachhallzeiten

In verschiedenen Normen und Fachbüchern werden die Richtwerte für die Nachhallzeiten in Abhängigkeit der Nutzung vorgestellt. Teilweise werden diese Richtwerte auch frequenzabhängig angegeben, insbesondere für akustisch anspruchsvolle Räume.

Die Tabelle 2.9 zeigt eine kleine Auswahl von Nachhallzeit-Richtwerten. Die Tabellenwerte gelten für die Frequenzen von 1 000 bis 4 000 Hz.

Tab. 2.9: Richtwerte für Nachhallzeiten (optimale Nachhallzeiten) T

Raum, Raumgruppe	T [s]
Büros (Einzel- und Kleinbüros)	0,6 – 1,0
Grossraumbüros	0,4 – 0,6
Energiezentralen (Heizungs-, Lüftungs-, Klimaanlage)	0,5 – 0,7
Restaurants, Kantinen, Aufenthaltsräume	0,6 – 1,0
Auditorien, Vorlesungssäle	0,9 – 1,2
Schulzimmer	0,5 – 0,7

Für tiefere Frequenzen sind höhere Werte zulässig, die wie folgt umzurechnen sind:

$T_{500} = T_{1.000} \cdot 1,1$ [s]	$T_{250} = T_{1.000} \cdot 1,3$ [s]	$T_{125} = T_{1.000} \cdot 1,55$ [s]
-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

2.1.15.5 Industrielle Räume

Für industrielle Räume hat man ein neues Verfahren entwickelt, das die Unzulänglichkeiten der bisherigen Nachhallzeit-Berechnungsmethode für sehr grosse Räume eliminiert. In der ISO 11 690, Teil 1 sowie in der VDI-Richtlinie 3760 (1996) wird dieses Verfahren ausführlich beschrieben.

Man ermittelt mit Hilfe einer punktförmigen Schallquelle den Verlauf des Schalldruckpegels in Funktion des Abstandes zu dieser Quelle und erhält so eine Schallausbreitungskurve (SAK).

Kernpunkte dieser Beurteilungsmethode sind zwei neue Begriffe:

Pegelabnahme DL2

Aus der Schallausbreitungskurve SAK wird als erste Kenngrösse das Mass DL2 ermittelt. Dieses gibt an, wie gross die mittlere Abnahme des Schalldruckpegels für einen bestimmten Entfernungsbereich je Abstandsverdoppelung ist.

DL2 ist ein hervorragendes Mass, um die raumakustischen Eigenschaften von industriellen Räumen zu beschreiben. Meistens setzt man für dessen Bestimmung ein EDV-Berechnungsprogramm ein. Zudem verwendet man DL2, um Lärmtopographien mit Hilfe der Schalleistungspegel von Lärmquellen zu berechnen. Solche Berechnungen sind selbstverständlich nur mit einem leistungsfähigen Computerprogramm möglich, denn sie basieren auf dem sog. Spiegelquellenverfahren. Auf das Spiegelquellenverfahren wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Ein interessantes Beispiel ist in den Bildern 2.22 und 2.23, Seite 36 dargestellt.

Schallpegelüberhöhung DLf

Die zweite neue Kenngrösse, die Pegelüberhöhung DLf, gibt an, um wieviel der in einem Raum mit Hilfe einer Normschallquelle ermittelte Schalldruckpegel in einem bestimmten Distanzbereich über dem Schallpegel bei freier Schallausbreitung (Idealfall, ohne Reflexionen) liegt. DLf eignet sich wegen des grösseren Wertebereiches und wegen des direkteren Bezugs zur gewünschten Lärmreduktion besser zur raumakustischen Beurteilung als DL2.

Der grosse Vorteil des neuen Verfahrens besteht darin, dass die tatsächliche Schallausbreitung zur Beurteilung der raumakustischen Situation besser berücksichtigt wird. Der Einfluss der sog. Streukörper (Maschinen und Anlagen im Raum) wird korrekt erfasst. Diese Streukörper treten nicht in erster Linie als Absorber, sondern als diffus wirkende Reflexionsstellen auf.

Abkürzungen, wichtige

A	äquivalente Schallabsorptionsfläche in m^2
$\bar{\alpha}$	mittlerer Schallabsorptionsgrad eines Raumes
α	Schallabsorptionsgrad
L _{Ar}	Beurteilungspegel in dB(A)
L _o	Bezugs-Schalldruckpegel in dB
R	Schalldämmmaß in dB
S	Messfläche (Hüllfläche) in m^2
S _v	Gesamtoberfläche eines Raums
T	Nachhallzeit in Sekunden
UVV	Unfallverhütungsvorschrift
V	Hallenvolumen

© 2004 by illbruck GmbH

Abstandsgesetz

Im Fernfeld eines Schallstrahlers beträgt die Abnahme des Schalldruckpegels ohne Berücksichtigung der Luftabsorption bei Kugelwellen 6dB pro Abstandverdoppelung.

© 2004 by illbruck Grr

Akustik

Lehre vom Schall sowie von mechanischen Schwingungen mit weitreichend bereichsübergreifenden Fachrichtungen, z.B. Raumakustik oder Sprachakustik.

© 2004 by illbruck Grr

Beurteilungspegel

Der Beurteilungspegel ist der auf bestimmte Zeiträume bezogene, korrigierte Mittelungspegel. Er dient meist zum Vergleich mit Immissionswerten.

Die Unfallverhütungsvorschrift Lärm besagt beispielsweise, daß ein Bereich mit einem Beurteilungspegel von größer als 85 dB als Lärmbereich gekennzeichnet und Gehörschutz gestellt werden muß. Nur durch Lärmschutzmaßnahmen kann dies verhindert werden.

© 2004 by illbruck Grr

Frequenz f

Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Die Frequenz (Formelzeichen: f) bestimmt die Tonhöhe und wird in Hertz (Hz) angegeben. Im allgemeinen nimmt das menschliche Gehör Frequenzen im Bereich von 20 - 16.000 Hz wahr.

© 2004 by illbruck Gr

Immissionsrichtwerte

In verschiedenen Vorschriften festgelegte, als Beurteilungspegel angegebene Höchstpegel in der Nachbarschaft und am Arbeitsplatz. Die Vorschriften sind z.B. TA Lärm, VDI 2058 Blatt 1, UVV Lärm und VBG 121 Durchführungsverordnung.

© 2004 by illbruck GmbH

Körperschall

Schall, der sich in festen Medien oder an dessen Oberflächen ausbreitet.

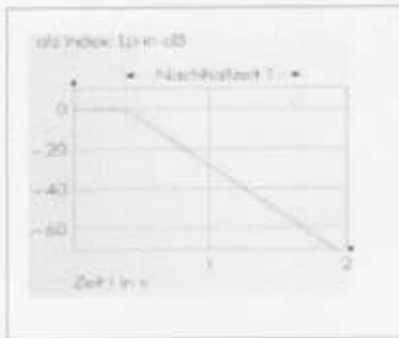
© 2004 by illbruck Grr

Luftschall

Schall, der sich in Form von Schallwellen in der Luft ausbreitet. Luftschall breitet sich in der Regel kugelförmig aus.

© 2004 by illbruck GmbH

Nachhallzeit



Die Nachhallzeit ist die für die Raumakustik wichtigste Meßgröße. Sie ist definiert als diejenige Zeit, innerhalb der die Schallenergie in einem Raum nach dem Abschalten der Schallerzeugung um 60dB abgesunken ist.

Die DIN-Norm 18041 von 1968 ist zu Beginn des Jahres 2004

aktualisiert worden.

Übliche Nachhallzeiten:

- Wohnraum: 0,4 - 0,8s
- Vortragsraum: 1,0 s
- Konzertsaal: 1,5 - 2,2s
- Kirchen: 2,0 - 3,5s

© 2004 by illbruck GmbH

Sabinsche Nachhallformel

Von W.C. Sabine gefundene Beziehung für die Nachhallzeit T:

- $T = 0,163 V/A$
- T = Nachhallzeit in s
- V = Raumvolumen in m^3
- A = äquivalente Schallabsorptionsfläche in m^2

$$T = 0,163 * (V/A)$$

© 2004 by illbruck Grr

Schall

Unter Schall versteht man mechanische Schwingungen in einem elastischen Medium. Ein durch Schall angeregtes Moleküarteilchen schwingt um seine Ruhelage. Schall ist untrennbar an die Existenz von Materie gebunden. Schallwellen werden zum Beispiel beim Sprechen oder Musizieren erzeugt, aber auch als Lärm von Maschinen produziert.

© 2004 by illbruck Grr

Schallabsorption = Dämpfung

Umwandlung von Schallenergie in Wärme. Zur Luftschallabsorption werden hauptsächlich poröses Schallschluckstoffe verwendet, wobei die Bewegungsenergie (=Schallenergie) der Luftteilchen durch Reibung in den Poren des Schallschluckstoffes in Wärme umgewandelt wird.

© 2004 by illbruck Grr

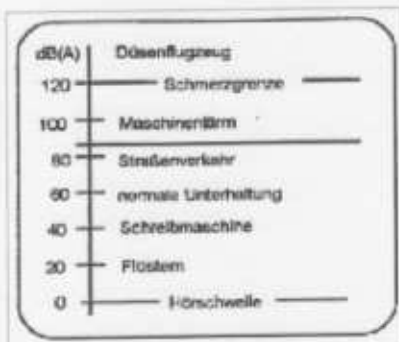
Schalldruck p

Das in Schwingungen versetzte Molekularteilchen erzeugt im Medium (z.B. Luft) Luftdruckschwankungen und damit verbundene Luftdruckwechsel. Diese Drücke sind meßbar und werden als Schalldruck (Formelzeichen: p) bezeichnet.

© 2004 by illbruck Grr

Schalldruckpegel Lp

Der Schalldruckpegel Lp ist der logarithmierte Schalldruck p , der auf den Schalldruck p_0 (Hörschwelle) bezogen ist, und in Dezibel (dB) angegeben wird.



Das menschliche Ohr empfindet hohe und tiefe Frequenzen unterschiedlich laut. In Annäherung an das Hörempfinden wurde die Bewertungskurve A festgelegt. So bewertete Schallpegel sind mit dem Index (A) zu kennzeichnen, z.B. 80 dB (A).

© 2004 by illbruck Grr

Schalldämmung

Verhinderung des Schalldruchtritts durch eine Trennfläche.

Der Schall wird an der Trennfläche vorwiegend reflektiert. Die Luftschalldämmung wird durch das Schalldämmmaß R gekennzeichnet. Eine optimale Luftschalldämmung erreicht man durch den Einsatz schwerer Massen (Beton, Schweres Mauerwerk) oder biegeweicher Schalen (z.B. Gipskartonplatten)

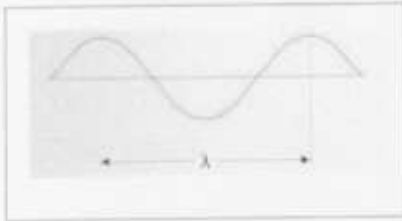
© 2004 by illbruck GmbH

Schallgeschwindigkeit c

Geschwindigkeit, mit der sich die Schallwellen ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit (Formelzeichen: c) hängt stark vom Ausbreitungsmedium ab.

c für Luft: ca. 340 m/s;

© 2004 by illbruck GmbH

Wellenlänge Lambda

Abstand zweier aufeinanderfolgender Orte einer Welle mit gleicher Schwingungsphase. Zusammenhang zwischen der Schallgeschwindigkeit c , der Frequenz f und der Wellenlänge : $c = f \times \text{Lambda}$

© 2004 by illbruck Grr

Äquivalente Schallabsorptionsfläche

Gedachte Fläche eines Raumes mit dem Schallabsorptionsgrad 1, die die gleiche Absorption hat wie die gesamte Oberfläche eines Raumes und die in ihm befindlichen Gegenstände.

© 2004 by illbruck Grr