



Hören Sie mit uns das Gras wachsen.

Die pinta Akustik-Fibel

EINE KLEINE EINFÜHRUNG IN DIE WELT DER AKUSTIK

>> Wo kommt der Lärm her?

WAS SIND DIE GRUNDLAGEN DER AKUSTIK IN DER BAU- UND ARCHITEKTURBRANCHE? WELCHE NORMEN UND RICHTLINIEN SIND FÜR DIE RAUMAKUSTIK RELEVANT? WIE FUNKTIONIERT SCHALLABSORPTION UND -REFLEXION? DIE PINTA AKUSTIK-FIBEL BIETET IHNEN ANTWORTEN AUF DIESE UND VIELE WEITERE FRAGEN.

Kleine Akustikdefinition

Das Wort Akustik kommt vom Griechischen akuein (ακουειν) und bedeutet hören. Akustik bezeichnet die Lehre vom Schall und seiner Ausbreitung. Als Teilbereich der Physik beschreibt Akustik Wellenphänomene, die bei der Ausbreitung kleiner Druckschwankungen entstehen. Schallwellen können nur in festen, flüssigen und gasförmigen Medien – zum Beispiel in Körpern, Wasser und Luft – auftreten. Im schwingungslosen Vakuum gibt es keinen Schall.

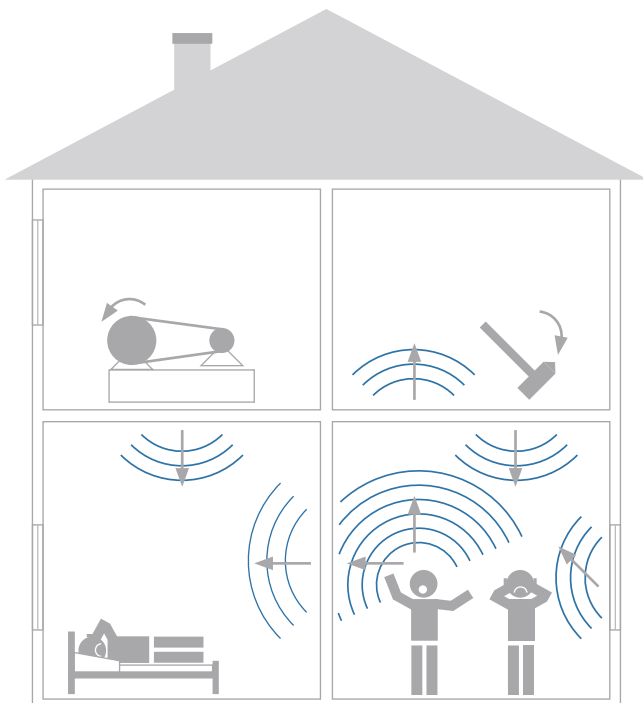
Arbeitsgebiete der Akustik

Das Wissen über die Ausbreitung von Schall unterteilt sich in viele verschiedene Arbeitsgebiete. Zu den wichtigsten in der Bau- und Architekturbranche gehören die Bau- und Raumakustik sowie der technische Schallschutz.

BAUAKUSTIK

Bauakustik beschäftigt sich mit den Auswirkungen baulicher Gegebenheiten auf die Schallausbreitung zwischen den Räumen eines Gebäudes sowie zwischen dem Rauminneren und der Außenwelt. Teilbereiche der Bauakustik sind:

- Luftschallschutz
- Trittschallschutz
- Schallschutz aus technischen Anlagen
- Körperschall



RAUMAKUSTIK

Raumakustik untersucht die Auswirkungen der baulichen Gegebenheiten eines Raums auf die in ihm stattfindenden Schallereignisse. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sind besonders für die Lärmbekämpfung wichtig. Darüber hinaus muss Raumakustik die Eigenschaften des menschlichen Gehörs, die Besonderheiten der Sprachwahrnehmung, subjektive Hörgewohnheiten und auch die Musikästhetik mit berücksichtigen.

TECHNISCHER SCHALLSCHUTZ

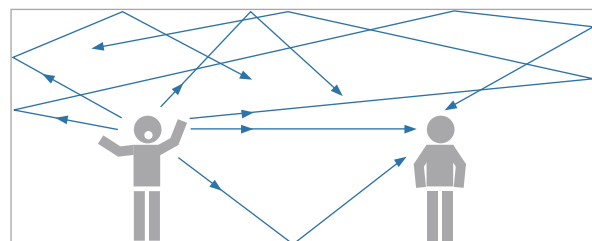
Technischer Schallschutz behandelt Geräusche von Maschinen und Anlagen.

Die pinta acoustic gmbh beschäftigt sich mit Raumakustik und technischem Schallschutz.



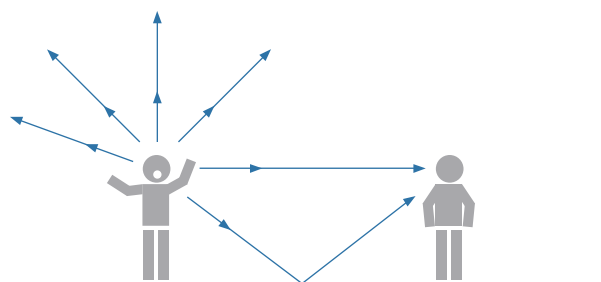
Wichtige Begriffe für Raumakustik und Schallschutz

Schall im Raum: Der Schall in einem geschlossenen Raum, der bei seinem Eintreffen am Hör- oder Messort bereits mehrere Schallreflexionen erfahren hat.



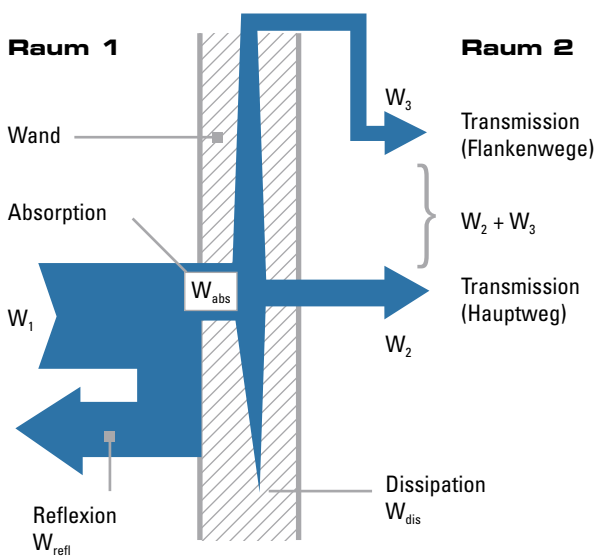
Schall im Raum

Schall im Freifeld: Unter Frei- oder Direktfeld versteht man eine Schallsituation, in der keinerlei Reflexionen auftreten. In der Natur kommen Freifeldbedingungen nur dann vor, wenn zum Beispiel bei Neuschnee Schallreflexionen am Boden keine Rolle spielen. Freifeldbedingungen können künstlich in reflexionsarmen Räumen hergestellt werden. Sie spielen in der akustischen Messtechnik und bei Hörversuchen eine wichtige Rolle, weil die Ergebnisse im Freifeld nur vom Schall der Geräuschquelle und nicht von den Reflexionen des Raums beeinflusst werden.



Schall im Freifeld

Schallabsorption und -reflexion: Man spricht von Schallabsorption, wenn eine Schallwelle auf einen weichen, verformbaren oder porösen Körper trifft und ganz oder teilweise absorbiert wird. Dabei wird Schallenergie in Wärme umgewandelt. Wenn eine Schallwelle auf einen harten Gegenstand trifft und dadurch zurückgeworfen wird, handelt es sich um eine Schallreflexion.



Schalldruckpegel L_p : Ein Schallfeld lässt sich durch Messungen quantitativ beschreiben. Dabei wird der Schalldruckpegel in der Praxis am häufigsten gemessen. Er beschreibt das Verhältnis des Schalldrucks eines Schallereignisses im Vergleich zu einem Referenzwert, der in etwa der menschlichen Hörschwelle entspricht. Bei freier Ausbreitung nimmt der Schalldruckpegel mit zunehmender Entfernung von der Schallquelle ab. Wenn er jedoch im Innern eines Raums entsteht, ist er ab einem gewissen Abstand zur Schall-

quelle näherungsweise ortsunabhängig. Grund dafür sind Reflexionen und Mehrfachreflexionen an den Raumbegrenzungsflächen, durch die sich ein diffuses Schallfeld ausbildet. Die Höhe des Schalldruckpegels hängt davon ab, ob Reflexionen zustande kommen.

Wichtige technische Normen und Richtlinien

FÜR DIE RAUMAKUSTIK

DIN EN ISO 18041: Hörsamkeit (vgl. Kapitel „Weitere wichtige Fachbegriffe“ zur Definition) in kleinen bis mittelgroßen Räumen (Mai 2004). Diese Richtlinie unterscheidet Räume der Gruppe A und B:

Räume der Gruppe A

(Hörsamkeit mittlere und größere Entfernung)

- Konferenzräume
- Gerichts-, Rats- und Festsäle
- Unterrichtsräume
- Seminarräume
- Hörsäle
- Tagungsräume
- Interaktionsräume
- Gruppenräume in Kindergärten und Kindertagesstätten
- Seniorentagesstätten
- Gemeindesäle
- Sport- und Schwimmhallen

Wussten Sie schon, dass ...

... Schallwellen im Wasser viermal schneller sind als in der Luft? Der Schall breitet sich dort mit einer Geschwindigkeit von etwa 5.340 km/h aus. Dies entspricht annähernd der Geschwindigkeit der V2 von Wernher von Braun, der ersten Langstreckenrakete der Welt.



Räume der Gruppe B

(Hörsamkeit über geringere Entfernung)

- Verkaufsräume
- Speisegaststätten, Kantinen
- Publikumsbereiche für den ÖPNV
- Fahrkarten- und Bankschalter, Call-Center
- Sprechzimmer in Anwalts- und Arztpraxen
- Bürgerbüros
- Operationssäle, Behandlungs- und Rehabilitationsräume, Krankenzimmer
- Öffentlichkeitsbereiche
- Publikumsverkehrsflächen
- Lesesäle, Leihstellen in Bibliotheken, Ausleihbibliotheken
- Treppenhäuser, Foyers, Ausstellungsräume mit starkem Personenverkehr

DIN 18041 formuliert für Räume der Gruppe B:

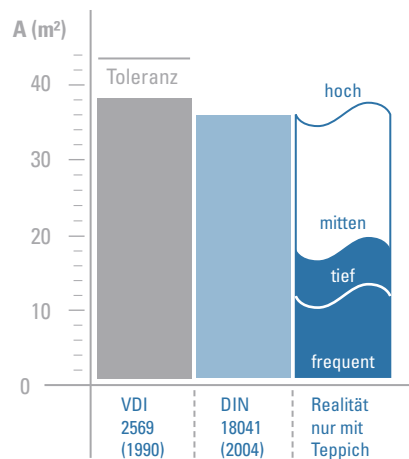
Raumart	
Verkaufsräume, Werkräume, Call-Center, Lesesäle in Bibliotheken	0,9*
Mehrpersonen- oder Großraumbüros mit Büromaschinen, Schalterhallen, Bürgerbüros, Operationssäle, Krankenzimmer, Leihstellen in Bibliotheken, Ausleihbibliotheken	0,7*
Einzelbüros, Sprechzimmer, Behandlungs- und Rehabilitationsräume, Pausenhallen, Speisegaststätten, Speiseräume, Kantinen mit einer Fläche über 50 m ²	0,5*
Treppenhäuser, Foyers, Ausstellungsräume, Verkehrsflächen (Flure und Vorräume) mit starkem Personenverkehr und Publikumsbereich für den ÖPNV	0,2*

*Erforderliche 100 %ige Absorptionfläche als Vielfaches der Raumgrundfläche (bei Raumhöhe 2,5 m).

Beispiel für Gruppe B: Ein 50 m² großes Mehrpersonnenbüro braucht demnach $50 \times 0,7 = 35 \text{ m}^2$ Absorptionsfläche. Die Nachhallzeit ist dabei auf 0,58 Sekunden geeicht.

VDI-Richtlinie 2569: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro (Januar 1990)

Vergleich der Vorschriften für ein 50 m²-Büro ohne Abhangdecke:



FÜR DEN TECHNISCHEN SCHALLSCHUTZ

DIN EN ISO 354: Messung der Schallabsorption in Hallräumen (Dezember 2003)

DIN EN ISO 3382: Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter (März 2003)

DIN EN ISO 11 654: Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden; Bewertung der Schallabsorption (Juli 1997)

Schallabsorber für Raumakustik und Schallschutz

Für die Dämpfung von Luftschall unterscheidet man verschiedene Arten von Schallabsorbern.

Poröse Schallabsorber: Bei porösen Schallabsorbern wird die Schallenergie durch Reibung der Luftteilchen in den Poren in Wärmeenergie umgewandelt. Voraussetzung dafür ist eine ausreichende Porosität und ein optimierter Strömungswiderstand.

Plattenschwinger: Bei diesem Absorbertyp wird eine Platte durch die auftreffende Schallwelle in Schwingung versetzt. Die Schallenergie wird also in Bewegungsenergie umgewandelt.

Kombinierte Absorber: Durch eine Kombination von konventionellen Plattenschwingern und porösen Absorbern lässt sich eine deutlich höhere Breitbandigkeit erreichen. So können nicht nur die mittleren und hohen, sondern auch die tiefen Frequenzen absorbiert werden.

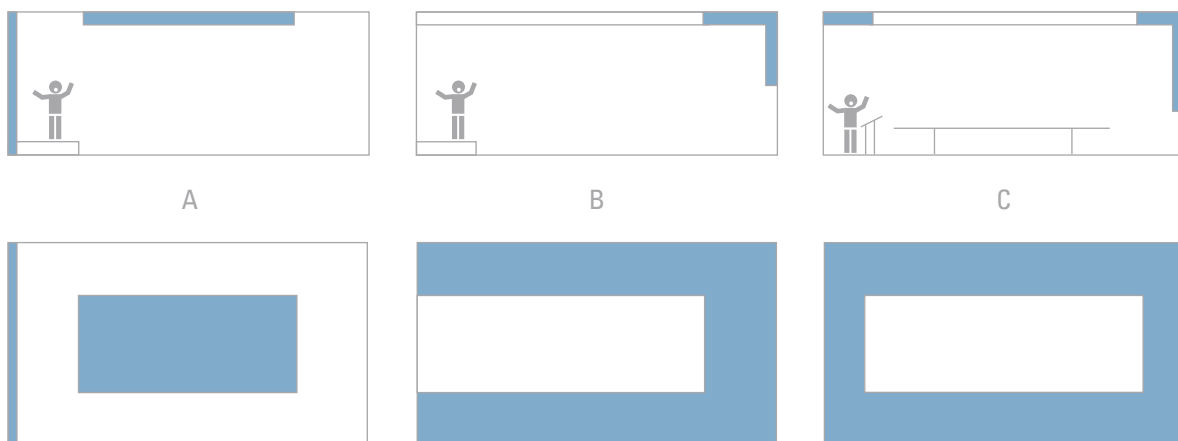
DIE VERSCHIEDENEN ABSORBERKLASSEN

Das Klassifizierungssystem ist primär zur Anwendung bei breitbandigen Geräuschen gedacht. Die Einzelangabe α_w (bewerteter Schallabsorptionsgrad, vgl. Kapitel „*Weitere wichtige Fachbegriffe*“ zur Definition) wird dazu verwendet, die Schallabsorberklasse nach DIN EN ISO 11654 festzulegen.

Schallabsorberklasse	α_w -Werte
A	0,90; 0,95; 1,00
B	0,80; 0,95;
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55
E	0,25; 0,20; 0,15
Nicht klassifiziert	0,10; 0,05; 0,00

VERTEILUNG VON ABSORBERN IM RAUM

Bei der Verteilung von Schallabsorbern im Raum sollte man darauf achten, dass nützliche Reflexionsflächen erhalten bleiben.



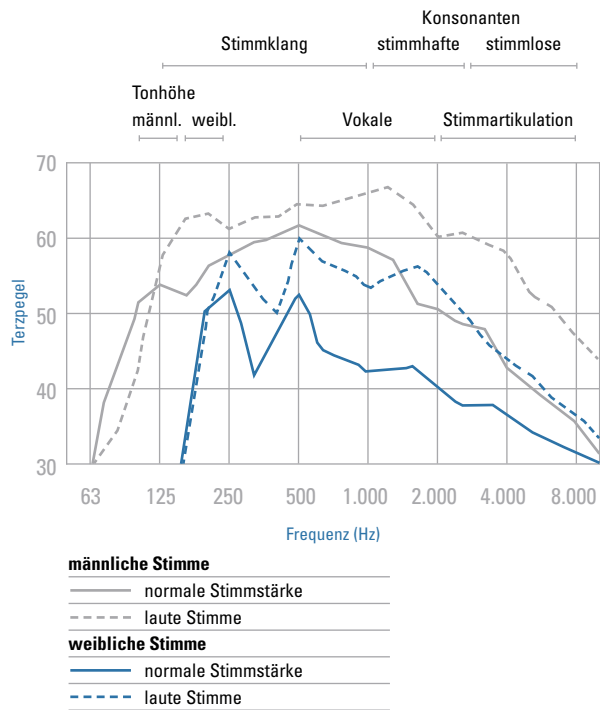
A: unzureichende Absorberverteilung, da nützliche Reflexionsflächen unwirksam werden.

B, C: zureichende Absorberverteilung, da nützliche Reflexionsflächen wirksam bleiben.

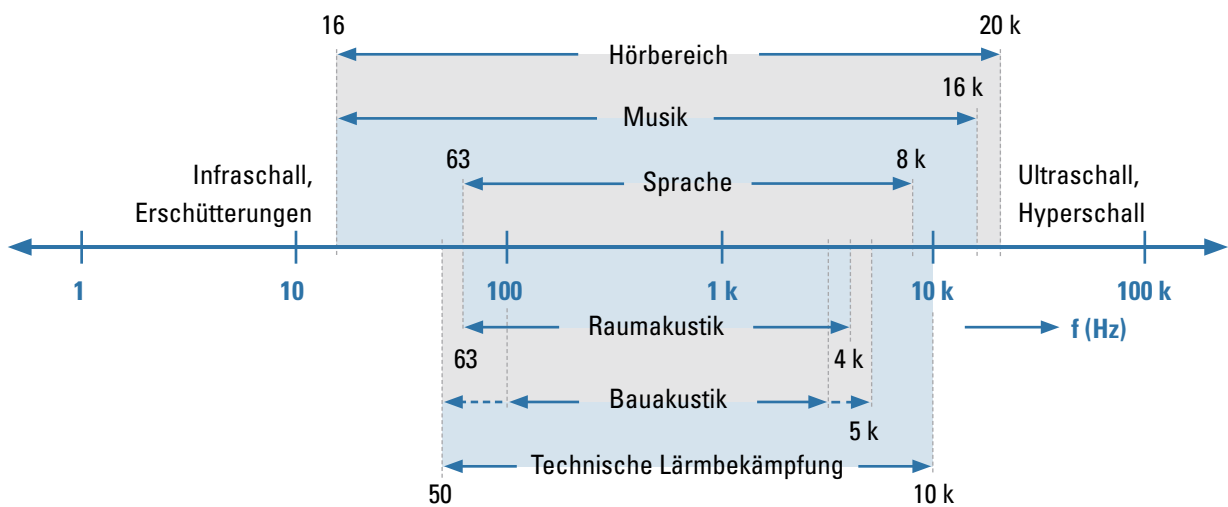
Weitere wichtige Fachbegriffe (A-Z)

Äquivalente Schallabsorptionsfläche A: Dieser Begriff bezeichnet eine gedachte Fläche mit vollständiger Schallabsorption ($\alpha = 1$), die den gleichen Teil der Schallenergie absorbieren würde wie die gesamte Oberfläche eines Materials, eines Raums oder auch von Personen und Gegenständen. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche A eines Raums lässt sich aus den einzelnen Teilflächen S_i bei bekannten Schallabsorptionsgraden α_i sowie der Schallabsorption der Gegenstände bzw. Personen innerhalb des Raums berechnen.

Frequenz f: Hierunter versteht man die Anzahl der Luftschwingungen pro Sekunde eines Schallereignisses. Die Schallausbreitung entspricht einer Luftdruckschwankung. Bei tiefen Frequenzen kommt es zu wenigen langsamen Schwingungen, bei hohen Frequenzen dagegen zu vielen schnellen Schwingungen.



Wichtige Frequenzen in der Akustik



Wussten Sie schon, dass ...

... bereits in der Antike bekannt war, dass der Schall aus den Schwingungen von Körpern entsteht? Und noch heute kann man an der Gestaltung des Dionysostheaters auf der Athener Akropolis sehen, dass die Griechen grundlegende Kenntnisse in der Naturakustik hatten.



Seite 4

**Wichtige technische
Normen und Richtlinien**

Seite 7

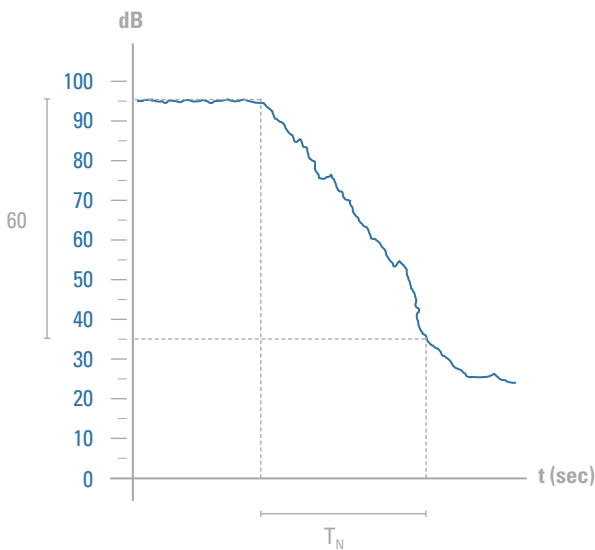
**Schallabsorber für Raum-
akustik und Schallschutz**

Seite 8

**Weitere wichtige
Fachbegriffe**

Hörsamkeit: Mit Hörsamkeit ist die Eignung eines Raums für bestimmte Schalldarbietungen gemeint. Die Hörsamkeit eines Raums bezieht sich insbesondere auf angemessene sprachliche Kommunikation und musikalische Darbietung an den für die Raumnutzung vorgesehenen Orten. Sie wird vorwiegend durch die geometrische Raumgestaltung, die Auswahl und Verteilung schallabsorbierender und schallreflektierender Flächen, die Nachhallzeit und den Gesamtstörschalldruckpegel beeinflusst.

Nachhallzeit T_N : Die Nachhallzeit T_N ist die Zeitspanne, in der ein Schalldruckpegel nach Abschalten der Schallquelle in einem Raum um 60 Dezibel abfällt. Aus praktischen Gründen wird meist nur das Absinken um 30 Dezibel gemessen.



Mit den Schallabsorptionsgraden von Flächen und Gegenständen lässt sich die Nachhallzeit eines Raums berechnen:

$$T = 0,163 \cdot V/A \text{ „Sabin’sche Formel“}$$

V = Volumen des Raums

A = äquivalente Schallabsorptionsfläche ($A = \alpha \cdot S$)

α = frequenzabhängig (6 Oktaven)

S = tatsächlich belegte Fläche

Musik $T_{\text{soll}} = \left(0,45 \lg \frac{V}{\text{m}^3} + 0,07\right) \text{ s}$

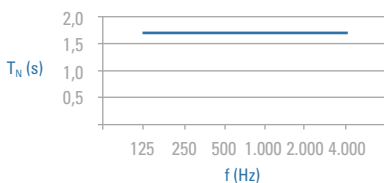
Sprache $T_{\text{soll}} = \left(0,37 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,14\right) \text{ s}$

Unterricht $T_{\text{soll}} = \left(0,32 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,17\right) \text{ s}$

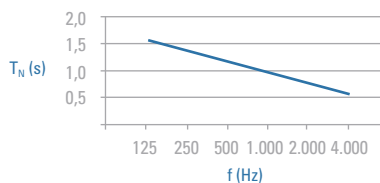
Sport 1 $T_{\text{soll}} = \left(1,27 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 2,49\right) \text{ s}$

Sport 2 $T_{\text{soll}} = \left(0,95 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 1,74\right) \text{ s}$

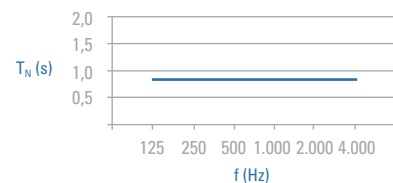
Diese Nachhallzeit gehört in einen Konzertsaal!



Diese Nachhallzeit ist nicht selten in Büros. Es dröhnt!



Nachhallzeit für Mehrpersonenbüros.



Wussten Sie schon, dass ...

... die Schallgeschwindigkeit in der Luft nicht abhängig vom Druck ist, sondern von der Temperatur? Dabei nimmt die Schallgeschwindigkeit mit steigender Temperatur zu.

... der Begriff Lärm von „a l’arme“ kommt? Die französische Wendung ist dem italienischen „all’arme“ entlehnt, wörtlich „zu den Waffen“.



Seite 4

**Wichtige technische
Normen und Richtlinien**

Seite 7

**Schallabsorber für Raum-
akustik und Schallschutz**

Seite 8

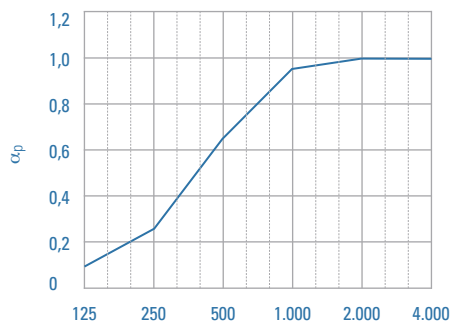
**Weitere wichtige
Fachbegriffe**

Schallabsorptionsgrad α : Dieser Begriff meint das Verhältnis der von einer Fläche nicht reflektierten Schallenergie zur einfallenden Schallenergie. Bei vollständiger Schallreflexion beträgt der Schallabsorptionsgrad $\alpha=0$, bei vollständiger Schallabsorption $\alpha=1$. Der Absorptionsgrad wird im Hallraum nach DIN EN ISO 354 (Messung der Schallabsorption in Hallräumen, Ausgabe Dezember 2003) bestimmt. Die Frequenzverteilung von Schallereignissen ist auch für die Planung wichtig. Dazu dient der Schallabsorptionsgrad von Materialien und Gegenständen.

Bewerteter Schallabsorptionsgrad α_w : Einzahlangabe für das Schallabsorptionsvermögen eines Materials. Dieser ergibt sich aus dem Vergleich der praktischen Schallabsorptionsgrade α_p mit den Werten einer Bezugskurve nach DIN EN ISO 11654.

Praktischer Schallabsorptionsgrad α_p : Schallabsorptionsgrad für Oktavbandbreite, berechnet nach DIN EN ISO 11654.

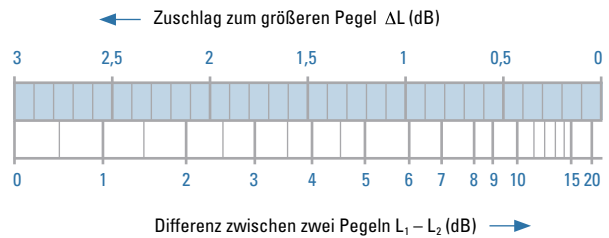
Der Schallabsorptionsgrad α (dimensionslos) gibt an, wie viel der auf eine Fläche treffenden Schallenergie absorbiert wird: $0,0-1,0 = 0-100\%$



Beispielprodukt

α_p	0,10	0,25	0,65	0,95	1,00	1,00
—						

Schalldruck p und Schalldruckpegel L_p : Der Schalldruck ist die Amplitude einer Schwingung. Er ist im Vergleich zum atmosphärischen Ruhedruck (ca. 100 kPa) sehr klein (Schalldruck $p = 20 \text{ Pa} = \text{Schmerzgrenze}$).

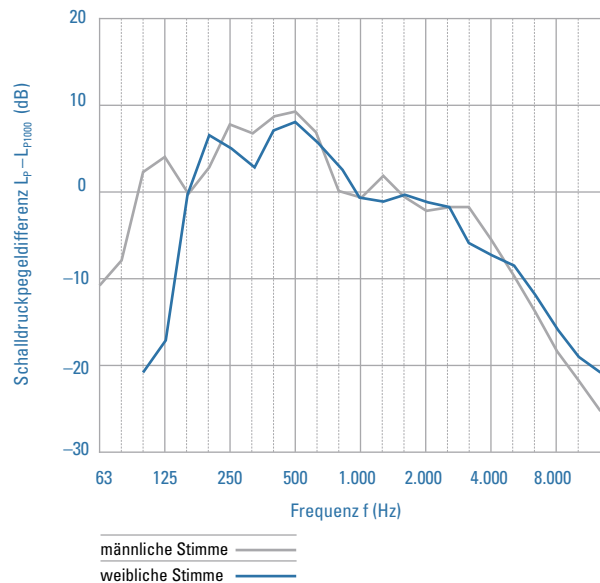


Beim Rechnen mit Pegeln müssen die Logarithmenregeln beachtet werden.

$$\text{Schalldruckpegel } L_p = 20 \lg p/p_0 \text{ dB}$$

Die Gesamtschallleistung ergibt sich durch Addition der Einzelleistungen:

$$L_{\text{soil}} = 0,45 \lg \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_j}{10}} \text{ dB}$$



Schalldruckpegel L_p bei Schallausbreitung im Freien:

Als Beziehung zwischen Schalldruckpegel L_p auf einer Hüllfläche S und Schallleistungspegel L_w der Quelle ergibt sich folgende Gleichung:

$$L_p = L_w - 10 \lg S \text{ dB}$$

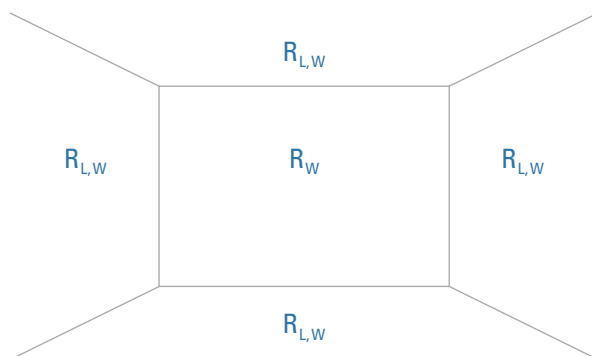
Bei einer Hüllfläche von 1 m^2 sind Schalldruckpegel und Schallleistungspegel danach zahlenmäßig gleich. Für kugelförmig strahlende Quellen gilt im Abstand s von deren Mitte:

$$L_p = L_w - 11 - 20 \lg s \text{ dB}$$

Für halbkugelförmig strahlende Quellen, bei denen sich die Schallleistung auf eine nur halb so große Hüllfläche verteilt, ist der Schalldruckpegel bei gleichem Abstand s um 3 dB größer:

$$L_p = L_w - 8 - 20 \lg s \text{ dB}$$

Schalllängsdämmmaß R : Dieser Begriff bezeichnet die schalltechnische Qualität eines Bauteils parallel zu seiner Ausbreitungsrichtung.



R_w bezeichnet die Qualität eines Bauteils quer zu seiner Ausbreitungsrichtung. Je nach Blickrichtung können die Werte R_w oder $R_{L,w}$ eines Bauteils von Interesse sein.

$$R_w = D + 10 \lg (S/A)$$

D = gemessene Schallpegeldifferenz

S = Fläche des trennenden Bauteils

A = äquivalente Schallabsorptionsfläche

Die gemessene Schallpegeldifferenz D kann bei gleichem Bauteil, aber anderer Flächengröße oder Raumausstattung verschieden sein. R_w wird also nicht ausschließlich messtechnisch erfasst, sondern immer gemessen und berechnet. Nur die Pegeldifferenz D kann ausschließlich messtechnisch ermittelt werden.

Resultierende Schalldämmung $R_{w, res}$: Bei einem Bauteil, bestehend aus n Teilflächen, erhält man das resultierende Schalldämmmaß $R_{w, res}$ aus den Schalldämmmaßen R_i der einzelnen Teilflächen:

$$R_{res} = -10 \lg \frac{\sum_{j=1}^n S_j \cdot 10^{-R_j/10}}{\sum_{j=1}^n S_j} \text{ dB}$$

Für zwei Teilflächen S_1 und S_2 mit den Schalldämmmaßen R_1 und R_2 vereinfacht sich die Gleichung wie folgt:

$$R_{res} = -10 \lg \left\{ \frac{1}{S_1 + S_2} (S_1 \cdot 10^{-R_1/10} + S_2 \cdot 10^{-R_2/10}) \right\} \text{ dB}$$

Sprachliche Kommunikation: Übertragung oder Austausch von Informationen zur Verständigung zwischen Menschen über Mitteilungen. Dabei kommt nicht nur die gesprochene Sprache zum Einsatz, sondern über Mimik und Gestik auch die Körpersprache.

Sprachschalldruckpegel L_{SA} : äquivalenter, A-bewerteter Schalldruckpegel der Sprache, gemessen am Ohr des Hörers. Die entsprechende Größe des Sprachschalldruckpegels, gemessen in 1 m Abstand vom Sprecher, wird mit $L_{PA, 1m}$ bezeichnet und kennzeichnet die Sprechweise des Sprechers.

Sprachverständlichkeit: Grundlegendes Kriterium für die Hörsamkeit in Sprachdarbietungsräumen. Zur Erfassung der subjektiven Sprachverständlichkeit kann der Prozentsatz richtig erkannter Silben, Wörter oder Sätze ermittelt werden. Objektive Messverfahren lassen aus physikalischen Parametern der Sprachkommunikation im Raum – u. a. Sprachpegel, Schallausbreitung, Störgeräusch – die Sprachverständlichkeit bestimmen.

Störschalldruckpegel: Hierunter versteht man einen Schalldruckpegel, der verschiedene auf den Nutzer einwirkende Störgeräusche enthält.

Gesamtstörschalldruckpegel L_{NA} : Schalldruckpegel, der alle während der Nutzung auf den Zuhörer einwirkenden Geräuschkomponenten enthält. Hierzu gehören bauseitige Geräusche, Betriebsgeräusche und Publikumsgeräusche. Der A-bewertete Gesamtstörschalldruckpegel L_{NA} wird üblicherweise in Ohrhöhe bestimmt und in Dezibel angegeben.

Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche $L_{NA,Bau}$: Schalldruckpegel im betrachteten Raum, der von Außengeräuschen, Geräuschen aus Nachbarräumen, haustechnischen Anlagen, Sanitärinstallationen und den fest installierten medientechnischen Geräten erzeugt wird. Der A-bewertete Störschalldruckpegel $L_{NA,Bau}$ wird in Dezibel angegeben.

Störschalldruckpegel der Betriebsgeräusche $L_{NA,Betrieb}$: Schalldruckpegel von zusätzlich im betrachteten Raum betriebenen Geräten, wie mobilen Wiedergabegeräten von Bild und Ton etc.

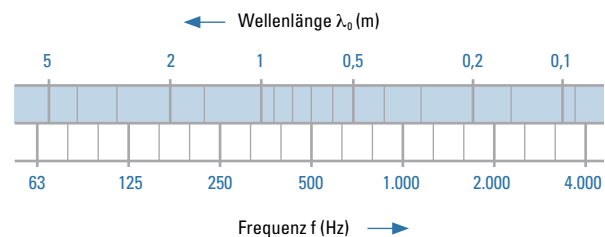
Wellenlänge λ : Die Wellenlänge ist der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Punkten des gleichen Schwingungszustands in einer sich ausbreitenden Welle – beispielsweise zwischen zwei Maxima:

$$\lambda = c / f = c \cdot T$$

c = Schallgeschwindigkeit (ca. 343 m/s bei 20°C)

f = Frequenz in Hz

T = Periodendauer



Die wichtigsten Begriffe

Begriff	Formelzeichen	Einheit	Seite
Schall im Raum			3
Schall im Freifeld			3
Schallabsorption und -reflexion			4
Schalldruckpegel	L_p	dB	4,12
Normen und Richtlinien			4, 6, 7
Absorberklassen			7
Äquivalente Schallabsorptionsfläche	A	m ²	8
Frequenz	f	Hz	8
Hörsamkeit			10
Nachhallzeit	T	sec	10
Schallabsorptionsgrad	α		12
Bewerteter Schallabsorptionsgrad	α_w		12
Praktischer Schallabsorptionsgrad	α_p		12
Schalldruck	P	Pa	12
Schalllängsdämmmaß	R_w	dB	13
Resultierende Schalldämmung	$R_{w,res}$	dB	13
Sprachliche Kommunikation			13
Sprachschalldruckpegel	L_{SA}	dB	14
Sprachverständlichkeit			14
Störschalldruckpegel		dB	14
Gesamtstörschalldruckpegel	L_{NA}	dB	14
Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche	$L_{NA,Bau}$	dB	14
Störschalldruckpegel der Betriebsgeräusche	$L_{NA,Betrieb}$	dB	14
Wellenlänge	λ	m/sec	14

Wussten Sie schon, dass ...

... man für einen effektiven Gehörschutz ab Lärmpegeln von 120–125 Dezibel einen Schallschutzanzug braucht? Der Grund: Das Innenohr registriert auch Schallwellen, die über den Körper aufgenommen werden. Deswegen muss bei extrem hoher Lärmbelastung der gesamte Körper von der Umwelt abgekapselt werden.

