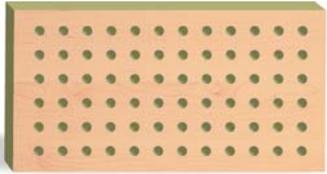


# AFE-Akustikmodule

Geprüft vom Institut für Bauphysik (IBP).

DIN ISO 354  
zertifiziert

Folgende Akustikmodule (Plattengröße bis 400 x 200 cm) sind erhältlich:



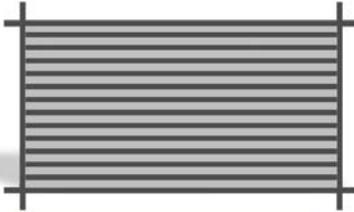
#### Akustikmodule mit »Rundlochung«

Typ 0 (ohne Lochung)  
Typ 1,2/14-8 mm  
Typen 4/16, 4-32, 4/12-26, 4/12-32 mm  
Typen 6/16, 6-32, 6/12-26, 6/12-32 mm  
Typen 8/16, 8-32, 8/12-26, 8/12-32 mm  
Typen 10-16, 10-32 mm  
Typen 12-16, 12-32 mm



#### Akustikmodule mit »Schlitzung«

Typ 0 (ohne Schlitzung)  
Typen 2-8, 2-16, 2-32, 2/8-16, 2/8-32 mm  
Typen 3-8, 3-16, 3-32, 3/8-16, 3/8-32 mm  
Typen 8-16, 8-32 mm



#### Akustikmodule als »Einlege-Deckenplatte / T15«

Typen 1x8, 3x6, 5x10 mm  
Typen 15-20, 15-62,5, 15-125 mm



#### »Textile Akustikmodule« werden individuell gefertigt.

Motivauswahl und weitere Informationen auf Anfrage.

Ausführliche Maßangaben und Prüfzeugnisse stellen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Akustikbau Ewers GmbH & Co. KG

Detmolder Straße 104 · 33161 Hövelhof

Telefon 0 52 57/97 90-0 · Telefax 0 52 57/97 90-99

www.akustikbau-ewers.de · AFE@akustikbau-ewers.de



## Grundlagen der Schallabsorption

AFE-Akustikmodule für Wand und Decke.

# Grundlagen der Schallabsorption

Großer Gestaltungsspielraum für eine angenehme Kommunikation.

## Inhaltsverzeichnis

### Verwendungszweck

#### Schallabsorption – Einsatzbereiche

- Raumakustische Gestaltung
- Lärminderung
- Nachhallzeitregulierung ..... 2

### Grundbegriffe

- Tonhöhe – Frequenz (Schallgeschwindigkeit) ..... 4
- Schallabsorption (Äquivalente Schallabsorption) ..... 4

### Anforderungen

- Nachhallzeit (Nachhallzeit nach Sabine) ..... 5
- Nachhallzeit – Schallabsorption (Raumakustische Anforderungen) ..... 5

### Mittelwerte

#### Einzahlangaben

- Arithmetischer Mittelwert  $\alpha_{M}$
- Noise Reduction Coefficient (NRC)
- Bewerteter Schallabsorptionsgrad  $\alpha_w$  ..... 6

### Messung

- Ermittlung der Schallabsorption im Labor Schallabsorption nach DIN EN ISO 20354 ..... 7
- Ermittlung der Schallabsorption im Bau Nachhallzeit nach DIN EN ISO 3382 ..... 7

- Erhältliche Akustik-Platten ..... 8

Besonders große Räume, z.B. Theater- und Konzertsäle, erfordern eine perfekte Akustik!

## Schallabsorption – Einsatzbereiche

Schallabsorption ist das wichtigste Hilfsmittel bei der akustischen Gestaltung von Räumen. Absorbierende und reflektierende Flächen bestimmen das akustische Verhalten eines Raumes. »Gute« oder »schlechte« Absorption an sich gibt es nicht, deshalb existieren auch keine genormten Anforderungen an die Absorption einzelner Oberflächen.

Erst aus den baulichen Gegebenheiten (der Einrichtung, dem Raumvolumen und der geplanten Nutzung) ergibt sich die »richtige« Schallabsorption. Aufgrund unterschiedlicher Zielsetzungen ergeben sich 3 Einsatzbereiche für absorbierende Materialien:

- Raumakustische Gestaltung
- Lärminderung
- Nachhallregulierung

### Raumakustische Gestaltung

Bei der Gestaltung großer Räume mit sehr anspruchsvoller Akustik (Oper, Konzertsaal, Theater, Auditorien, ...) ist neben der geeigneten Menge an Absorption vor allem die genaue Anordnung von reflektierenden und absorbierenden Flächen von großer Bedeutung. Der Raumeindruck wird nicht nur vom Direktschall, sondern ganz wesentlich vom Verhältnis zwischen frühen und späten Reflexionen (Klarheitsmaß) und deren Einfallsrichtung (Seitenschallgrad) bestimmt.

Pauschale Rückschlüsse auf eine »gute« oder »schlechte« Absorption sind nicht möglich. Jedes einzelne Objekt muss von einem Akustiker gesondert behandelt werden.



Gerade in großen Räumen, wie z. B. in Großraumbüros, entsteht weniger Lärm durch eine hohe Schallabsorption.

### Lärminderung

Schallquelle und Schallabsorption bestimmen die Lautstärke im Raum. Bei unerwünschter Lärmbelästigung, z. B. in Fabrikhallen oder Großraumbüros, benötigt man eine möglichst hohe Absorption.

Die geeignete Absorption hängt von der Art des störenden Geräusches ab, die sinnvolle Menge bestimmt sich in der Regel durch eine Kosten-Nutzen-Abschätzung.

### Nachhallzeitregulierung

Musik und Sprache sollten an unserm Ohr so ankommen, wie sie von der Schallquelle (Mund, Lautsprecher) gesendet werden. Dies verlangt bei jeder Tonhöhe die gleiche Menge an Absorption. Die benötigte Gesamtmenge bestimmt sich aus Raumvolumen und Raumnutzung (Bibliothek, Büro, Klassenzimmer, ...).

In der Praxis sind die meisten Oberflächen bereits fixiert, bevor die akustische Auslegung erfolgt. Zur Ergänzung dieser bereits vorhandenen Absorption benötigt man Wand- und Decken-Verkleidungen mit unterschiedlichem Absorptionsverhalten. Meist ist die vorhandene Absorption bei tiefen Frequenzen gering, jedoch bei hohen Frequenzen schon fast ausreichend. Dieses verlangt nach Oberflächen mit mehr Absorption bei tiefen und weniger Absorption bei hohen Frequenzen.



In Räumen, in denen es auf eine optimale Sprachverständlichkeit ankommt, ist eine Nachhallregulierung besonders wichtig.

# Grundbegriffe und Anforderungen

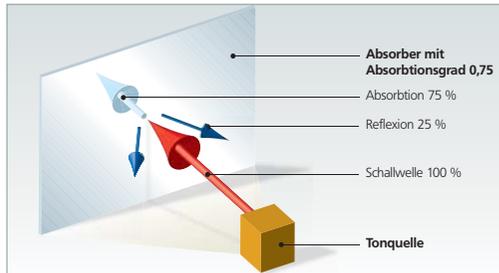
Von der Schallgeschwindigkeit bis zu raumakustischen Anforderungen.

## Tonhöhe – Frequenz

(Luft-) Schall ist eine Druckschwankung in der Luft. Jede Druckwelle hat eine bestimmte Länge (Wellenlänge  $\lambda$ ), die sich in einem bestimmten Zeitraum (Frequenz  $f$ ) wiederholt.

Die Frequenz entspricht der empfundenen Tonhöhe. Tiefe Töne haben eine kleine Frequenz, hohe Töne eine große Frequenz. Der Frequenzbereich wird in 18 Terzen (6 Oktaven) unterteilt.

Alle akustischen Vorgänge sind stark abhängig von der Frequenz. Wenn Auslegungen früher nur bei 500 oder 1000 Hz durchgeführt wurden, so liegt dieses an einem unverhältnismäßig großen Rechenaufwand einer frequenzabhängigen Betrachtung, nicht aber an einer gewünschten Gewichtung. Heute ermöglichen Computerprogramme mühelos Berechnungen in Terz- oder Oktavschritten.



Absorption und Reflexion einer Oberfläche

Zu den Oberflächen addiert sich die Absorption von Einrichtung und Personen. Da diese keine eindeutig definierte Oberfläche haben, werden sie durch ihre äquivalente Absorptionsfläche  $A_k$  gekennzeichnet (bzw. Absorptionsgrad / Stück). Mit Berücksichtigung der Luftabsorption (Dämpfungskonstante  $m$ ) ergibt sich die Gesamtabsorption eines Raumes  $A_{ges}$ :

$$A_{ges} = \sum_i \alpha_i \cdot S_i + \sum A_k + 4 \cdot V \cdot m \quad [m^2]$$

Teilt man die gesamte Absorption  $A_{ges}$  durch die gesamte Oberfläche  $S_{ges}$ , so erhält man den mittleren Absorptionsgrad  $\alpha$ :

$$\alpha = A_{ges} / S_{ges} \quad [m^2]$$

Schallgeschwindigkeit in Luft  $c$ :

$$C = \lambda \cdot f \approx 340 \text{ m/s} \approx 1.200 \text{ km/h}$$

Bereich	Frequenz, $f$ [Hz]	Wellenlänge, $\lambda$ [m]
Hören / Musik	20 ... 20.000	170 ... 0,0017
Sprechen / Gesang	200 ... 2.000	1,70 ... 0,0170
Raumakustik	100 ... 5.000	3,40 ... 0,0680

Grenzen vor Hör- und Sprachbereich

Mittelfrequenz	100	200	400	800	1.600	3.150
Terz Unten						
Terz / Oktav	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Terz Oben	160	315	630	1.250	2.500	5.000

18 Terzen (6 Oktaven) der Raumakustik

## Schallabsorption

Trifft eine Schallwelle auf eine Oberfläche, so wird ein Teil der Energie reflektiert, der andere Teil absorbiert (in Wärme umgewandelt). Den Verlust an Energie nennt man Absorption.

Der Absorptionsgrad gibt das Verhältnis von absorbiertem zu auftretender Energie an, ein Wert von Null entspricht einer totalen Reflexion, ein Wert von Eins einer totalen Absorption.

Multipliziert man den Absorptionsgrad  $\alpha$  eines Materials mit einer Fläche  $S$ , erhält man die äquivalente Absorptionsfläche  $A$ :

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



Schallabsorbierende Elemente in einem Raum

## Nachhallzeit

Die Nachhallzeit ist das älteste und bekannteste raumakustische Kriterium. Sie definiert sich als jene Zeitspanne, in welcher der Schalldruckpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB abnimmt. Bereits 1920 veröffentlichte W.C. Sabine einen Artikel über den elementaren Zusammenhang von Nachhallzeit  $T$ , Raumvolumen  $V$  und äquivalenter Absorptionsfläche  $A$ :

$$T = 0,163 \frac{V}{A} = 0,163 \frac{v}{\alpha \cdot S_{ges}} \quad [s]$$

Heute gibt es komplexe Computerprogramme zur genauen Simulation akustischer Vorgänge. Solche Programme sind jedoch sehr aufwendig und werden in der Regel nur bei großen Räumen mit komplexer Akustik angewendet (Oper, Theater, Auditorien, ...).

Ansonsten ist es die einfache Gleichung, welche die Grundlage der Auslegung bildet. Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Gleichung ist ein diffuses Schallfeld, d. h. eine gleichmäßige Verteilung der Schallenergie im Raum. Dieses ist gegeben, wenn:

- die Schallabsorption relativ gleichmäßig auf allen Oberflächen verteilt ist
- keine zu hohe mittlere Schallabsorption vorhanden ist ( $\alpha \leq 0,25$ )
- die Abweichung von einer kubischen Raumform nicht zu groß ist
- das Raumvolumen kleiner als 2.000  $m^3$  ist

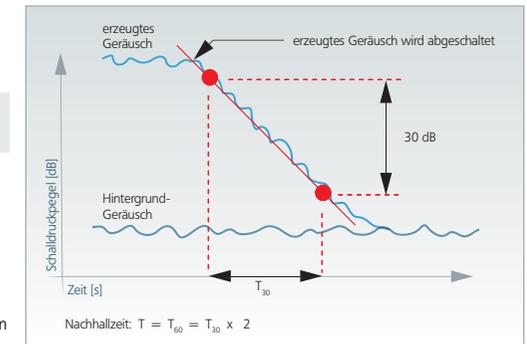
## Nachhallzeit – Schallabsorption

Die Nachhallzeit ist ein Pauschalmaß für die akustische Qualität eines Raumes, denn sie lässt auch Rückschlüsse auf Lautstärke und Klangfarbe, Deutlichkeit und Durchsichtigkeit, Halligkeit und Raumeindruck zu.

Für jeden Raum gibt es entsprechend seiner Nutzung und seines Volumens eine anzustrebende Nachhallzeit. Aus dem Zusammenhang zwischen Nachhallzeit und äquivalenter Absorptionsfläche ergibt sich die Anforderung an die Absorption.

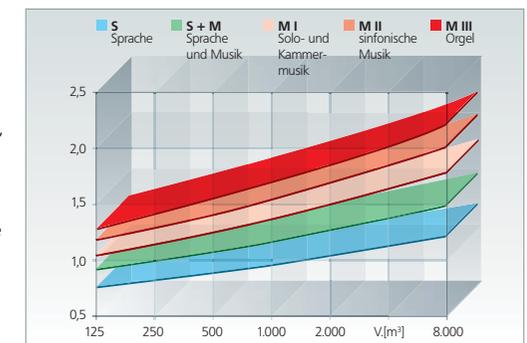
**Fazit:** Ein hoher Schallabsorptionsgrad führt nicht zwangsläufig zu einer besseren Akustik bzw. Verständlichkeit. Vielmehr muss die Absorption der einzelnen Oberflächen auf die anzustrebende Nachhallzeit sowie Einrichtung und Personenanzahl abgestimmt sein.

**Anders ausgedrückt:** Eine Abnahme von 60 dB bedeutet eine Reduzierung der akustischen Energie auf ein Millionstel. Demnach entspricht die Nachhallzeit in etwa der Zeitspanne, in der ein lautes Klatschen bis zur Unhörbarkeit verstummt (in leisen Räumen).



Messung der Nachhallzeit

**Streukörper (Diffusoren):** Ist kein diffuses Schallfeld vorhanden, so können Streukörper (Diffusoren) für ein diffuses Schallfeld sorgen. In der Praxis sind es meist Einrichtung und Personen, die bei genügender Anzahl für Diffusität sorgen. Ist kein diffuses Schallfeld gegeben, so kann die am Bau gemessene Nachhallzeit deutlich von der Berechnung abweichen.



Nachhallzeit in Abhängigkeit vom Raumvolumen

# Mittelwerte und Messung

Einzelangaben und Schallabsorption im Labor oder Bau.

## Einzelangaben

Einzelangaben, d. h. Mittelwerte, sind aus praktischen Gründen oft notwendig (für eine sinnvolle akustische Auslegung jedoch unzureichend). Folgende drei Varianten sind in der Praxis verbreitet:

- **Arithmetischer Mittelwert**
- **Noise Reduction Coefficient**
- **Bewerteter Schallabsorptionsgrad**

### Arithmetischer Mittelwert $\alpha_{i,M}$

Die 18 Terzwerte (6 Oktawerte) werden addiert und durch 18 (6) dividiert.

### Noise Reduction Coefficient (NRC)

Die Amerikanische Norm ASTM C 423 »Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method« entspricht der europäischen DIN EN ISO 20354 »Messung der Schallabsorption im Hallraum«. Die ASTM C 423 enthält zusätzlich die Bestimmung einer Einzah:

Die 4 Terzwerte bei 250, 500, 100 und 2000 Hz werden addiert und durch 4 dividiert. Das Ergebnis wird in Schritten von 0,05 gerundet.

### Bewerteter Schallabsorptionsgrad $\alpha_w$

Im Gegensatz zur Amerikanischen Norm ASTM C 423 enthält die Europäische Norm DIN EN ISO 20354 keine Einzahlangabe. Seit 1997 gibt es die DIN EN ISO 11654 »Schallabsorption für die Anwendung in Gebäuden«, welche aus den Messwerten eine Einzah bildet.

Zunächst werden die 3 Terzwerte einer jeden Oktav gemittelt und in Schritten von 0,05 gerundet. Die sich ergebenden 6 Werte, praktischer Absorptionsgrad  $\alpha_p$ , ersetzen die Messwerte.

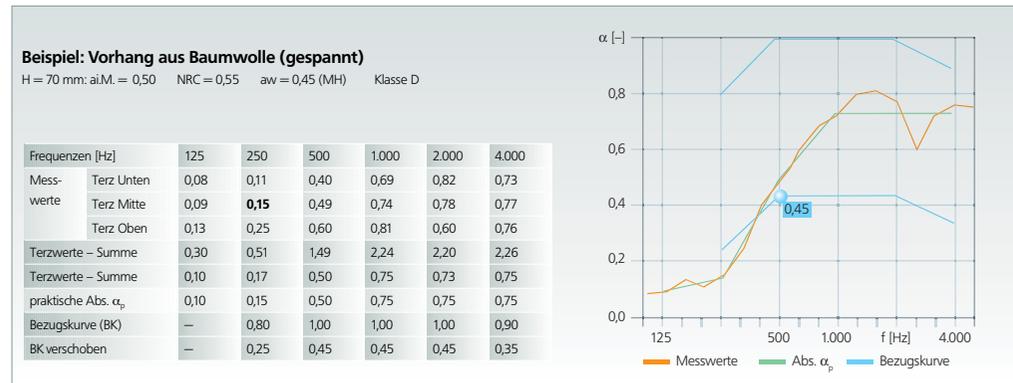
Danach wird eine Bezugskurve (siehe Beispiel) so lange nach unten verschoben ( in Schritten von 0,05), bis die Summe der unterhalb der Bezugskurve liegenden Werte kleinergleich 0,10 ist. Der bewertete Absorptionsgrad  $\alpha_w$  ist der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz.

Liegt  $\alpha_p$  bei einer (oder mehreren) Frequenzen um 0,25 oder mehr über der verschobenen Bezugskurve, so muss  $\alpha_w$  mit einem (oder mehreren) Formindikator(en) ergänzt werden: L (low) bei 250 Hz, M (middle) bei 500 oder 1.000 Hz, H (high) bei 2.000 oder 4.000 Hz.

**Der (informative) Anhang B der DIN EN ISO 11654 enthält eine Klassifizierung der Einzahlangabe, d.h.  $\alpha_w$  wird in Absorptionsklasse unterteilt:**

**Klassifizierung eines Absorbers** (siehe nebenstehende Tabelle):

Klasse	$\alpha_w$
A	0,90 ... 1,00
B	0,80 ... 0,85
C	0,60 ... 0,75
D	0,30 ... 0,55
E	0,15 ... 0,25
nicht klassifiziert	0,00 ... 0,10



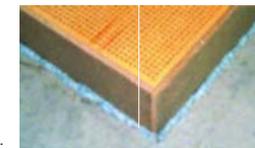
## Ermittlung der Schallabsorption im Labor

Die Messung erfolgt in einem sogenannten Hallraum. Dieser Raum ist mit Diffusoren so ausgestattet, dass ein diffuses Schallfeld gegeben ist. Als Diffusoren dienen in der Regel 1 bis 3 m<sup>2</sup> große, leicht gekrümmte Metallplatten, die mit regelloser Orientierung im Raum verteilt angeordnet sind. Messverfahren und Raumcharakteristik sind europaweit nach DIN EN ISO 20354 genormt. Die Bestimmung der Schallabsorption erfolgt in drei Schritten:

1. Messung der Nachhallzeit im leeren Raum
2. Messung der Nachhallzeit mit eingebautem Prüfkörper
3. Berechnung der Absorption aus Differenz der Nachhallzeiten

Die Ermittlung der Schallabsorption erfolgt aufgrund der Gleichung nach Sabine. Da eine optimale Diffusität gegeben ist – und die Änderung der Nachhallzeit nur durch den Prüfkörper erfolgt – kann die Absorption exakt bestimmt werden.

**Hinweis:** Der Prüfkörper liegt immer auf dem Boden, egal ob es sich um eine Wand- bzw. Deckenverkleidung oder einen Bodenbelag handelt. Dieses erleichtert die Montage und hat keinen Einfluss auf den Messwert.



Prüfkörper umlaufend abgedichtet



Diffusoren sorgen für nötige Steuerung

## Ermittlung der Schallabsorption am Bau

Die Messung der Nachhallzeit erfolgt nach DIN EN ISO 3382 »Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere Parameter«. Aus dem gemessenen Nachhall kann die Gesamtabsorption im Raum berechnet werden. Der Absorptionsgrad der einzelnen Teilflächen kann jedoch nur grob abgeschätzt werden. Die Genauigkeit kann sehr unterschiedlich ausfallen, hierfür gibt es drei Gründe:

1. Im Raum befinden sich viele unterschiedliche Oberflächen, d.h. die Bestimmung der Absorption einer bestimmten Fläche setzt voraus, dass die Absorption der anderen Oberflächen entweder vernachlässigbar gering oder relativ genau bekannt ist (was in der Praxis oft der Fall ist!).
2. Das Schallfeld ist nicht ausreichend diffus (siehe Nachhallzeit). Meist ist eine Raumdichtung (Decke – Boden) viel stärker bedämpft als die anderen, d. h. eine gleichmäßige Verteilung der Absorption ist nicht gewährleistet. Hieraus kann sich eine fast beliebig große Ungenauigkeit ergeben.
3. Die Nachhallzeit wird nach DIN EN ISO 3382 im gebrauchsfertigen Zustand (mit oder ohne Personen) gemessen. Die Absorption der Einrichtung ist jedoch meist weder vernachlässigbar gering noch ausreichend bekannt. Erfolgt die Messung im (fast) leeren Raum (dieses ist in der Praxis häufig der Fall), so ist meist unzureichende Diffusität das Problem (siehe Punkt 2).

Großer Hallraum am Institut für Bauphysik (IBP) in Stuttgart.