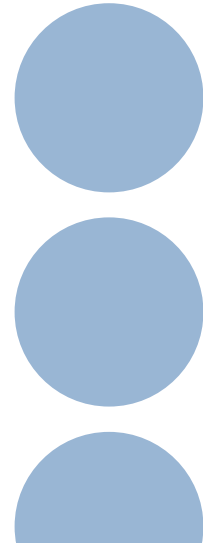


Grundlagen der Raumakustik und extra-aurale Lärmwirkungen

ID 080198



1

Hinweise zum Urheberrecht

Die Unterlagen zum Seminar sind urheberrechtlich geschützt und ausschließlich für Seminare der Berufsgenossenschaft Holz und Metall erstellt worden.

Bitte fertigen Sie keine Fotos oder andere Kopien von im Seminar verwendeten Medien an.



Unterlagen, die wir Ihnen zur Mitnahme oder zum Download zur Verfügung stellen, sind für Ihre Arbeit im Betrieb bestimmt.

Bitte geben Sie diese Unterlagen nicht an Personen außerhalb Ihres Betriebs weiter.



Bereitgestellte Arbeitsmaterialien, z. B. für Gruppenarbeiten, sind Eigentum der Berufsgenossenschaft Holz und Metall und müssen in der Bildungsstätte verbleiben. Die Mitnahme sowie das Kopieren der Materialien ist unzulässig.



Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit und Ihr Verständnis!

ID 032983b

2

Raumakustik / Akustik des Raums / Nach-Hall / Echo

Reflektierte Schallwellen:

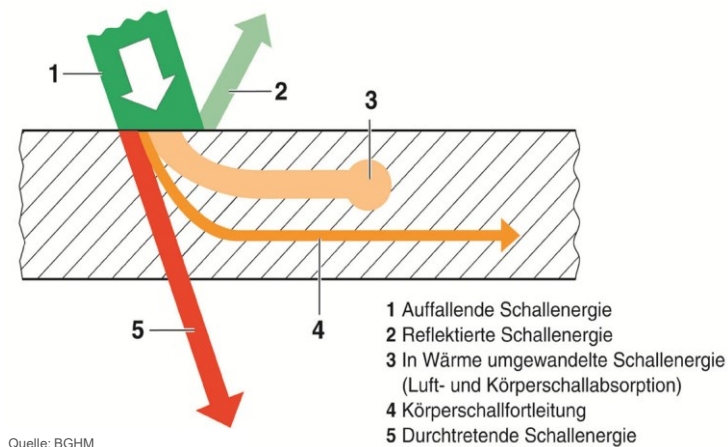
- Schalldruckpegel wird erhöht
- Sprachverständlichkeit wird gesenkt

in den meisten Fällen unerwünscht.

ID 082148

3

Absorption und Reflexion



ID 006468

4



Schallabsorption in Räumen

Der Schallabsorptionsgrad α kennzeichnet die Verluste des Schalls in Räumen (Verhältnis der absorbierten Energie zur auftreffenden Energie).

Bei $\alpha = 0$ erfolgt vollständige Reflexion,
bei $\alpha = 1$ vollständige Absorption an den Begrenzungsflächen.

Es muss mindestens ein mittleres $\bar{\alpha} = 0,3$ erreicht werden.

ID 015801

5



Raumakustik – mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha}$

im Freien	1	(keine Reflexion)
in Werkhallen	0,3*	(nach TRLV Lärm Teil 3)
in Werkhallen	0,1	(in der Realität – ohne Schallschutzmaßnahmen)

* in den Oktavbändern 500 Hz bis 4000 Hz

ID 082149a

6

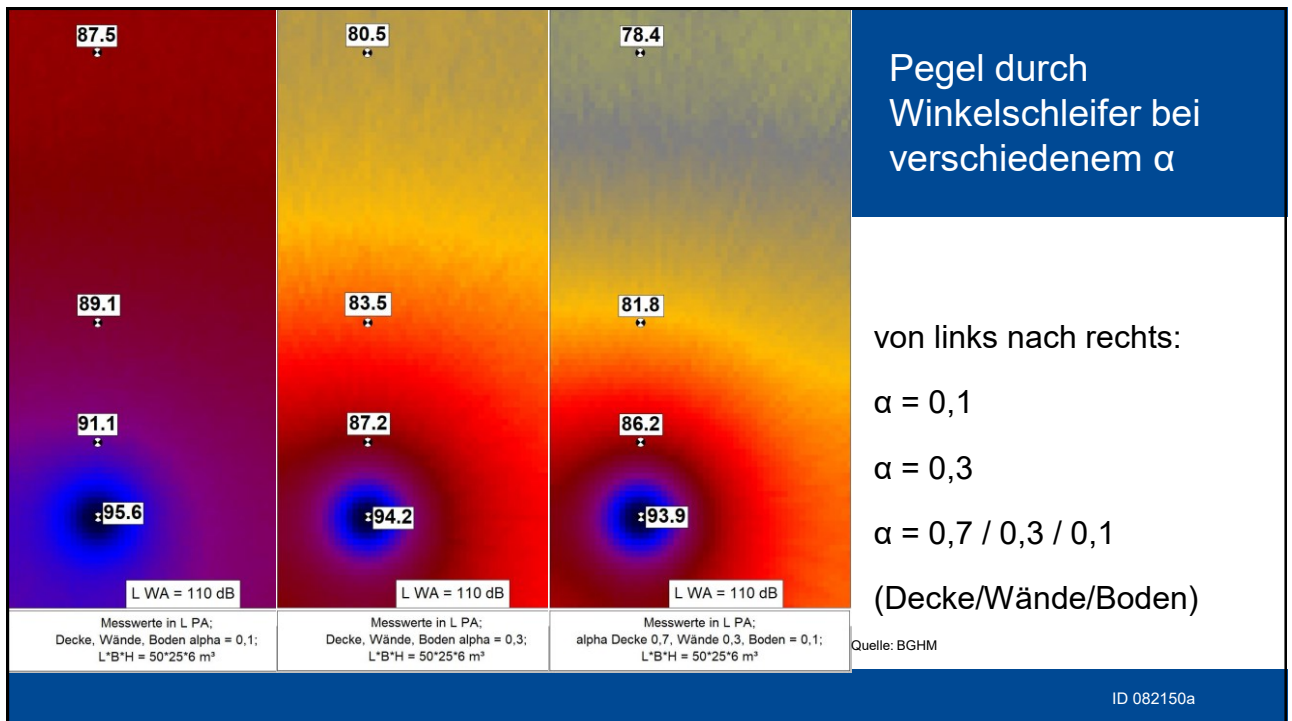
Raumakustik – Pegelabnahme pro Abstandsverdopplung DL_2

im Freien	6 dB	(keine „Raum“akustik)
in Werkhallen	4 dB*	(nach TRLV Lärm Teil 3)
in Werkhallen	2 dB	(in der Realität – ohne Schallschutzmaßnahmen)

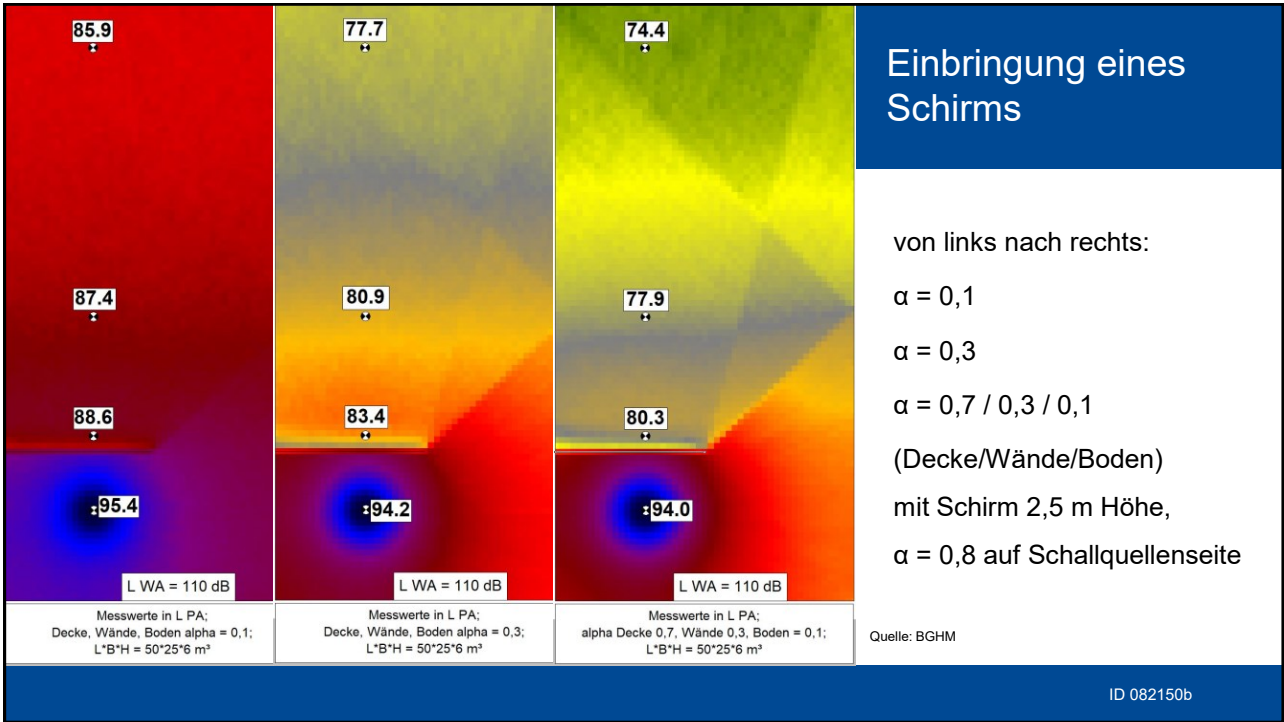
* in den Oktavbändern 500 Hz bis 4000 Hz

ID 082149b

7




8



Äquivalente Schallabsorptionsfläche

Akustisch günstig gestaltete Räume haben eine kurze Nachhallzeit. Aus der Nachhallzeit **T** und dem Raumvolumen **V** wird die äquivalente Absorptionsfläche **A** berechnet (maximal bis 10000 m³ und Verhältnis der größten zur kleinsten Raumabmessung höchstens 3:1):

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad (\text{Sabine'sche Formel, empirisch})$$


A ist eine theoretische Fläche mit dem Schallabsorptionsgrad $\alpha = 1$.

ID 015802

11

Mittlerer Schallabsorptionsgrad

Den mittleren Schallabsorptionsgrad eines Raumes erhält man durch folgende Gleichung:

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S_v} \quad (S_v = \text{Gesamtoberfläche des Raumes})$$

$\bar{\alpha}$ lässt sich auch aus den Absorptionsgraden der einzelnen Baumaterialien berechnen.

ID 015804

12

Schallabsorptionsgrade von Materialien

schallhart	α
Kacheln	0,02
Trapezblech	0,02
Fensterglas	0,02
Beton	0,03
Verputzte Flächen	0,04
Kalksandstein	0,04
Ziegelwand (unverputzt)	0,12
Gasbeton	0,17

Baumaterial

$\alpha = \frac{\text{Absorbierte Energie}}{\text{Auffallende Energie}}$

Quelle: BGHM

schallabsorbierend	α
Hochlochziegel mit Mineralwolle hinterlegt	0,77
Trapezblech gelocht mit Mineralwolle hinterlegt	0,82
PVC-Folienabsorber (abspritzbar)	0,78
Weichschaumabsorber 50 mm direkt aufgelegt	0,95
Mineralfaser Zylinderdecke mit 1 Zylinder pro m ²	0,83
Mineralfaser-Kulissendecke	0,91
Mineralfaserplatten 50 mm	0,99

ID 015814

13

Schallabsorptionsgrad - Beispiel

Werkhalle L x B x H = 30m x 20m x 5,5m	Fläche S _i [m ²]	α_i	Äquivalente Absorptionsfläche A _i = S _i x α_i [m ²]
Fußboden - Beton	600	0,03	18
Dach - Trapezblech, gelocht, mit Mineralwolle hinterlegt	600	0,82	492
Fenster an Längswand	70	0,02	1,4
Sockel aus Kalksandstein, 1,5m hoch	150	0,04	6
Türen, Tore, usw.	130	0,02	2,6
1 Längswand und 1 Stirnwand, ab Sockel aus Hochlochziegel mit hinterlegter Mineralwolle	200	0,77	154
Gesamte äquivalente Schallabsorptionsfläche A = Summe (S _i x α_i) [m ²]			674
Oberfläche der Werkhalle S _v = Summe S _i [m ²]			1750
Mittlerer Schallabsorptionsgrad $\bar{\alpha} = A/S_v$			0,39

Quelle: BGHM

Berechnung des
mittleren Schallabsorptionsgrades $\bar{\alpha}$
einer Werkhalle durch Bestimmung der
einzelnen Teilabsorptionsflächen.

ID 015817

14

Raumakustische Maßnahme



Quelle: Fritz

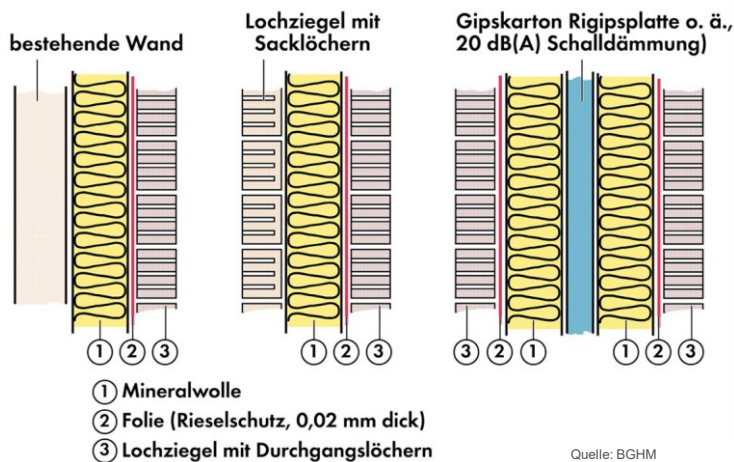
Beispielfoto Übungshalle Lengfurt

**Lochblech-Wand mit
hinterlegtem
Schallabsorptionsmaterial**

015805

15

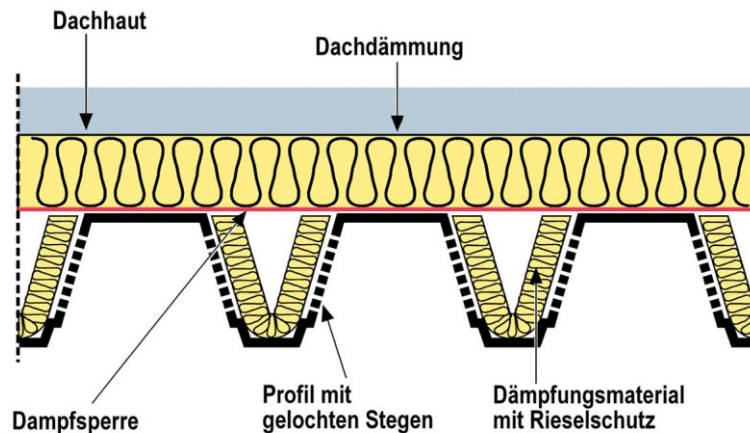
Hallenwände - Schallabsorbierende Gestaltung



ID 002361

16

Schallabsorbierendes Dachsystem



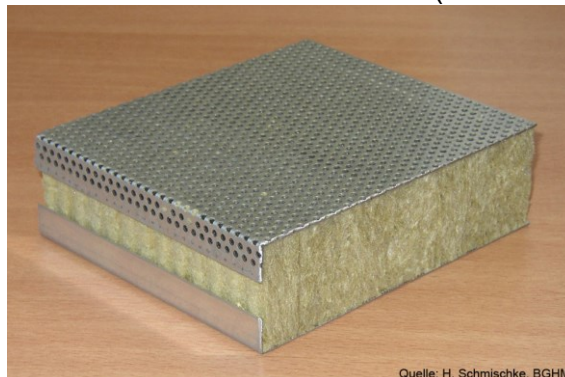
Quelle: BGHM

ID 006481

17

Wandabsorberelement

Blech, gelocht, mit Mineralwolle hinterlegt,
z. B. Contrabel-Wandabsorber (Willbrandt)



Quelle: H. Schmischke, BGHM

ID 015806

18

Mineralfaserplatte

50 mm, z. B. Rockfon Facett



Quelle: H. Schmiscke, BGHM

ID 015807

19

Schaumstoffplattendecke



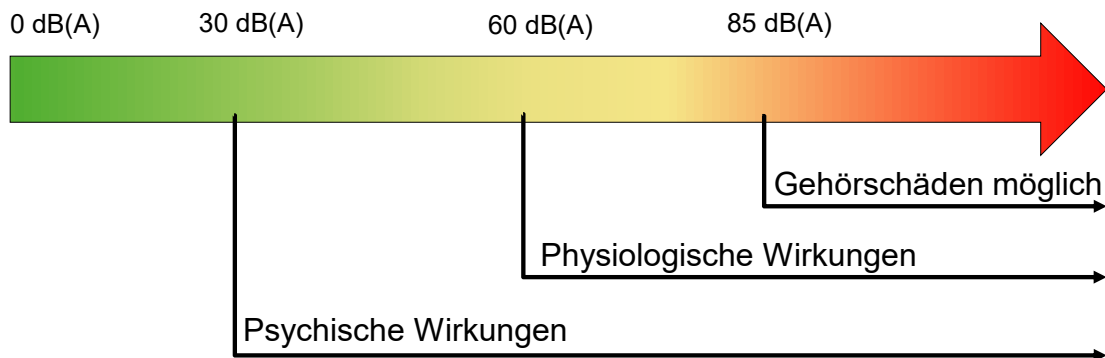
Quelle: pinta acoustic gmbh, Maisach

z. B. pinta
Absorber PLANO

ID 015808

20

Extra-aurale Lärmwirkungen - Psychoakustik



ID 082152

23

Extra-aurale Lärmwirkungen - Psychoakustik

ASR A3.7 S.6:

Lärm kann z. B.:

1. die Wahrnehmung von akustischen Gefahrensignalen beeinträchtigen
2. die Aufmerksamkeit und Konzentration herabsetzen,
3. die Sprachkommunikation beeinträchtigen,
4. die Fehlerquote erhöhen,
5. die Reaktionsfähigkeit verringern,
6. die Risikobereitschaft erhöhen oder
7. die Sicherheit bei manuellen Tätigkeiten vermindern.

Sehr stark
von der
Person
und den
Verhältnissen
abhängig.

ID 082153

24

Extra-aurale Lärmwirkungen

ASR A3.7 - 5.1 Maximal zulässige Beurteilungspegel L_r :

Tätigkeitskategorie I	55 dB(A)
Tätigkeitskategorie II	70 dB(A)
Tätigkeitskategorie III	so niedrig wie möglich

ID 082154a

25

Extra-aurale Lärmwirkungen

DEUTSCHE NORM

September 2012

DIN 45645-2

DIN

ICS 17.140.20

Mit DIN EN ISO 9612:2009-09
Ersatz für
DIN 45645-2:1997-07

**Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen –
Teil 2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei
Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung**

ID 081813

26

Extra-aurale Lärmwirkungen

Ermittlung des Beurteilungspegels L_r ohne Unterscheidung von Teilzeiten:

$$L_r = L_{pAeq} + K_I + K_T$$

K_I = Impulzzuschlag

K_T = Ton- und Informationshaltigkeit

beide Zuschläge zusammen max. 6 dB(A)

Achtung: L_{pAeq} wird nach DIN 45645 als arithmetischer Mittelwert bestimmt
Mindestens 2 Messungen, Unterschied > 2 dB → zwei weitere Messungen
Differenz aller Messungen < 3 dB oder Abstand zum Richtwert > 5 dB →

Okay: Ansonsten gesamten Vorgang inkl. Arbeitsanalyse wiederholen

ID 081814

27

Extra-aurale Lärmwirkungen

Impulzzuschlag K_I :

Zuschlag zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung impulshaltiger Geräusche:

$K_I = 0$ dB falls $(L_{pAeq} - L_{pAeq})$ kleiner als 3 dB

$K_I = L_{pAeq} - L_{pAeq}$ falls $(L_{pAeq} - L_{pAeq})$ im Bereich 3 dB bis 6 dB

$K_I = 6$ dB falls $(L_{pAeq} - L_{pAeq})$ größer als 6 dB

ID 081815

28

Extra-aurale Lärmwirkungen

Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit K_T :

Zuschlag zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung eines oder mehrerer Töne in einem Geräusch oder eines informationshaltigen Geräusches in Höhe von 3 dB oder 6 dB je nach Auffälligkeit:

$K_T = 0$ dB	es tritt nicht besonders hervor
$K_T = 3$ dB	es tritt hervor, ist aber nicht dominant
$K_T = 6$ dB	es tritt hervor und ist dominant

ID 081816

29

Extra-aurale Lärmwirkungen

Ermittlung des Beurteilungspegels L_r mit Unterscheidung von Teilzeiten:

$$L_r = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{m=1}^M T_m 10^{0,1 L_{p,m}} \right) \text{ dB}$$

$L_{p,m}$	$= L_{pAeq,m} + K_l + K_T$
T_m	die Dauer der Teilzeit m, in Stunden
T	die Summer aller Teilzeiten T_m , in Stunden
M	Gesamtzahl der Teilzeiten m

ID 081817

30

Extra-aurale Lärmwirkungen

Messunsicherheit:

Unsicherheit beim Vergleich	0 dB	3 dB
Messgerät	Klasse 1	Klasse 2 oder besser
Abgeschätzte Unsicherheit bei der Erfassung der längerfristig typischen Schallimmission	< 3 dB	< 6 dB

Quelle: BGHM

ID 081818

31

Extra-aurale Lärmwirkungen

Messunsicherheit und Vergleich mit Richtwert:

Anders als beim Vergleich des Tages-Lärmexpositionspegels mit den Auslöseschwellen, gibt es beim Vergleich des Beurteilungspegels L_r mit den Vorgaben der Tätigkeitskategorien drei Möglichkeiten: „unterschritten“, „überschritten“ oder „keine eindeutige Aussage“ möglich:

- Eine Vorgabe ist unterschritten, wenn $L_r + \text{Unsicherheit} < \text{Vorgabe}$
- Eine Vorgabe ist überschritten, wenn $L_r - \text{Unsicherheit} > \text{Vorgabe}$
- Es ist keine eindeutige Aussage möglich, wenn die Vorgabe im Bereich $L_r - \text{Unsicherheit}$ bis $L_r + \text{Unsicherheit}$ liegt

ID 081819

32

Extra-aurale Lärmwirkungen

ASR A3.7 - 5.2 Raumakustische Anforderungen (Nachhallzeiten)

Callcenter	$T = 0,5 \text{ s}$
Mehrpersonen- und Großraumbüro	$T = 0,6 \text{ s}$
Ein- und Zweipersonenbüro	$T = 0,8 \text{ s}$
Räume in Bildungsstätten	$T = (0,32 * \lg V/m^3 - 0,17)^* \text{ s}$
sonstige Räume mit Sprachkommunikation	$\bar{\alpha} = 0,3$ oder $DL_2 = 4 \text{ dB}$

* für Barrierefreiheit strengere Werte erforderlich

ID 082154b

33

Extra-aurale Lärmwirkungen

ASR A3.7 - Vorgehensweise

- 7.1 Vereinfachtes Verfahren durch lärmbezogene Arbeitsplatzbegehung
- 7.2 Ermittlung der raumakustischen Kennwerte durch Abschätzung
- 7.3 Ermittlung der raumakustischen Kennwerte durch Messung
- 7.4 Ermittlung von Lärmpegeln für Tätigkeiten durch orientierende Messung
- 7.5 Ermittlung von Beurteilungspegeln für Tätigkeiten an Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen
- 7.6 Bewertung von tieffrequentem Lärm

ID 082154c

34