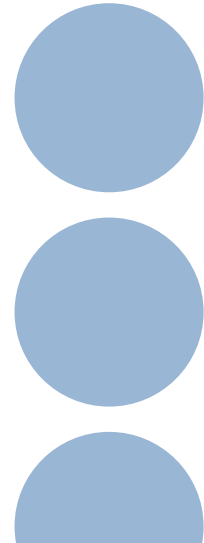


Grundlagen der Raumakustik und extra-aurale Lärmwirkungen

ID 080198



Raumakustik / Akustik des Raums / Nach-Hall / Echo

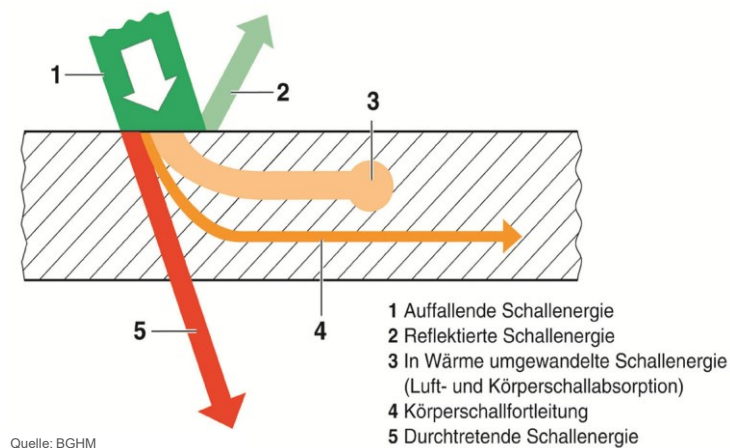
Reflektierte Schallwellen:

- Schalldruckpegel wird erhöht
- Sprachverständlichkeit wird gesenkt

in den meisten Fällen unerwünscht.

ID 082148

Absorption und Reflexion



Quelle: BGHM

ID 006468

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



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

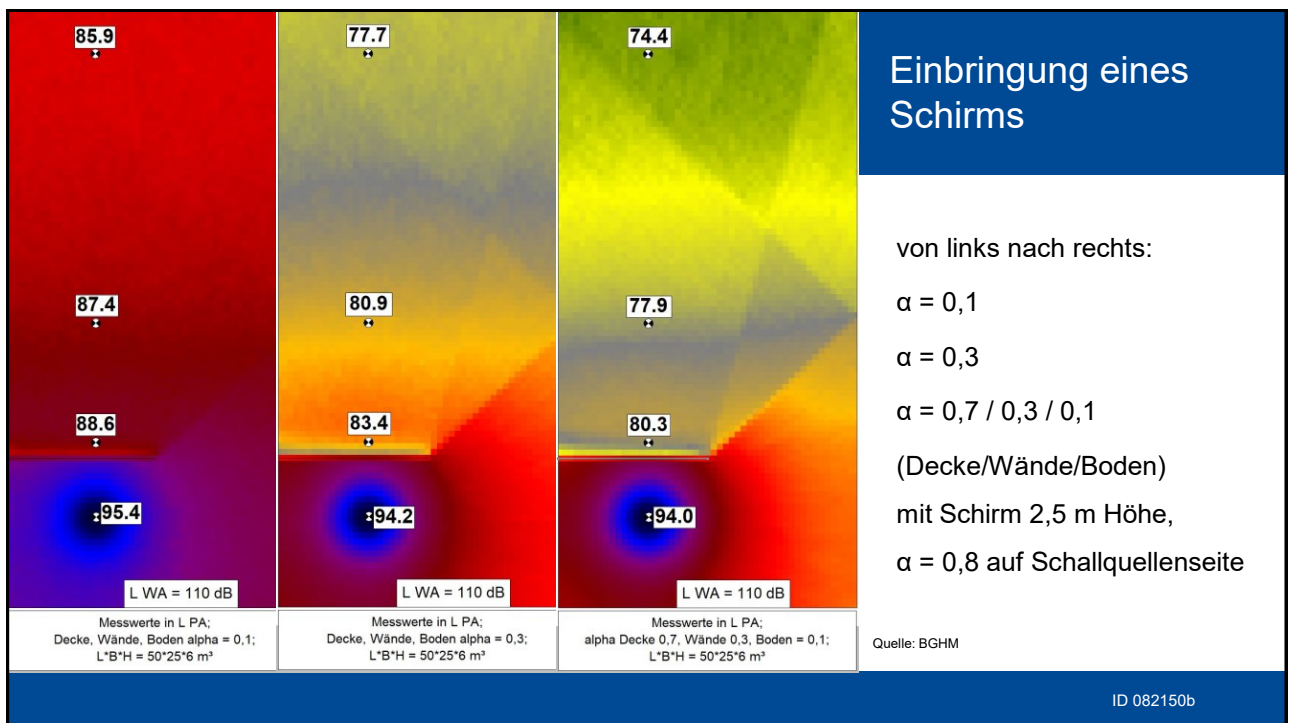
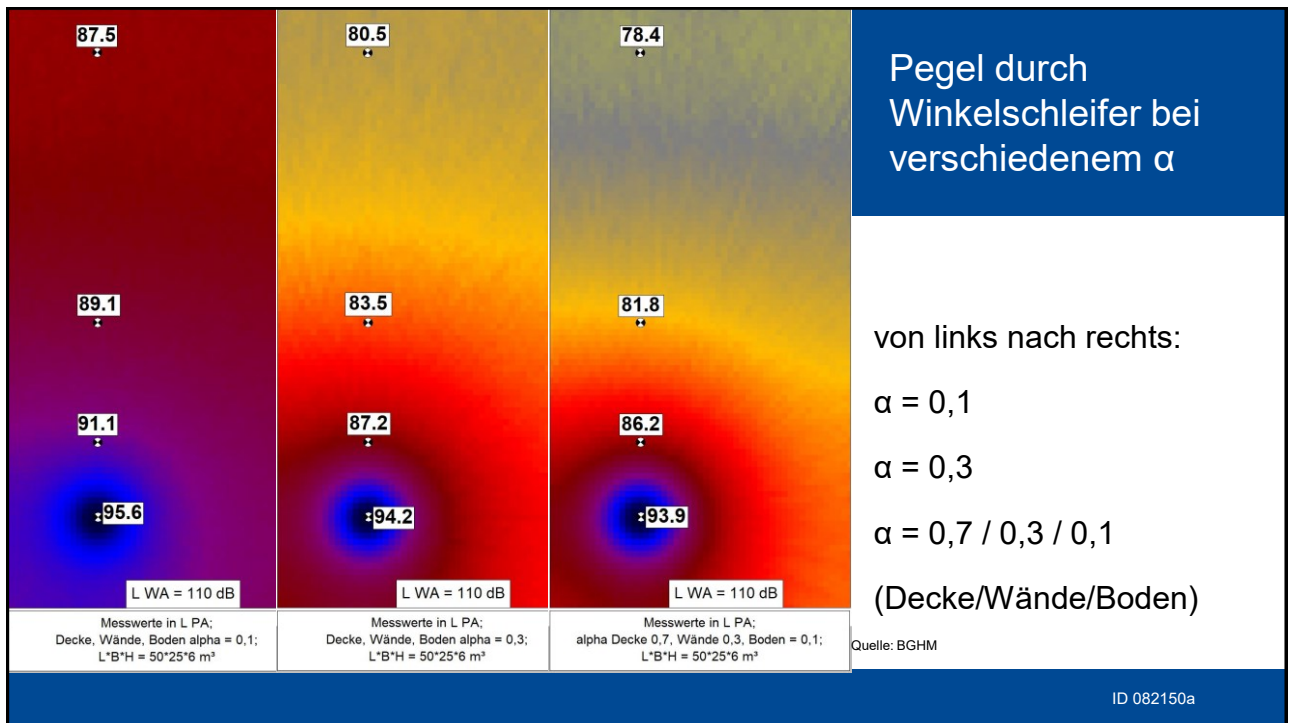


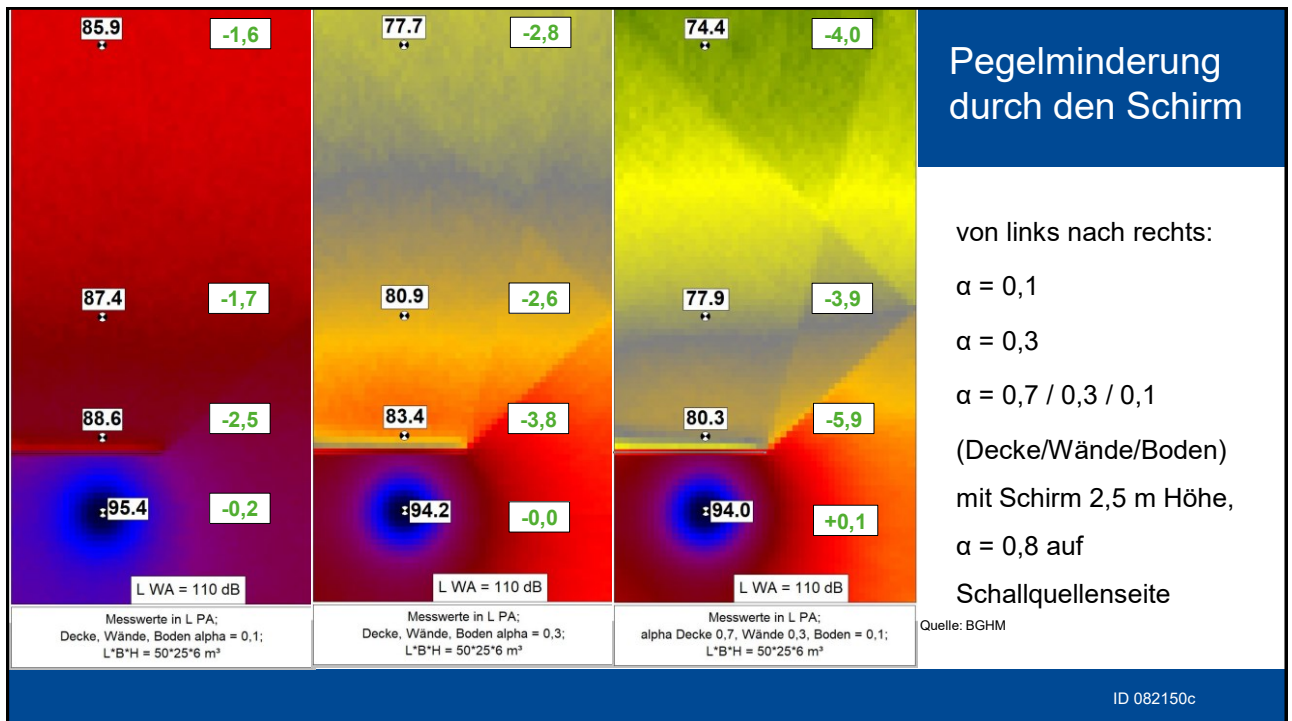
Raumakustik – Pegelabnahme pro Abstandsverdopplung DL_2

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





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

Mittlerer Schallabsorptionsgrad

Den mittleren Schallabsorptionsgrad eines Raumes erhält man durch folgende Gleichung:

$$\bar{\alpha} = A / S_V \quad (S_V = \text{Gesamtoberfläche des Raumes})$$

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

ID 015804

Schallabsorptionsgrade von Materialien

		Baumaterial	
schallhart	α		
Kacheln	0,02	<p>auffallende Energie</p> <p>absorbierte Energie</p> $\alpha = \frac{\text{Absorbierte Energie}}{\text{Auffallende Energie}}$ <p>Quelle: BGHM</p>	
Trapezblech	0,02		
Fensterglas	0,02		
Beton	0,03		
Verputzte Flächen	0,04		
Kalksandstein	0,04		
Ziegelwand (unverputzt)	0,12		
Gasbeton	0,17		
		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

Schallabsorptionsgrad - Beispiel

Werkhalle L x B x H = 30m x 20m x 5,5m	Fläche S_i [m ²]	α_i	Äquivalente Absorptionsfläche $A_i = S_i \times \alpha_i$ [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 $A = \text{Summe } (S_i \times \alpha_i)$ [m ²]			674
Oberfläche der Werkhalle $S_v = \text{Summe } S_i$ [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

Raumakustische Maßnahme



**Lochblech-Wand mit
hinterlegtem
Schallabsorptionsmaterial**

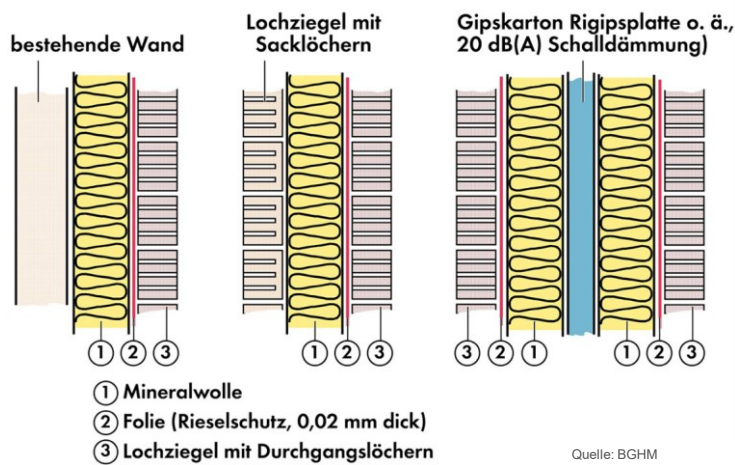
Quelle: Fritz

Beispielfoto Übungshalle Lengfurt

14 09 2006

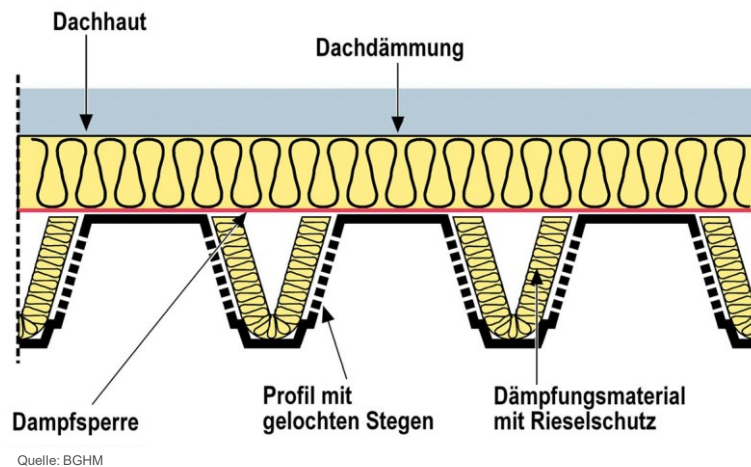
015805

Hallenwände - Schallabsorbierende Gestaltung



ID 002361

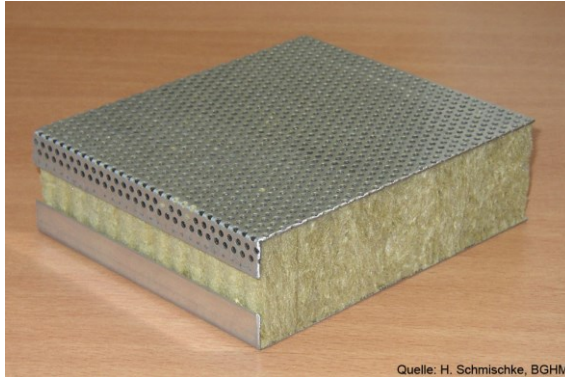
Schallabsorbierendes Dachsystem



ID 006481

Wandabsorberelement

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



Quelle: H. Schmischke, BGHM

ID 015806

Mineralfaserplatte

50 mm, z. B. Rockfon Facett



Quelle: H. Schmischke, BGHM

ID 015807

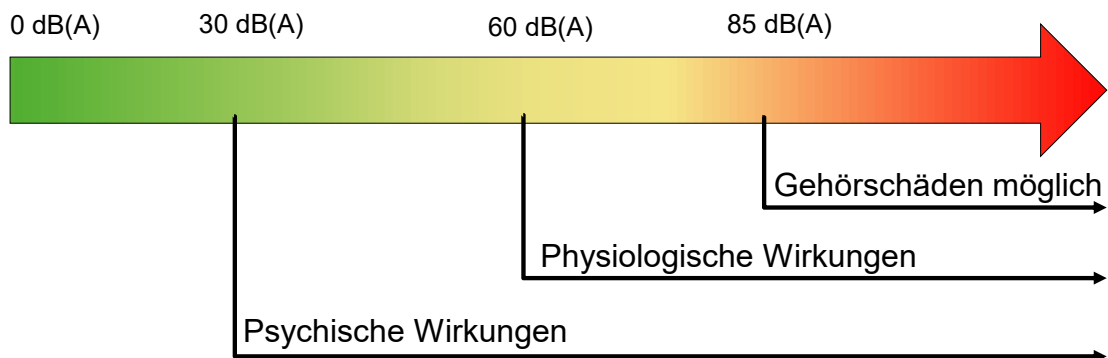
Schaumstoffplattendecke



z. B. pinta
Absorber PLANO

ID 015808

Extra-aurale Lärmwirkungen - Psychoakustik



ID 082152

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

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

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**

Quelle: Auszug aus DIN 45645-2, Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2, wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.

ID 081813

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: Mindestens 2 Messungen, Unterschied > 2 dB → zwei weitere Messungen
Differenz aller Messungen < 3 dB oder Abstand zum Richtwert > 5 dB → **OK**
Ansonsten gesamten Vorgang inkl. Arbeitsanalyse wiederholen

ID 081814

Extra-aurale Lärmwirkungen

Impulszuschlag K_I :

Zuschlag zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung impulshaltiger Geräusche:

$K_I = 0 \text{ dB}$	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
$K_I = 6 \text{ dB}$	falls	$(L_{pAeq} - L_{pAeq})$ größer als 6 dB

ID 081815

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:

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

ID 081816

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 Summe aller Teilzeiten T_m , in Stunden

M Gesamtzahl der Teilzeiten m

ID 081817

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

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

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	$T = (0,32 * \lg V/m^3 - 0,17) * s$
sonstige Räume mit Sprachkommunikation	$\bar{\alpha} = 0,3$ oder $DL_2 = 4 \text{ dB}$

* für Barrierefreiheit strengere Werte erforderlich

ID 082154b



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