

Lektion 17

Raumakustik und Schallschutz durch Absorption

Nachdem in der letzten Lektion der Zusammenhang zwischen dem Volumen, Schallabsorption und Nachhallzeit eines Raumes aufgezeigt und auch erklärt wurde, wie die erforderlichen Daten bestimmter Absorber und Anordnungen im Hallraum ermittelt werden, sollen in der letzten Lektion dieser Serie anhand von Beispielen Anwendungsmöglichkeiten im kleinen Rahmen vermittelt werden.

Berechnungsbeispiele

In Tabelle 1 (nach Gösele) sind Schallabsorptionsgrade verschiedener Wand- und Decken-

verkleidungen angegeben. In Tabelle 2 (nach Fasold/Sonntag) ist die äquivalente Schallabsorptionsfläche von Personen und Gestühl genannt. Wie schon in Lektion 16 erwähnt, ist der Schallabsorptionsgrad frequenzabhängig. Für unsere Berechnungsbeispiele benutzen wir jedoch nur einen Mittelwert über alle Frequenzen.

Fall a (Lärmbekämpfung)

Gegeben ist ein Raum mit der Grundfläche von $5 \times 4 \text{ m}^2$, die Höhe beträgt 3 m. Sämtliche Raumbegrenzungen bestehen aus Beton (die

Tür wird vernachlässigt). Der mittlere Absorptionsgrad von Beton beträgt: $\alpha = 0,03$. Gesucht werden die äquivalente Schallabsorptionsfläche A und die Nachhallzeit T_{60} des Raumes.

Berechnung:

Volumen: $5 \times 4 \times 3 \text{ m}^3 = 60 \text{ m}^3$; Oberfläche; Boden: 20 m^2 ; Decke 20 m^2 , Wände: 54 m^2

Total 94 m^2

$A = \alpha \times S$

$A = 0,03 \times 94 \text{ m}^2$

$A = 2,82 \text{ m}^2$

Nachhallzeit T_{60}

$A = 0,163 \times V / T_{60}$

$T_{60} = 0,163 \times V / A$

$T_{60} = 0,163 \times 60 \text{ m}^3 / 2,82 \text{ m}^2$

$T_{60} = 3,5 \text{ s}$

Wir betreiben in diesem Raum eine Maschine, die einen Lärm von 90 dB(A) verursacht.

Gesucht: Wie hoch ist der Schallpegel der Maschine, wenn der Boden mit einem Teppichboden ausgelegt wird. Wie lange ist die Nachhallzeit?

Berechnung:

Aus Tabelle 1 (Position 14) entnehmen wir einen mittleren Schallabsorptionsgrad von $\alpha = 0,26$

Wir berechnen A für den Raum:

Für die Betonfläche gilt:

$A_1 = \alpha_1 \times S_1$

$A_1 = 0,03 \times 74 \text{ m}^2$

$A_1 = 2,2 \text{ m}^2$

Für die Bodenfläche gilt:

$A_2 = \alpha_2 \times S_2$

$A_2 = 0,26 \times 20 \text{ m}^2$

$A_2 = 5,2 \text{ m}^2$

Für A_{Gesamt} gilt:

$A = A_1 + A_2$

$A = 7,4 \text{ m}^2$

Für die neue Nachhallzeit gilt nun:

$T_{60} = 0,163 \times V / A$

$T_{60} = 0,163 \times 60 \text{ m}^3 / 7,4 \text{ m}^2$

$T_{60} = 1,3 \text{ s}$

Für den Schallpegel der Maschine gilt nun:

$L_1 = L_0 - 10 \lg A / A_0$

Dabei bedeuten:

L_0 = ursprünglicher Schallpegel

A = neue äquivalente Schallabsorptionsfläche

A_0 = ursprüngliche äquivalente Schallabsorptionsfläche

$L_1 = 90 \text{ dB(A)} - 10 \lg 7,4 \text{ m}^2 / 2,82 \text{ m}^2$

$L_1 = 90 \text{ dB(A)} - 4,3$

$L_1 = 85,7 \text{ dB(A)}$

Bemerkung: Das hier gezeigte Berechnungsverfahren gilt nur näherungsweise. Exakte Berechnungen müssen frequenzabhängig durchgeführt werden.

Tabelle 1: Schallabsorptionsgrade verschiedener Wand- und Deckenverkleidungen

Ifd. Nr.	Verkleidung	Schallabsorptionsgrad α_s bei den Frequenzen					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	25 mm Asbestspritzputz	0,2	0,3	0,5	0,6	0,75	0,7
2	25 mm Zementspritzputz mit Vermiculitezusatz	0,05	0,1	0,2	0,55	0,6	0,55
3	8 mm Schaumstoff-Tapete	0,03	0,1	0,25	0,5	0,7	0,9
4	Bimsbeton, unverputzt	0,15	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6
5	115 mm Hochlochziegel, unverputzt, Löcher dem Raum zu offen, Mineralwolle im 60 mm Hohlraum hinter Ziegeln	0,15	0,65	0,45	0,45	0,4	0,7
6	25 mm Holzwole-Leichtbauplatten, unverputzt unmittelbar an Wand	0,05	0,1	0,5	0,75	0,6	0,7
	24 mm vor Wand, im Hohlraum Mineralwolle	0,15	0,7	0,65	0,5	0,75	0,7
7	50 mm Mineralfaserplatten (100 kg/m ³)	0,3	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
8	20 mm Mineralfaserplatten mit Farbe in Flockenstruktur an Oberfläche	0,02	0,15	0,5	0,85	1,0	0,95
9	16 mm Mineralfaserplatten, 375 kg/m ³ , raumseitig mit feinen Öffnungen versehen, 200 mm Deckenabstand	0,4	0,45	0,6	0,65	0,85	0,85
10	Blechkassetten, gelocht, mit 20 mm Mineralfaserfz, aufgelegt, 300 mm Deckenabstand	0,3	0,7	0,7	0,9	0,95	0,95
11	Gipskartonplatten, gelocht, Mineralfaser-Auflage, 100 mm Deckenabstand	0,3	0,7	1,0	0,8	0,65	0,6
12	Holzriemen mit 15 mm breiten, offenen Fugen, 20 mm Mineralfaser-Auflage bei 30 mm Deckenabstand bei 200 mm Deckenabstand	0,1	0,25	0,8	0,7	0,3	0,4
		0,4	0,7	0,5	0,4	0,35	0,3
13	Plüsch-Bespannung, gefaltet, 0,42 kg/m ² , 50 mm Abstand von Wand	0,15	0,45	0,95	0,9	1,0	1,0
14	7 mm Teppichboden	0	0,05	0,1	0,3	0,5	0,6

Tabelle 2 Äquivalente Schallabsorptionsfläche von Personen und Gestühl

	Stühle, auf 1 Stück bezogen	Äquivalente Schallabsorptionsfläche A in m ² bei den Frequenzen					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	Klappstuhl, Sitz und Rücken aus Sperrholz	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
	Klappstuhl, Sitz und Rücken mit Kunstlederbezug	0,09	0,13	0,15	0,15	0,11	0,07
	Klappstuhl, Sitz und Rücken mit Stoffbezug	0,10	0,23	0,23	0,22	0,19	0,18
	Klappstuhl, Sitz und Rücken mit Velourbezug, gepolstert	0,14	0,23	0,35	0,39	0,37	0,38
	Einzelpersonen						
	Männliche Personen im Anzug	0,15	0,23	0,61	0,97	1,14	1,14
	(6 m ² je Person)	0,15	0,23	0,56	0,78	0,88	0,89
	Weibliche Personen im Sommerkleid	0,05	0,10	0,23	0,40	0,58	0,77
	(6 m ² je Person)	0,05	0,10	0,17	0,37	0,47	0,58

In Tabelle 3 ist die Schallpegelminderung in Abhängigkeit der Vergrößerung der Schallabsorption dargestellt.

(Bei einer Sekunde Nachhallzeit ist eine gute Verständlichkeit gewährleistet.)

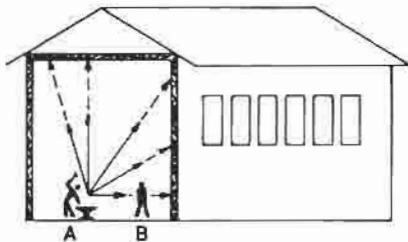
Es wird also eine Schallabsorption A_1 für den

Tabelle 3:

Vergrößerung der Schallabsorption	Erniedrigung des Schallpegels
um das Zweifache	3 dB
um das Vierfache	6 dB
um das Zehnfache	10 dB

Der Wirksamkeit von schallschluckenden Verkleidungen in Räumen sind jedoch Grenzen gesetzt. Unmittelbar in der Nähe der Schallquelle ergibt sich keine Pegelminderung, d. h. in unserem Beispiel kommt ein Arbeiter, der an der Maschine steht und arbeitet, nicht in den Genuß der Pegelminderung (siehe auch Abb. 1).

So hat es auch wenig Sinn, in bereits stark bedämpfte Räume weitere Absorptionen einzubringen.



1 Auch bei stark absorbierenden Wänden und Decken bleibt die Direktausbreitung des Schalls von der Entstehungsstelle A zur gestörten Person B übrig

Fall b (Raumakustik):

Im Falle der Raumakustik ist es nicht von Interesse, einen Schallpegel zu senken, sondern ein bestimmtes raumakustisches Klima zu schaffen. Am Beispiel eines Schulzimmers soll die Problematik aufgezeigt werden.

Aufgabe:

Die Verständlichkeit eines Schulzimmers läßt zu wünschen übrig (zu hallig). Messungen der Nachhallzeit (siehe Lektion 16) ergeben einen Wert von 2,4 s. Gewünscht wird eine Nachhallzeit von 1 s bei Anwesenheit von 30 Personen. Zur Verfügung stehen Akustikplatten mit einem α_s von 0,6. Wieviel m^2 dieser Platten sind an der Decke anzubringen? Gegeben:

Raumdimension: $L = 12 \text{ m}$, $B = 8 \text{ m}$, $H = 3,5 \text{ m}$
Mittlere Nachhallzeit des Raumes (o. Schüler) leer: $T_0 = 2,4 \text{ s}$.

Daraus berechnet man:

Das Raumvolumen: $12 \times 8 \times 3,5 = 336 \text{ m}^3$

Die Schallabsorption des leeren Raumes (ohne Schüler):

$$A_0 = 0,163 \times V / T_{00}$$

$$A_0 = 0,163 \times 336 \text{ m}^3 / 2,4 \text{ s}$$

$$A_0 = 22,8 \text{ m}^2$$

Gewünscht wird für den vollen Raum (mit Schülern) eine mittlere Nachhallzeit $T_1 = 1 \text{ s}$.

vollen Raum gewünscht:

$$A_1 = 0,163 \times 336 \text{ m}^3 / 1 \text{ s}$$

$$A_1 = 54,8 \text{ m}^2$$

Es fehlt daher dem Raum die Schallabsorption A_{neu}

$$\Delta A_{\text{neu}} = A_1 - A_0 = 54,8 - 22,8 = 32 \text{ m}^2$$

Wenn im Raum 30 Schüler sind, bewirken schon diese eine Vergrößerung der Schallabsorption um ΔA_1 .

Die mittlere Schallabsorption eines Schülers beträgt $0,5 \text{ m}^2$.

$$\Delta A_1 = 30 \times 0,5 = 15 \text{ m}^2$$

Daraus errechnet sich die dem Raum noch fehlende Schallabsorption ΔA_2 , wie folgt:

$$\Delta A_2 = \Delta A_{\text{neu}} - \Delta A_1 = 32 - 15 = 17 \text{ m}^2$$

Diese Schallabsorption ΔA_2 muß dem Raum durch Anbringen von Akustikplatten zugeführt werden.

Die Schallabsorption einer Akustikplatte berechnet man wie folgt:

$$A = S \times \alpha_s$$

$$\alpha_s = 0,6$$

Die notwendige Fläche dieser Platten berechnet sich dann:

$$S = A / \alpha_s = 17 \text{ m}^2 / 0,6 = 28 \text{ m}^2$$

Die ganze Deckenfläche beträgt 96 m^2

Mit Akustikplatten muß ca. $1/3$ der Deckenfläche ausgelegt werden, was am besten in Form von drei Flächen geschieht:

1. Fläche vorne über dem Lehrerpult
2. und 3. Fläche als schmale Streifen entlang den Längswänden.

Tips für den Schreiner

In Tabelle 1, Nr. 12, sind Lösungsmöglichkeiten mit Holzriemen aufgeführt. Hierzu ist anzumerken, daß in den letzten Jahren sehr umfangreiche Meßserien durchgeführt wurden und Ihr Mineralfaserlieferant von vielen Konstruktionen entsprechende Absorptionswerte kennt und gerne zur Verfügung stellt.

Da die Ergebnisse jedoch produktabhängig sind, werden diese Konstruktionen hier nicht gezeigt.

Literaturhinweise

Gösele/Schüle: Schall-Wärme-Feuchte, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin

Institut für Lärmschutz Kühn + Blickle: diverse Veröffentlichungen