

Absorption von Schall:

$$\alpha = 1 - \rho = 1 - r^2$$

- $r =$  Reflexionsfaktor ( $\frac{\tilde{p}_r}{\tilde{p}_e} = r$ )
- $\rho =$  Reflexionsgrad ( $\rho = \frac{J_r}{J_e} = r^2$ ,  $J \sim r^2$ )
- $\alpha =$  Absorptionsgrad ( $\rightarrow$  Absorber)
- $\tau =$  Transmissionsgrad
- $\delta =$  Dissipationsgrad

Impulsantwort:

Aus der Impulsantwort  $h(t)$  ergibt sich:

- Schallenergiedichte  $\rightarrow w(t) \sim h^2(t)$
- Kumulierte Schallenergie  $\rightarrow W(t) = \int_0^t h^2(t') dt'$
- Visuell leichter zu interpretieren

$$J_{T_0}(t) = \int_0^t h^2(t') \cdot e^{-\frac{t-t'}{T_0}} dt' \text{ („ohrtragheitsbewertete Schallintensität“)}$$

Aufgabe:

Bestimmung der Soll-Nachhallzeit für Sprache und Musik im Seminarraum 41.

Raummae:  $x = 12 \text{ m}$ ,  $y = 14,6 \text{ m}$ ,  $z = 3,2 \text{ m} \Rightarrow V = 525,6 \rightarrow$  abzüglich der Raumeinbauten ergibt sich ungefähr ein Volumen von  $V = 500 \text{ m}^3$ .

Aus Tabellen geht für Sprache eine Soll-Nachhallzeit von  $T_{Soll} = 0,8 \text{ s}$  hervor, für Musik ergibt sich  $T_{Soll} = 1,2 \text{ s}$ . Betrachtet man nun den frequenzabhängigen Toleranzbereich (für Sprache im Bereich 150 Hz – 2 kHz), so ergeben sich entsprechend folgende Toleranzgrenzen:

$$T_{\min} = T_{Soll} \cdot 0,8 = 0,64 \text{ s}$$

$$T_{\max} = T_{Soll} \cdot 1,2 = 0,96 \text{ s}$$

Außerdem sind folgende allgemeine Aussagen zu erkennen:

- Bei hohen Frequenzen darf die Nachhallzeit kürzer sein (Sprache)
- Bei tiefen Frequenzen (unter 200 Hz) darf die Nachhallzeit länger werden (Sprache)
- Es sollte kein Faktor größer 1,2 bezüglich der Soll-Nachhallzeit genutzt werden (Musik)
- Zu den Horbereichsgrenzen hin darf die Nachhallzeit kürzer werden (Musik)

Die äquivalente Absorptionsfläche in Raum 41 ergibt sich per Diagramm zu  $A = 100 \text{ m}^2$ . Berechnet man diese mit Hilfe einer Umstellung der Sabine’schen Formel zur Berechnung der Nachhallzeit erhält man:

$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T_N} = \frac{80}{0,8} m^2 = 100 m^2$$

$$S = 2 \cdot (3 \cdot 12) + 2 \cdot (3 \cdot 14,6) + 2 \cdot (12 \cdot 14,6) m^2 = 510 m^2$$

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S} = \frac{100 m^2}{510 m^2} \approx 0,2$$

Berechnung von  $Al_{cons}$  für Raum 41:

$$Al_{cons} = 0,625 \cdot \left( \frac{r_{QH}}{r_H} \right)^2 \cdot T \%$$

$$r_H = \sqrt{\frac{A}{8\pi}} = \sqrt{\frac{100 m^2}{8\pi}} \approx 2 m, T_{Soll} = 0,8 s$$

$$Al_{cons} = 0,625 \cdot \left( \frac{r_{QH}}{2} \right)^2 \cdot 0,8 = 0,125 \cdot r_{QH}^2$$

Bei 1. Reihe Sitzplatz im Seminarraum ( $r_{QH} = 2 m$ )  $\rightarrow Al_{cons} = 0,5\%$

Bei 6. Reihe Sitzplatz im Seminarraum ( $r_{QH} = 10 m$ )  $\rightarrow Al_{cons} = 12,5\%$

Maximal wirksames Raumvolumen:

1. Berechnung über Intensitäten

$$J_{Diff} = \frac{P_{ak}}{4\pi r_H^2}, J_{Diff} \rightarrow P_{ak} \Rightarrow L = x dB$$

2. Berechnung über entsprechende Formel

$$L_{diff} = L_w - 10 \cdot \lg \left( \frac{A}{4 m^2} \right) \text{ in } dB$$

$A$  = Äquivalente Absorptionsfläche

$$L_w = 10 \cdot \lg \left( \frac{P_{ak}}{P_{ak0}} \right) = \text{Schallleistungspegel der Quelle}$$

Vergrößerung des Raumes:

- Erhöhung der Zuhörerzahl  $\rightarrow A \uparrow$ , Luftabsorption  $\uparrow$
- $w_r \downarrow \rightarrow$  Pegel im Diffus-Schallfeld  $\downarrow$ ,  $r \uparrow$

Mit Hilfe der 2. Formel und der Sabine'schen Formel ergibt sich entsprechend

$$T_N = 0,16 \frac{s}{m} \cdot \frac{V}{A}, A = 0,16 \frac{s}{m} \cdot \frac{V}{T} \left( \rightarrow \frac{A}{4}, s. Formel 1 \right)$$

$$\frac{A}{4} = 0,04 \frac{s}{m} \cdot \frac{V}{T}$$

$$\Rightarrow L_{diff} = L_w - 10 \cdot \lg\left(\frac{V}{T} \cdot 0,04\right)$$

$$\Leftrightarrow L_{diff} = L_w - 10 \cdot \lg\left(\frac{V}{T}\right) - 10 \cdot \lg(0,04)$$

$$\Leftrightarrow L_{diff} = L_w - 10 \cdot \lg\left(\frac{V}{T}\right) + 14 \text{ dB}$$

Beispiel:

Konzertsaal mit  $V = 25.000 \text{ m}^3$  (Seitenlängen z.B. 90 m, 30 m, 10 m), Schallleistungspegel des Orchesters  $L_w = 110 \text{ dB}$ , gesucht ist  $L_{diff}$

$$\begin{aligned} L_{diff} &= 110 \text{ dB} - 10 \cdot \lg\left(\frac{25.000 \text{ m}^3}{T}\right) + 14 \text{ dB} \\ &= 110 \text{ dB} - 10 \cdot \lg(25.000 \text{ m}^3) + 10 \cdot \lg(T) + 14 \text{ dB} \\ &= 124 \text{ dB} - 44 \text{ dB} + 10 \cdot \lg(T) \\ &= 80 \text{ dB} + 10 \cdot \lg(T) \end{aligned}$$

Fallunterscheidung

- a)  $T = 2 \text{ s} \rightarrow 10 \cdot \lg(2) \rightarrow +3 \text{ dB} \rightarrow L_{diff} = 83 \text{ dB}$
- b)  $T = 1 \text{ s} \rightarrow 10 \cdot \lg(1) \rightarrow \pm 0 \text{ dB} \rightarrow L_{diff} = 80 \text{ dB}$
- c)  $T = 3 \text{ s} \rightarrow 10 \cdot \lg(3) \rightarrow +5 \text{ dB} \rightarrow L_{diff} = 85 \text{ dB}$

Ergebnis dieser Beispielrechnung

$$V \uparrow \Rightarrow L_{diff} \downarrow$$

$$T \uparrow \Rightarrow L_{diff} \uparrow$$