



Vergleichende Darstellung von Schallfeldgrößen und Schallenergiegrößen

Voraussetzung:

Lufttemperatur = 20°C: (Atmosphärischer Druck $1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1013 \text{ Hektopascal}$)
 Dichte der Luft bei 20°C: $\rho = 1,204 \text{ kg/m}^3$ (Bei 0°C ist $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$)
 Schallgeschwindigkeit bei 20°C: $c = 343 \text{ m/s}$ (Bei 0°C ist $c = 331 \text{ m/s}$)
 Schallkennimpedanz von Luft bei 20°C: $Z = \rho \cdot c = \frac{p}{v} = 413 \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$ (Bei 0°C ist $Z = 428 \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$)

UdK Berlin
 Sengpiel
 05.93
 Schall

Bezugsschallfeldgrößen:

Bezugsschalldruck $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ (Festgelegte "Hörschwelle")

Bezugsschallschnelle $v_0 = \frac{p_0}{\rho \cdot c} = \frac{p_0}{Z_0} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ (= $4,854 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$)

Bezugsschallenergiegrößen:

Bezugsschallintensität $J_0 = \frac{p_0^2}{Z_0} = Z_0 \cdot v_0^2 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ (= $0,9685 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

Bezugsschallenergiedichte $E_0 = \frac{J_0}{c} = \frac{p_0 \cdot v_0}{c} = 3 \cdot 10^{-15} \text{ W} \cdot \text{m/s}^3$ (= $2,824 \cdot 10^{-15} \text{ J/m}^3$)

Bezugsschall-Leistung $W_0 = J_0 \cdot A = 10^{-12} \text{ W} = 1 \text{ pW}$ bei $A = 1 \text{ m}^2$ (= $0,9685 \cdot 10^{-12} \text{ W}$)

>>> **Gegeben:**

Eine ebene Schallwelle von $f = 1 \text{ kHz}$ und dem

Schalldruck $\tilde{p} = 1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10 \mu\text{bar} \Rightarrow 94 \text{ dB SPL}$ – Es wird immer der Effektivwert angenommen.

Errechnet:

Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{343}{1000} = 0,343 \text{ m} = 34,3 \text{ cm}$

Periodendauer $T = \frac{1}{f} = 0,001 \text{ s} = 1 \text{ ms}$

Schallschnelle $\tilde{v} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \tilde{\xi} = \frac{\tilde{p}}{Z_0} = \frac{1}{413} = 2,42 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 2,42 \text{ mm/s}$

Schallauslenkung (-ausschlag) $\tilde{\xi} = \frac{\tilde{v}}{2 \cdot \pi \cdot f} = 0,385 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,385 \mu\text{m}$

Schallintensität $\tilde{J} = \tilde{p} \cdot \tilde{v} = \frac{\tilde{p}^2}{Z_0} = 2,42 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2 = 2,42 \text{ mW/m}^2$ Intensität ist nicht Amplitude, Pegel oder Stärke.

Schallenergiedichte $\tilde{E} = \frac{\tilde{J}}{c} = 7,06 \cdot 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{s/m}^3 = 7,06 \cdot 10^{-6} \text{ J/m}^3$

Schall-Leistung \tilde{W}_0 (mit $A = 1 \text{ m}^2$) = $\tilde{J} \cdot \tilde{A} = 2,42 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 2,42 \text{ mW}$

Pegel:

Unterscheide Schallfeldgrößen und Schallenergiegrößen.

Schalldruckpegel $L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} = 20 \cdot \log \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}} = 94 \text{ dB}$ (93,98 dB)

Schallschnellepegel $L_v = 20 \cdot \log \frac{v}{v_0} = 20 \cdot \log \frac{2,42 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-8}} = 94 \text{ dB}$ (93,70 dB)

Schallintensitätspegel $L_J = 10 \cdot \log \frac{J}{J_0} = 10 \cdot \log \frac{2,42 \cdot 10^{-3}}{10^{-12}} = 94 \text{ dB}$ (93,84 dB)

Schallenergiedichtepegel $L_E = 10 \cdot \log \frac{E}{E_0} = 10 \cdot \log \frac{7,06 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-15} \cdot 10^{-12}} = 94 \text{ dB}$ (93,72 dB)

Schall-Leistungspegel $L_W = 10 \cdot \log \frac{L_W}{L_{W0}} = 10 \cdot \log \frac{2,42 \cdot 10^{-3}}{10^{-12}} = 94 \text{ dB}$ (93,84 dB)

Um den Druck p nicht mit Leistung P zu verwechseln, heißt der Schall-Leistungspegel statt L_P (groß P) besser L_W . Theoretisch ist interessant, welchen Schalldruckpegel die vollständige Modulation des atmosphärischen Drucks ergibt:

$L_p = 20 \cdot \log \frac{1,013 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^{-5}} = 194 \text{ dB SPL} = 1000237 \text{ Pa}$ (Effektivwert). Das ist nicht der maximal mögliche Druck!

Eine früher verwendete Schalldruckgröße war $1 \mu\text{bar} = 0,1 \text{ Pa}$.

Weil $1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ ist, ergibt sich für die Schallenergiedichte $1 \text{ W} \cdot \text{s/m}^3 \Rightarrow 1 \text{ N/m}^2$ und das ist die Einheit des Schalldrucks!

Zur Erinnerung: $\text{W} \cdot \text{s} = \text{J}$ (Joule).

Siehe auch: <http://www.sengpielaudio.com/ZusammenhangDerAkustischenGroessen.pdf> "Zusammenhang der Schallfeldgrößen"