

Kommunikationstechnik I

Prof. Dr. Stefan Weinzierl

Musterlösung 1. Aufgabenblatt

1. Schallfeldgrößen

In einer ebenen fortschreitenden Welle wird ein Effektivwert des Schalldruckes von $0,04 \text{ N/m}^2$ festgestellt. Wie groß ist

1.1 die Schallschnelle (man rechne mit $\rho_0 c = 400 \text{ kg/sm}^2$),

$$\frac{p}{v} = \rho_0 c$$
$$\Rightarrow v = \frac{p}{\rho_0 c} = \frac{0,04 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{400 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}} = \frac{0,04 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}}{400 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}} = 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

1.2 die Teilchenauslenkung für die Frequenzen von 100Hz und 1000Hz,

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{v_{\text{eff}}}{\omega}$$

$$\text{für } 100 \text{ Hz ergibt sich: } \xi_{\text{eff}, 100\text{Hz}} = \frac{10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\pi \cdot 100\text{Hz}} = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,16 \mu\text{m}$$

$$\text{für } 1000 \text{ Hz ergibt sich: } \xi_{\text{eff}, 1000\text{Hz}} = \frac{10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\pi \cdot 1000\text{Hz}} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 0,016 \mu\text{m}$$

1.3 die Schallintensität,

$$I = p \cdot v$$

$$\Rightarrow I = 0,04 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

1.4 die Schalleistung, die durch eine Fläche von 4m^2 hindurch tritt und

$$P = \int IdS = 4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 4\text{m}^2 = 16 \cdot 10^{-6} \text{ W}$$

1.5 der Schalldruckpegel, der Schallintensitätspegel und Schalleistungspegel für die Fläche von 4m^2 ?

Schalldruckpegel:

$$\begin{aligned}L_p &= 20 \cdot \log_{10} \frac{p}{p_0} \\ &= 20 \cdot \log_{10} \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \\ &= 66 \text{ dB}_{SPL}\end{aligned}$$

Schallintensitätspegel:

$$\begin{aligned}L_I &= 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0} \\ &= 10 \cdot \log_{10} \frac{4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \\ &= 66 \text{ dB}\end{aligned}$$

Schalleistungspegel:

$$\begin{aligned}L_W &= 10 \cdot \log_{10} \frac{P}{P_0} \\ &= 10 \cdot \log_{10} \frac{16 \cdot 10^{-6} \text{ W}}{10^{-12} \text{ W}} \\ &= 72 \text{ dB}\end{aligned}$$

2. Schalleistung einer Quelle

Auf einer würfelförmigen Hüllfläche, die eine Schallquelle umschließt, werden im reflexionsarmen Raum die in der Tabelle genannten Schalldruckpegel gemessen. Die 6 Teilflächen der Hüll betragen jeweils 2 m^2 . Wie groß ist der Schalleistungspegel der Quelle?

Teilfläche	L / dB
1	88
2	86
3	84
4	88
5	84
6	83

Um die Leistung einer Schallquelle zu ermitteln, werden alle Teilleistungen summiert, die durch die sechs Teilflächen fließen. Wir gehen hier davon aus, dass der Schall der Schallquelle jede Fläche des Würfels als ebene Welle erreicht. Die Schalleistung der Quelle lässt sich dann errechnen durch:

$$P = \sum_{n=1}^N I_n \cdot S_n, \text{ in diesem konkreten Fall also}$$

$$\begin{aligned}
P &= S \cdot \sum_{n=1}^6 I_n, & \text{mit } I_n &= \frac{P_{eff}^2}{\rho_0 c} \text{ gilt :} \\
&= S \cdot \sum_{n=1}^6 \frac{P_{eff}^2}{\rho_0 c}, & \text{mit } L_{p,n} &= 20 \lg \left(\frac{P_{eff}}{P_0} \right) \Rightarrow P_{eff} = 10^{\frac{L_{p,n}}{20}} \text{ ergibt sich :} \\
&= S \cdot \sum_{n=1}^6 \frac{P_0^2 \cdot 10^{\frac{L_{p,n}}{10}}}{\rho_0 c}, & \text{mit } P_0 &= I_0 \cdot 1m^2 = \frac{P_0}{\rho_0 c} \cdot 1m^2 \text{ ergibt sich :} \\
&= S \cdot \frac{P_0}{1m^2} \cdot \sum_{n=1}^6 10^{\frac{L_{p,n}}{10}} \\
\frac{P}{P_0} &= \frac{S}{1m^2} \cdot \sum_{n=1}^6 10^{\frac{L_{p,n}}{10}}
\end{aligned}$$

Der Leistungspegel ergibt sich also wie folgt:

$$\begin{aligned}
L_w &= 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 10 \lg \left(\frac{S}{1m^2} \cdot \sum_{n=1}^6 10^{\frac{L_{p,n}}{10}} \right) \\
&= 10 \lg \left(\sum_{n=1}^6 10^{\frac{L_{p,n}}{10}} \right) + 10 \lg \left(\frac{S}{1m^2} \right) \\
&= 96,7dB
\end{aligned}$$