

Kernbeispiele „Schall“ 2013

1.a Dopplereffekt

Ein Autofahrer fährt mit v_B auf einer Landstrasse. Er wird von einem schnellen Polizeifahrzeug (v_Q) überholt, das einen Signalton unbekannter Frequenz f_0 aussendet. Solange es hinter ihm fährt, hört er dessen Signalton mit einer Frequenz von $f_h=533,33$ Hz. Nachdem es ihn überholt hat hört er $f_v=473,68$ Hz. Dann bleibt der Autofahrer stehen und hört den Signalton noch mit $f_s=447,37$ Hz.

(Schallgeschwindigkeit $c_s=340$ m/s)

Wie groß ist die Geschwindigkeit des Polizeifahrzeugs?

Welche Frequenz hat der Signalton?

Wie gross war die Geschwindigkeit mit der der Autofahrer unterwegs war?

1.b Dopplereffekt

(Echolot)

Ein U-Boot sinkt mit einer unbekanntes Geschwindigkeit v_s . Zu deren Messung sendet es einen Signalton zum Meeresboden und misst die Frequenzverschiebung des vom Meeresboden reflektierten Signals. Die Sendefrequenz sei f_s . Die Frequenz des gemessenen Echos ist f_e . Stelle die Gleichung für die Geschwindigkeit v_s auf.

(Schallgeschwindigkeit im Wasser c_w ca. 1450 m/s)

2. Schalldämmung und Schallpegel (Übungssammlung Gurker)

Der Schallpegel, den eine Maschine bei 200 Hz verursacht, soll im Abstand von 3m den Wert 40 phon nicht überschreiten. Ohne Schalldämmung wird im Abstand von 4 m eine Intensität von $1 \mu\text{W}/\text{m}^2$ gemessen. (Die Schallemission der Maschine ist in Form einer Kugelwelle.)

Wie dick muss die anzubringende Dämmschicht sein, wenn ihr Dämmungskoeffizient $\beta = 0,8 \text{ cm}^{-1}$ beträgt und Reflexion an der Grenzschicht unberücksichtigt bleibt?

3. Reflexion, Transmission, Dämmung

Eine ebene Schallwelle mit Maximalwert des Schallwechseldrucks p_m trifft aus Luft senkrecht auf eine Dämmwand und tritt dann wieder in Luft aus.

Gesucht sind die Intensität I_t und der Effektivwert des Schallwechseldrucks p_{eff} der transmittierten Welle, sowie deren Schalldruckpegel. Bei der Rechnung soll die Einfachreflexion beim Übergang zwischen den Medien berücksichtigt werden.

Gegeben:

$$p_m = 15 \text{ Pa},$$

$$\text{Wellenwiderstand der Luft } Z_L = 400 \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1},$$

$$\text{Dicke der Dämmwand } d = 18 \text{ cm},$$

$$\text{Wellenwiderstand der Dämmwand } Z_D = 1,5 \times 10^6 \text{ kg m}^{-2}\text{s}^{-1},$$

$$\text{Dämmungskoeffizient der Dämmwand } \beta = 0,12 \text{ cm}^{-1}.$$

Formeln:

Die Intensität ist nach Gl.27a:

$$I_{\text{Schall}} = \frac{p_{\text{Eff}}^2}{Z} = \frac{Z \cdot u_0^2}{2}$$

Nach Gl. 24a gilt zwischen der maximalen Amplitude des Schalldrucks und dem effektiven Schalldruck:

$$p_{eff} = \frac{p_m}{\sqrt{2}}$$

Beim Übergang von Medium 1 zu Medium 2 ist die transmittierte Intensität nach Gl.31a:

$$I_{Schall,2} = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \cdot I_{Schall,1}$$

Beim Durchgang eines dämmendes Medium der Dicke D reduziert sich die Intensität gemäß Gl.35a:

$$I = I_0 \cdot e^{-\beta D}$$