

Übungsaufgaben WS 2009-2010, Blatt 1

Abgabe: 07. Dezember

Aufgabe 1: Überlagerte Töne

(4 Punkte)

Ein Geräusch wird erzeugt indem 80 reine Töne (sinusförmige Druckschwingung) unterschiedlicher Frequenz überlagert werden. Jeder reine Ton bewirkt einzeln einen Schalldruckpegel von 60 dB.

Frage: Wie groß ist der Schalldruckpegel des resultierenden Geräusches?

Hinweis: Im ersten Schritt berechnet man das Quadrat des überlagerten Signals. Davon kann dann der zeitliche Mittelwert gebildet werden, um den RMS-Wert des überlagerten Signals zu bestimmen. Die Regel

$$\cos(\alpha) \cos(\beta) = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$$

könnte dabei nützlich sein.

Aufgabe 2: Viskose Spannung

(4 Punkte)

Bei der Verformung von Fluidelementen durch eine ebene Schallwelle kommt es zu einer Scherung, die wegen der Zähigkeit des Fluids eine Schubspannung bewirkt. Bei der Herleitung der Wellengleichung wurde die Zähigkeit vernachlässigt, und nur die Druckspannungen auf die Fluidelemente berücksichtigt.

Frage: Wie groß ist die maximal auftretende Spannung durch Zähigkeit im Verhältnis zur maximalen Druckspannung in einer ebenen, sinusförmigen 1-kHz-Welle (a) in Luft und (b) in Wasser?

Hinweise: Ohne Beschränkung der Allgemeinheit kann angenommen werden, daß sich die Welle in x_1 -Richtung ausbreitet:

$$p'(\vec{x}, t) = A \cos(\omega(t - x_1/c))$$

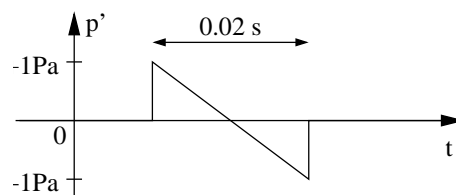
Da nur Bewegung in x_1 -Richtung stattfindet ($v_2 = 0$ und $v_3 = 0$) hat der Spannungstensor nur in einem Element ein Anteil durch die Zähigkeit η , und zwar in der Normalspannung:

$$\tau_{11} = 2\eta \frac{\partial v_1}{\partial x_1}$$

Aufgabe 3: Akustische Energie

(4 Punkte)

In einem Rohr mit einer Querschnittsfläche $Q = 1 \text{ m}^2$ breitet sich in einer Richtung (z.B. positive x -Richtung) eine ebene Welle aus. An einer Stelle im Rohr wird der in der Abbildung gezeigte "N-förmige" Druckverlauf gemessen. Das Rohr ist mit Luft unter Normalbedingungen gefüllt ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$).



Fragen:

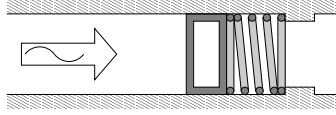
- Wie sieht der zeitliche Verlauf der akustischen Intensität an der Messposition aus? Trage den zeitlichen Verlauf der akustischen Intensität auf (mit Einheiten an den Achsen!).
- Wie groß ist die gesamte akustische Energie, die in der "N-förmigen" Welle steckt?

Aufgabe 4: Nachgiebige Wand

(4 Punkte)

In einem Rohr mit einem Radius von 5 cm ist ein Kolben mit einer Masse von 0.5 Kg installiert. Der Kolben schließt dicht mit der Wand ab. Auf der einen Seite befindet sich Luft unter Normalbedingungen ($p_0 = 1 \text{ bar}$, $\rho_0 = 1.2 \text{ Kg/m}^3$ und $c = 340 \text{ m/s}$). Auf der anderen Seite herrscht Vakuum

($p_0 = 0 \text{ bar}$). Die Druckkraft drückt den Kolben gegen eine Feder, bis sich ein Kräftegleichgewicht einstellt. Die Masse der Feder sowie die Reibung im gesamten System sei zu vernachlässigen. Wird der Kolben aus seiner Gleichgewichtsposition um 1 mm ausgelenkt, so ergibt sich eine Rückstellkraft von 7.9 N . Für eine ankommende ebene und sinusförmige Schallwelle stellt der Kolben eine nachgiebige Wand mit einer Impedanz Z_w dar. Untersucht werden soll das Verhalten des Kolbens für die drei Frequenzen $f_1 = 10 \text{ Hz}$, $f_2 = 20 \text{ Hz}$ und $f_3 = 50 \text{ Hz}$.



Fragen:

- a) Wie groß ist die Wandimpedanz Z_w für die genannten Frequenzen?
- b) Wie groß ist der Reflexionsfaktor R in den drei Fällen?
- c) Wie groß ist die maximale Auslenkung des Kolbens in den drei Fällen, wenn die Druckamplitude in der ankommenden Welle 80 Pa beträgt?