

Strömungsakustik I WS 02/03, Übungsaufgaben Blatt 1

Abgabetermin: 5. Dez. 03

Aufgabe 1: (4 Punkte)

Ein Geräusch wird erzeugt, indem zwei reine Töne (sinusförmige Druckschwingungen) unterschiedlicher Frequenz und Amplitude überlagert werden. Die Töne werden durch verschiedene Quellen erzeugt, die auch getrennt voneinander betrieben werden können. Einzeln bewirken die beiden Quellen an einem festgelegten Beobachtungspunkt einen Schalldruckpegel von 60 dB und 80 dB.

Frage a) Berechne den Schalldruckpegel des resultierenden Geräusches an dem Beobachtungspunkt?

Frage b) Warum kann der Pegel nicht berechnet werden, wenn die Frequenzen der beiden Töne gleich sind? Gebe eine untere und obere Grenze für den Pegel in diesem Fall an.

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.

Aufgabe 2: (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: O.B.d.A. 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:

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

Man berechne zunächst die Verteilung $\tau_{11}(\vec{x}, t)$. Gegeben sind die Dichte: Luft 1.2 kg/m^3 , Wasser 10^3 kg/m^3 , die Schallgeschwindigkeit: Luft 340 m/s , Wasser 1450 m/s und die kinematische Viskosität $\nu = \eta/\rho$: Luft $0.15 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, Wasser $0.1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

Aufgabe 3: (4 Punkte)

Ein mit Luft gefülltes Rohr ist auf einer Seite mit einem beweglichen Kolben abgeschlossen. Der Druck in dem Rohr beträgt $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$. Die Dichte und die Temperatur der Luft sind zunächst nicht bekannt. Zur Beschreibung von eindimensionaler Wellenausbreitung wird eine x -Achse entlang des Rohrs eingeführt. Bis zur Zeit $t = 0 \text{ s}$ ruht der Kolben an der Position $x = 0 \text{ m}$. Dann beschleunigt der Kolben ruckartig und erzeugt eine ebene Welle. An der Position $x = 1 \text{ m}$ befindet sich ein Drucksensor. Dieser registriert bei $t = 0.0025 \text{ s}$ ein sprunghaftes Ansteigen des Schalldrucks p' von Null auf 175 Pa . Dieser Wert wird für die Dauer von $\Delta t = 0.005 \text{ s}$ gehalten. Danach geht der Schalldruck wieder sprunghaft auf Null zurück. Nach einigen Sekunden erreichen auch reflektierte Wellen vom anderen Ende des Rohres den Drucksensor.

Frage a) Wie groß sind die Schallgeschwindigkeit c und die Dichte ρ_0 im Rohr?

Frage b) Welche Bewegung führte der Kolben aus? Zeichne seine Bewegungskurve in der (x, t) -Ebene mit Einheiten an den Achsen.

Hinweise: Da die reflektierten Wellen viel später als der erste Puls eintreffen und für die Beantwortung der Fragen keine Rolle spielen, kann das Rohr als halbumendlich betrachtet werden. Für Luft ist der Adiabatenexponent $\kappa = 1.4$.

Aufgabe 4: (4 Punkte)

Ein hypothetisches Meßinstrument bestimmt den RMS-Wert des Schalldrucks durch Mittelung von p'^2 über eine feste Zeitspanne $\Delta t = 10^{-2} \text{ s}$ und anschließender Berechnung der Wurzel. Als Testfall wird ein harmonisches Signal mit einer Frequenz oberhalb von 100 Hz betrachtet.

Frage a) Berechne den maximal möglichen Fehler des RMS-Wertes in Abhängigkeit von der Frequenz des Testsignals. Trage den maximal möglichen Fehler relativ zum tatsächlichen Wert in Prozent auf. Bei welcher Frequenz ist der möglichen Fehler am größten?

Frage b) Was passiert wenn zwei harmonische Signale (beide Frequenzen $\geq 100 \text{ Hz}$) überlagert vorliegen?

Hinweis: Diese Aufgabe ist schwieriger als man zunächst vermutet.