

Strömungsakustik I WiSe 04/05, Übungsaufgaben Blatt 3

Aufgabe 1: (8 Punkte)

Beim Kochen von Wasser bilden sich zunächst am Boden des Kochtopfs kleine Gasblasen, die dann aufsteigen. Anfangs erreichen die Gasblasen die freie Oberfläche nicht, da sie vorher in einem etwas kälteren Bereich mit zu geringem Dampfdruck gelangen und dort wieder in sich zusammenfallen. Die bei diesem Kollaps entstehenden Druckwellen sollen mit Hilfe der akustischen Theorie untersucht werden. Es wird vereinfachend von einer einzelnen, kugelrunden Gasblase im unendlich ausgedehnten Raum ausgegangen. Die Blase bewegt sich nicht. Der Radius der Blase ist zunächst konstant bei $R_0 = 1 \text{ mm}$. Beim Kollaps sinkt der Radius der Blase linear mit der Zeit innerhalb von $\Delta t = 0.001 \text{ s}$ auf Null ab:

$$R(t) = R_0 - U_0(t - t_0) \quad \text{für} \quad 0 \leq t - t_0 \leq \Delta t$$

und mit $U_0 = R_0/\Delta t$.

Aufgabe:

Bestimme die Form und die Amplitude der Druckwelle, die durch diesen gleichmäßigen Kollaps in 10 cm Entfernung im Wasser entsteht.

Hinweise:

Für das Wasser soll $\rho_0 = 1000 \text{ Kg/m}^3$ und $c = 1450 \text{ m/s}$ angenommen werden. Das Problem ist kugelsymmetrisch. Die Randbedingung für die Wellen im Wasser sind an der bewegten Oberfläche der Blase vorzugeben.

Aufgabe 2: (4 Punkte)

In einem Kanal mit quadratischem Querschnitt von $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ befindet sich Wasser. Drei der vier Wände sind schallhart mit $Z_w = \infty$, und eine ist schallweich mit $Z_w = 0$. Das Wasser in dem Kanal strömt nicht.

Frage:

Ab welcher Frequenz können sich Schallwellen als Moden in dem Kanal regulär ausbreiten.

Hinweise:

Für das Wasser soll $\rho_0 = 1000 \text{ Kg/m}^3$ und $c =$

1450 m/s angenommen werden. Der Kanal kann als ebener Kanal mit einer schallharten und einer schallweichen Wand betrachtet werden. Es sollen nur zweidimensionale Lösungen berücksichtigt werden. Diese Lösungen erfüllen auch die Randbedingung an den beiden anderen Wänden.

Aufgabe 3: (8 Punkte)

In einem ebenen Kanal (zweidimensional) mit schallharten Wänden befindet sich eine Lautsprecher, der Schallwellen mit einer Frequenz von $f = 220 \text{ Hz}$ anregt. Die Schallwellen breiten sich im Kanal in Form von Moden aus. Weit entfernt vom Lautsprecher sind in einer Kanalwand zwei Drucksensoren im Abstand von $L = 1.2 \text{ m}$ eingelassen. Die beiden Sensoren messen harmonische Drucksignale, welche sich formal als

$$p'_a(t) = A \cos(2\pi f t + \varphi_a)$$

und

$$p'_b(t) = B \cos(2\pi f t + \varphi_b)$$

schreiben lassen. Dabei gehört der Index a beziehungsweise die Amplitude A zu dem dichter an der Quelle liegenden Sensor. Die Druckmessungen ergeben die Phasen $\varphi_a = 0^\circ$ und $\varphi_b = -160.29^\circ$. Die Amplituden werden mit $A = 3.02 \text{ Pa}$ und $B = 4.16 \text{ Pa}$ bestimmt.

Der Kanal ist mit Luft unter Normalbedingungen gefüllt ($c = 340 \text{ m/s}$). Die Breite des Kanals beträgt $H = 1 \text{ m}$. Es wird angenommen, dass alle nicht ausbreitungsfähigen Moden an den Sensoren vollständig abgeklungen sind.

Fragen:

- Ab welcher Frequenz f kann sich die erste höhere Mode in dem Kanal ausbreiten?
- Welche Moden können sich bei der gegebenen Frequenz im Kanal ausbreiten?
- Wie groß sind die Amplituden der sich bei der Messung ausbreitenden Moden?