

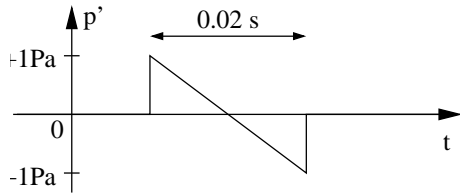
Strömungsakustik I WiSe 04/05, Übungsaufgaben Blatt 2

Abgabetermin: 13. Dez. 04

Aufg. 1: Akustische Energie

(4 P)

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 ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$).

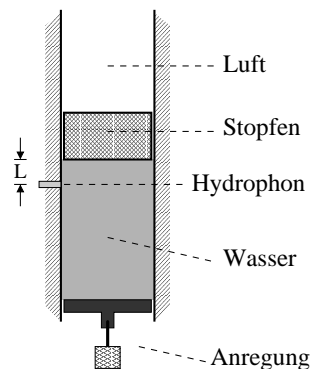
a) Trage den zeitlichen Verlauf der akustischen Intensität an der Messposition auf (mit Einheiten an den Achsen!).

b) Wie groß ist die gesamte akustische Energie, die in der "N-förmigen" Welle steckt?

Aufg. 2: Reflexion und Transmission

(8 P)

Ein senkrecht stehendes Rohr mit einem Durchmesser von 0.2 m ist bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser ($\rho_0 = 1000 \text{ kg/m}^3$, $c = 1450 \text{ m/s}$) gefüllt. Über dem Wasser befindet sich Luft ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$). Unten im Rohr wird eine sinusförmige ebene Welle mit einer Frequenz von $f = 5000 \text{ Hz}$ angeregt. Die Welle läuft nach oben und wird an der Wasseroberfläche reflektiert. Im Abstand von $L = 0.05 \text{ m}$ unterhalb der Wasseroberfläche wird mit einem Hydrophon der Effektivwert (RMS) des Schalldrucks bestimmt. Die Messung ergibt $p_{\text{rms}} = 1 \text{ Pa}$. Anschließend wird ein Stopfen zwischen das Wasser und die Luft gebracht, wie es in der Abbildung illustriert ist. Der 725 g schwere Stopfen ist frei beweglich (keine Reibung) und schließt im Rohr dicht ab. Durch den Stopfen verändert sich die Reflexion und die Transmission an der Wasseroberfläche. Die Stärke der Anregung wird so verändert, dass sich am Hydrophon wieder ein Effektivwert von



$p_{\text{rms}} = 1 \text{ Pa}$ einstellt. Es wird angenommen, dass der Stopfen aus einem festen, inkompressiblen Material besteht. Das bedeutet, der Stopfen verhält sich wie ein starrer Körper. Die Wände des Rohres sind schallhart. Das Rohr ist nach oben hin unendlich ausgedehnt (keine Wellen von oben).

a) Berechne den Reflexionsfaktor R an der Wasseroberfläche mit und ohne den Stopfen.

b) Zunächst soll angenommen werden, dass die Amplitude der im Wasser nach oben (also in Richtung des Stopfes bzw. der Oberfläche) laufenden Welle gleich 1 Pa ist. Trage für diesen Wert die maximale Amplitude der Druckschwankungen im Wasser über dem Ort auf. Das heißt, es ist

$$p'_{\text{max}}(x) = \max_t |p'(x, t)|$$

jeweils für den Fall mit und ohne Stopfen darzustellen. Die x -Koordinate soll von unten nach oben verlaufen, und der Ursprung $x = 0$ befindet sich am Ort des Stopfes bzw. der Trennfläche. Es sind die Kurven für den Abschnitt $-0.5 \text{ m} \leq x \leq 0 \text{ m}$ zu zeichnen. Hinweis: Der Abstand zwischen Anregung und Stopfen ist nicht wichtig. Die Amplitude der reflektierten Welle ergibt sich mit den berechneten Reflexionsfaktor R .

c) Welche Amplitude muß die nach oben laufende Welle besitzen, damit sich der angegebene RMS-Wert von 1 Pa an der Stelle des Hydrophons einstellt? Die Werte sind wieder für beide Fälle mit und ohne Stopfen anzugeben.

d) Wie groß ist der Effektivwert des Schalldrucks in der Luft mit und ohne den Stopfen?

Aufg. 3: Temperaturschwankungen

(4 P)

In einem mit Luft gefüllten Raum ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$) wird an einer Stelle der Schalldruck p' gemessen. Es wird ein maximaler Wert von $(p')_{\text{max}} = 1 \text{ Pa}$ festgestellt.

a) Wie groß ist die maximale Temperaturschwankung $(T')_{\text{max}}$ an dieser Stelle?

b) Zeige, dass an einer festen, undurchlässigen Wand des Raumes die Beziehung $\vec{n} \cdot \text{grad } T' = 0$ erfüllt ist, wobei \vec{n} den Normalenvektor senkrecht zur Wand bezeichnet ($\vec{n} \cdot \text{grad } T'$: Skalarprodukt).