

Strömungsakustik I WiSe 2004/2005, Übungsaufgaben Blatt 1

Abgabetermin: 15.11.2004

Aufgabe 1:

(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:

(4 Punkte)

Ein hypothetisches Meßinstrument bestimmt den RMS-Wert des Schalldrucks näherungsweise durch Mittelung von p'^2 über eine feste Zeitspanne τ und anschließender Berechnung der Wurzel. Das Gerät wird mit einem reinen Ton (harmonisches Signal) getestet. Dabei wird der gesamte Frequenzbereich von 1 kHz bis 10 kHz durchlaufen.

Frage: Wie groß muß τ bei dem genannten Test mindestens gewählt werden, damit die Abweichung des näherungsweise bestimmten Mittelwertes $\langle p'^2 \rangle$ relativ zum exakten Wert unter 10% bleibt?

Hinweis: Diese Aufgabe ist schwieriger als man zunächst vermutet. Als allgemeiner Ansatz für das gemessene Drucksignal kann

$$p'(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

verwendet werden. Für den Mittelwert bei endlicher Integrationszeit gilt:

$$\langle p'^2 \rangle_{\text{approx}} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} p'^2 dt$$

Es ist dann günstig die Differenz

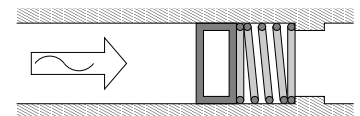
$$D(\tau, \omega, \varphi) = \langle p'^2 \rangle_{\text{approx}} - \langle p'^2 \rangle_{\text{exakt}}$$

zu untersuchen.

Aufgabe 3:

(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 (links) befindet sich Luft unter Normalbedingungen. Auf der anderen Seite (rechts) herrscht Vakuum. 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 Gleichgewichtspostion um 1 mm ausgelenkt, so ergibt sich eine Rückstellkraft von 7.9 N. Eine harmonische Druckschwankung an der Kolbenoberfläche (linke Seite) bewirkt eine harmonische Auslenkung des Kolbens aus der Ruhelage. Untersucht werden soll das Verhalten des Kolbens für die drei Frequenzen $f_1 = 10$ Hz, $f_2 = 20$ Hz und $f_3 = 50$ Hz.

Fragen/Aufgaben:

a) Wie groß ist die Auslenkung des Kolbens für die genannten Frequenzen, wenn der RMS-Wert der Druckschwankungen 10 Pa beträgt ?

b) Stelle die komplexen Amplituden der Druckschwankung (\hat{p}) und der Auslenkung (\hat{s}) für die drei Frequenzen in der komplexen Ebene dar. Dabei kann die Phase von (\hat{p}) beliebig gewählt werden!