

Übungsaufgaben SS 2009, Blatt 1

Abgabe: 29. Mai

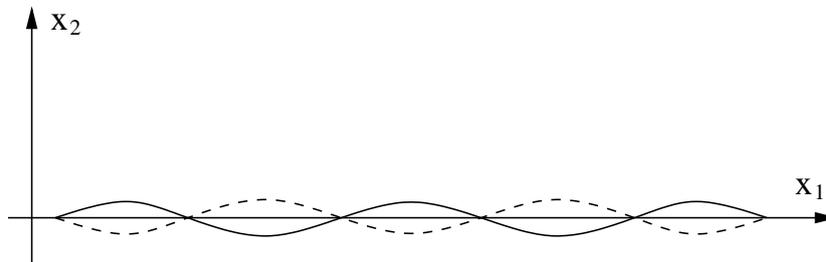
Aufgabe 1: Vibrierende Wand

(4 Punkte)

Ein vibrierende Wand regt die davor befindliche Luft zu akustischen Schwingungen an. Hier soll untersucht werden welche Schwingungen sich durch eine bestimmte Form der Vibration ergeben. Vereinfachend wird angenommen, dass die Wand und der davor befindliche Raum unendlich ausgedehnt sind. Der Raum ist mit Luft unter Normalbedingungen ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$) gefüllt. Das Koordinatensystem wird so gewählt, dass $x_2 = 0$ mit der Wand übereinstimmt. Die x_2 -Achse steht also senkrecht auf der Wand. Die Bewegung der Wand wird durch die Normalgeschwindigkeit v_n beschrieben. Es gilt:

$$v_n(x_1) = \varepsilon \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{L}x_1\right) \cdot \Re\{e^{i\omega t}\}.$$

Dabei sind die Auslenkung $\varepsilon = 0.1 \text{ mm}$ und die Wellenlänge der Wandauslenkung $L = 0.1 \text{ m}$. Es werden die drei Frequenzen 100 Hz, 1000 Hz und 5000 Hz betrachtet. In zwei Abständen von der Wand wird der Schalldruckpegel vermessen.



Fragen:

a) Zeige, dass das akustische Potential nach

$$\phi = \Re\left\{[A \sin(\alpha x_1) + B \cos(\alpha x_1)] \cdot e^{i\beta x_2} \cdot e^{i\omega t}\right\}$$

bei geeigneter Wahl der Parameter A , B , α und β eine Lösung der Wellengleichung darstellt, welche die gegebene Randbedingung erfüllt. Drücke die Parameter entsprechend als Funktion der gegebenen Größen ε , L , ω und c aus.

b) Wie groß ist jeweils der maximale Schalldruckpegel in 10 Meter und in 20 Meter Entfernung von der Wand bei den drei gegebenen Frequenzen?

Hinweise:

Es genügt, das Problem in zwei Dimensionen zu betrachten. Der Schalldruckpegel hängt von x_1 und x_2 ab. Parameter können komplex sein. Im Teil b) wird das Maximum des Pegels bei festem x_2 gesucht.

Aufgabe 2: Kugelwelle aus Quadrupolen

(4 Punkte)

Zeige, dass man durch Überlagerung von drei Quadrupolen eine kugelsymmetrisches Feld – also eine Kugelwelle – erzeugen kann.

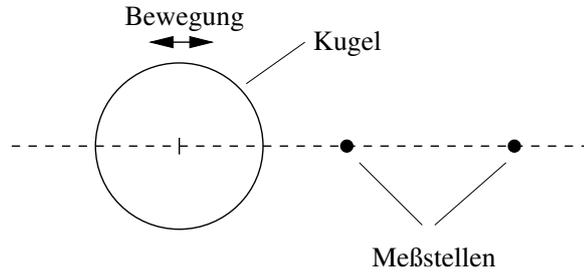
Hinweise:

Die Aufgabe kann mit einer relativen kurzen Herleitung von wenigen Zeilen gelöst werden. Es sollte nicht mehr als eine Seite Rechnungen abgegeben werden.

Aufgabe 3: Vibrierende Kugel

(4 Punkte)

Eine starre Kugel mit Radius 5 cm oszilliert sinusförmig mit einer festen Frequenz in einer Richtung hin und her. Die maximale Auslenkung der Kugel ist im Verhältnis zum Radius klein. Die Kugel befindet sich in Luft unter Normalbedingungen ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$), und erzeugt durch die Bewegung ein Schallfeld. Auf einer Geraden durch



den Kugelmittelpunkt in Bewegungsrichtung werden Druckmessungen mit einem Mikrofon durchgeführt, und daraus wird der maximale Schalldruck bestimmt. Es ergibt sich in einer Entfernung von 10 cm vom Kugelmittelpunkt ein maximaler Schalldruck von 31.46 Pa und in einer Entfernung von 20 cm ein Wert von 12.81 Pa.

Fragen:

- a) Wie groß ist die Frequenz der Bewegung ?
- b) Wie groß ist die maximale Auslenkung der Kugel ?