

Strömungsakustik II SS 06, Übungsaufgaben Blatt 2

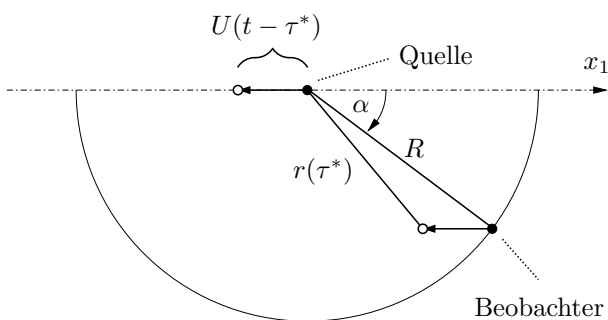
Abgabetermin: 10. Juli 2006

Aufgabe 1: Quadrupole (4 Punkte)

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

Hinweis: Die Aufgabe kann mit einer relativ kurzen Herleitung von wenigen Zeilen gezeigt werden. Es sollte nicht mehr als eine Seite Rechnungen abgegeben werden.

Aufgabe 2: Quelle im Windkanal (8 Punkte)



Um von Modellen erzeugten Schallfelder in einem Windkanal zu verstehen, wird ein Gedankenexperiment mit einer idealen Punktquelle durchgeführt. Die Punktquelle befindet sich in der Mitte der Messstrecke des Kanals. Um die Quelle sind auf einer Kugeloberfläche im Abstand R Beobachter angeordnet. Die Strömung ist im gesamten Bereich von der Quelle bis zu den Beobachtern homogen. Es wird eine Unterschallströmung angenommen. Es soll die Richtcharakteristik der idealen Quelle in der Strömung berechnet werden. Da die Situation rotationssymmetrisch ist, reicht es, die Beobachter auf einem Kreis zu betrachten. Das Medium strömt mit der Geschwindigkeit U in x_1 -Richtung. In dem mit dem Medium mitbelegten Bezugssystem gilt die inhomogene Wellengleichung:

$$\left(\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta \right) p' = Q(t) \delta(\vec{x} + U t \vec{e}_1).$$

Dabei ist \vec{e}_1 der Einheitsvektor in x_1 -Richtung. In dem mitbewegten Bezugssystem bewegen sich die Quelle und die Beobachter mit $-U$. Zur Zeit $t = 0$

befindet sich die Quelle im Ursprung des Koordinatensystems. Mit α ist der Winkel relativ zur x_1 -Achse bezeichnet. Die Differenz $(t - \tau^*)$ entspricht der Laufzeit zwischen der Quelle und dem Beobachter. Der Beobachtungsabstand $r(\tau^*)$ ist gerade gleich $c(t - \tau^*)$, wobei c die Schallgeschwindigkeit ist.

Aufgaben:

- Leite eine Beziehung für die retardierte Zeit τ^* als Funktion der Beobachtungszeit t , der Geschwindigkeit U , der Schallgeschwindigkeit c , des Abstandes R und des Winkels α her.
- Trage den Beobachtungsabstand r als Funktion des Winkels α für die beiden Fälle $U = 34 \text{ m/s}$ und $U = 170 \text{ m/s}$ auf, wobei die Schallgeschwindigkeit $c = 340 \text{ m/s}$ und der Abstand $R = 1 \text{ m}$ ist.
- Trage die Beobachtungsmachzahl M_r als Funktion des Winkels α für die beiden in (b) genannten Fälle auf.
- Trage die beobachtete Stärke der Quelle relativ zum Fall ohne Strömung als Funktion des Winkels α für die beiden in (b) genannten Fälle und auch für $U = 300 \text{ m/s}$ auf.

Aufgabe 3: Bewegte punktförmige Energiezufuhr (4 Punkte)

In einem Punkt wird Energie in das Medium zugeführt. Der Punkt bewegt sich entlang der Bahn $\vec{x}_s(t)$. Für die spezifische, zugeführte Energie $e_z(x, t)$ gilt

$$\frac{\partial e_z}{\partial t} = Q(t) \delta(\vec{x} - \vec{x}_s(t)).$$

Durch die zugeführte Energie entsteht eine punktförmige Schallquelle, die sich bewegt.

Aufgabe: Gebe eine inhomogene Wellengleichung für den Schalldruck an, die diese bewegte Quelle beschreibt.