

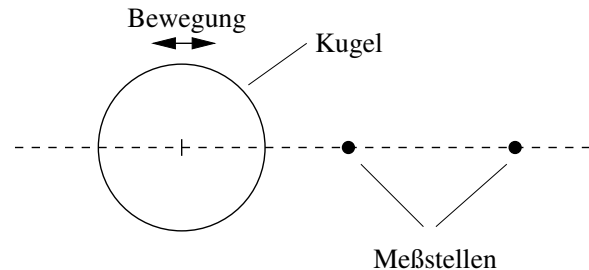
Strömungsakustik I WS 07/08, Übungsaufgaben Blatt 3

Abgabetermin: 15. Feb. 2008

Aufgabe 1: 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 Mikrophon 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.



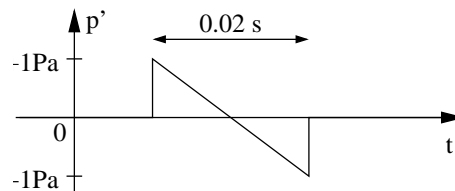
Fragen:

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

Aufgabe 2: Radiale Schnelle und akustische Energie in Kugelwelle

(4 Punkte)

Bei einer kleinen Explosion wird eine kugelsymmetrische Welle mit "N-förmigen" Druckverlauf erzeugt. In einem Meter Entfernung vom Zentrum der Kugelwelle wird der in der Abbildung gezeigte Druckverlauf gemessen. Die Welle breitet sich in Luft unter Normalbedingungen ($\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $c = 340 \text{ m/s}$) nach außen aus.



Fragen:

- Wie sieht der zeitliche Verlauf der radialen Schnelle an der Messposition aus? Trage den zeitlichen Verlauf der radialen Schnelle auf (mit Einheiten an den Achsen!).
- Wie groß ist die gesamte akustische Energie, die in der "N-förmigen" Kugelwelle steckt?

Aufgabe 3: Moden im Windkanal

(4 Punkte)

In einem Windkanal sind Experimente bei einer Geschwindigkeit von 100 m/s geplant. Die Messstrecke des geschlossenen Kanals hat einen Querschnitt von 0.5 m mal 0.5 m und eine Länge von 2 m. Der zuständige Versuchingenieur führt zur Vorbereitung einige Kontrollmessungen bei der angegebenen Geschwindigkeit durch. Mit einem Mikrophon in der seitlichen Kanalwand stellt er Druckstörungen mit einer Frequenz von 328 Hz fest. Diese Störungen werden offensichtlich von dem Antrieb des Kanals verursacht und können sich in Form von Moden auch in der Messstrecke ausbreiten. Weitere Tests mit einem Mikrophon in der Messstrecke zeigen, dass der Effektivwert (RMS) der Störung nur in Querrichtung und nicht in der Höhe variiert. In der Kanalmitte verschwindet der RMS-Wert ganz, und an den seitlichen Wänden besitzt er jeweils ein Maximum. Der Versuchingenieur nimmt an, dass nur ausbreitungsfähige Moden in der Messstrecke an den Druckstörungen beteiligt sind. Nach einigen

Überlegungen und Berechnungen kommt er zu dem richtigen Schluss, dass sich die Störungen wie in einem zweidimensionalen Kanal mit einer Breite von 0.5 m und ausschließlich in Form der ersten höheren Mode ausbreiten. Er kann jedoch nicht die Ausbreitungsrichtung bestimmen. Im Prinzip können die Störungen noch aus zwei Anteilen bestehen, die sich in und entgegen der Strömungsrichtung ausbreiten. Diese Anteile würde man üblicherweise durch Korrelationsmessungen mit mehreren Mikrofonen ermitteln. Da dem Versuchingenieur nur ein Mikrofon zur Verfügung steht, führt er ein Experiment durch, in dem das Mikrofon kurzzeitig in der Messstrecke mit der Strömung mitbewegt wird. Dem Versuchingenieur ist klar, dass ein mitbewegter Beobachter die beiden Anteile mit unterschiedlicher Frequenz wahrnimmt. Durch Fourier-Analyse können diese dann getrennt werden. Aus der Stärke der beiden Teilsignale kann er so bestimmen, wie groß die Anteile in und entgegen der Strömungsrichtung sind.

Fragen

- a) Wieso ist die Schlussfolgerung des Versuchingenieurs richtig, dass sich die Störungen in Form der ersten höheren Mode ausbreiten?
- b) Welche beiden Frequenzen besitzen die Anteile im mitbewegten Bezugssystem?

Hinweis: Die Dichte in der Messstrecke soll 1.2 kg/m^3 und die Schallgeschwindigkeit 340 m/s betragen.