

# Physik I

Georg-August-Universität Göttingen  
Prof. Dr. K. Bahr / Prof. Dr. K.-H. Rehren / PD Dr. H. Schanz  
www.theorie.physik.uni-goettingen.de/lehre/Uebungen/Physik-I/0506/

WS 2005/06



Abgabe: 23. 1. 2006

Übungsblatt 12

## 1. Aufgabe

(2 Pkt. pro Teilaufgabe)

*Disco*

Die kinetische Energiedichte einer Schallwelle ist  $\varepsilon_{\text{kin}} = \frac{1}{2}\rho(d\xi/dt)^2$  (dabei ist  $\xi(t, x)$  die Auslenkung der Luftmoleküle), die potentielle Energiedichte ist  $\varepsilon_{\text{pot}} = \frac{1}{2\kappa}(d\xi/dx)^2$ . Die Schallgeschwindigkeit ist  $c = \sqrt{1/\kappa\rho}$ .

- (a) Berechnen Sie  $\varepsilon_{\text{kin}}$  und  $\varepsilon_{\text{pot}}$  für eine Welle

$$\xi(t, x) = A \cos(\omega t - kx) \quad (\omega = ck)$$

und zeigen Sie, dass beide Energiedichten gleich groß sind.

- (b) Die *Energiestromdichte* ist  $j_\varepsilon = c\varepsilon$ , wobei  $\varepsilon = \varepsilon_{\text{kin}} + \varepsilon_{\text{pot}}$  die gesamte Energiedichte ist. Überzeugen Sie sich, dass die Kontinuitätsgleichung (Energie-Erhaltung)

$$\frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{dj_\varepsilon}{dx} = 0$$

gilt.

- (c) Als *Intensität* (= Leistung pro Fläche) bezeichnet man die über eine Periode gemittelte Energiestromdichte. Berechnen Sie die Intensität der Schallwelle aus (a), ausgedrückt durch ihre Amplitude  $A$ , die Frequenz  $\nu = \omega/2\pi$ , die Dichte  $\rho$  und die Schallgeschwindigkeit  $c$ .
- (d) Ein Lautsprecher möge die Leistung 10 Watt gleichmäßig in alle Richtungen als Schallwelle der Frequenz 220Hz abstrahlen. Berechnen Sie mithilfe von (c) die Amplitude der Schallwelle im Abstand 4m.

## 2. Aufgabe

(4 Pkt.)

*Hohlleiter*

In einem elektrischen Hohlleiter besteht zwischen Frequenz und Wellenlänge einer elektromagnetischen Welle die Beziehung

$$\nu^2 = \nu_0^2 + \frac{c^2}{\lambda^2}$$

( $c$  ist die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit,  $\nu_0$  eine von den Abmessungen des Hohlleiters abhängige Konstante; mehr dazu im zweiten Semester).

Berechnen Sie aus dieser Relation die Phasengeschwindigkeit  $c_{\text{Ph}} = \nu\lambda$  und die Gruppengeschwindigkeit  $c_{\text{Gr}} = -\lambda^2 d\nu/d\lambda$ , und vergleichen Sie beide mit der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit.

## 3. Aufgabe

(2 Pkt. pro Teilaufgabe)

*Wassermusik*

Die Wassermusik wird auf der Themse gespielt. Orchester und Publikum sitzen in je einem Ruderboot. Eines der Boote befindet sich in Ruhe, das andere sich nähert sich dem ersten Boot mit 12km/h. Es möge windstill sein.

- (a) Welche Frequenzauflösung  $\Delta f$  ist notwendig, um mit Hilfe des Dopplereffektes zu entscheiden, ob das Orchester-Boot oder dasjenige mit dem Publikum in Ruhe ist?
- (b) Um die Situation zu vereinfachen, wird nur der "Kammerton a" (440Hz) gespielt. Auf dem Publikumsboot wird eine Fouriertransformation über ein Zeitintervall  $T$  durchgeführt. Wie lang muss  $T$  sein, damit zwei Spektrallinien, deren Frequenzen sich um  $\Delta F$  unterscheiden, getrennt von einander aufgelöst werden können?
- (c) Die gleiche Frequenzverschiebung  $\Delta f$ , mit der man zwischen den beiden Szenarien aus (a) unterscheiden kann, möge alternativ durch eine Modifikation des Musikinstrumentes entstehen: In einer Oboe möge eine stehende Welle mit der Frequenz 440Hz erzeugt werden. Wie groß ist die Wellenlänge, und wie groß ist die zu  $\Delta f$  gehörende Änderung dieser Wellenlänge? Wie müsste man die Oboe ändern, damit sie den verschobenen Ton spielt?
- (d) Wie ändern sich die Ergebnisse aus (a)-(c), wenn das Experiment nicht mit Ruderbooten, sondern mit *Powerboats* (120 km/h) durchgeführt wird?