

## Übungsblatt 8

### Aufgabe 1 - \*

Die Wellenfunktion einer harmonischen Welle auf einem Seil ist  $y(x, t) = (1,00 \text{ mm}) \sin(62,8 \text{ m}^{-1}x + 314 \text{ s}^{-1}t)$

- In welche Richtung bewegt sich die Welle, und wie groß ist ihre Geschwindigkeit?
- Bestimmen Sie Wellenlänge, Frequenz und Schwingungsperiode.
- Wie groß ist die maximale Geschwindigkeit eines beliebigen Punkts auf dem Seil?

### Aufgabe 2 - \*

Zeigen Sie explizit, dass die folgenden Funktionen die Wellengleichung  $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$  erfüllen:

- $y(x, t) = k(x + ct)^3$
- $y(x, t) = Ae^{ik(x-ct)}$  (wobei  $A$  und  $k$  Konstanten sind)
- \*\* sowie  $y(x, t) = \ln[k(x - ct)]$ .

### Aufgabe 3 - \*\*

Ein 7,00 m langer Saitendraht für eine Gitarre hat die Masse 100 g und wird mit einer Kraft von 900 N gespannt. Welche Ausbreitungsgeschwindigkeit hat ein transversaler Wellenpuls auf diesem Saitendraht?

### Lösung 3- \*\*

$$c = 251 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

### Aufgabe 4 - \*

Zwei Wellen mit derselben Frequenz, Wellenlänge und Amplitude bewegen sich in dieselbe Richtung. Ihre Phasendifferenz ist  $\pi/2$ , ihre Amplitude beträgt jeweils 4,00 cm.

- Wie groß ist dann die Amplitude der resultierenden Welle?
- Für welche Phasendifferenz  $\phi$  hat die resultierende Welle eine Amplitude von 4,0 cm?

### Aufgabe 5 - \*

Man nimmt an, dass das Gehirn die Richtung einer Schallquelle feststellt, indem es die Phasendifferenz zwischen den von derselben Quelle herrührenden Schallwellen bestimmt, die die beiden Ohrmuscheln erreichen. Eine entfernte Quelle strahlt Schall mit einer Frequenz von 680 Hz ab. Wenn man direkt vor der Schallquelle steht, sollte es keine Phasendifferenz zwischen rechtem und linkem Ohr geben. Schätzen Sie die Phasendifferenz zwischen den Schallwellen ab, die am linken bzw. am rechten Ohr ankommen, wenn Sie die Schallquelle nicht direkt ansehen, sondern sich um  $90^\circ$  drehen.

### Aufgabe 6 - \*\*

Zwei Lautsprecher schwingen in Phase mit derselben Amplitude  $A$ . Sie haben einen räumlichen Abstand von  $\lambda/3$  und strahlen Schall in dieselbe Richtung ab (stehen also hintereinander). Ein Punkt  $P$  liegt vor den beiden Lautsprechern auf der Linie, die durch deren Mittelpunkte verläuft. Die Schallamplitude bei  $P$  aufgrund jedes der beiden Lautsprecher ist  $A$ . Drücken Sie die Amplitude der bei  $P$  durch Überlagerung resultierenden Welle mithilfe von  $A$  aus.

### Lösung 6- \*\*

$$A_P = A$$

### Aufgabe 7 - \*

Wenn zwei bestimmte Stimmgabeln gleichzeitig angeschlagen werden, hört man 4,0 Schwingungen pro Sekunde. Die Frequenz der einen Stimmgabel beträgt 500 Hz.

- a) Welche Frequenzwerte sind bei der anderen Stimmgabel möglich?
- b) Auf die 500-Hz-Gabel wird ein Stückchen Wachs geklebt, um ihre Frequenz ein wenig zu verringern. Erläutern Sie, wie man mithilfe der dann gemessenen Schwebungsfrequenz bestimmen kann, welche der Lösungen von Teilaufgabe a die richtige Frequenz der anderen Stimmgabel angibt.

### Aufgabe 8 - \*

Die g-Saite einer Violine ist 30,0 cm lang. Wenn sie „leer“, d. h. ohne Fingersatz gespielt wird, schwingt sie mit 196 Hz. Die nächsthöheren Töne der C-Dur-Tonleiter sind a (220 Hz), h (247 Hz),  $c^1$  (262 Hz) und  $d^1$  (294 Hz). Wie weit vom Ende der Saite entfernt muss man die Finger für diese Töne setzen? Anmerkung: Eine gestrichene Saite schwingt real nicht in einer einzigen Mode; daher sind die hier angegebenen Werte nicht ganz exakt.

### Aufgabe 9 - \*\*

Die Wellenfunktion  $y(x, t)$  einer stehenden Welle auf einer beidseitig eingespannten Saite ist gegeben durch  $y(x, t) = (4, 20\text{cm}) \sin(0, 200\text{cm}^{-1}x) \cos(300\text{s}^{-1}t)$ , wobei  $x$  in Zentimetern und  $t$  in Sekunden einzusetzen ist. Man kann eine stehende Welle als Überlagerung von zwei fortschreitenden Wellen betrachten.

- a) Welche Wellenlänge und welche Frequenz haben die beiden fortschreitenden Wellen, die sich zu der obigen stehenden Welle überlagern?
- b) Mit welcher Ausbreitungsgeschwindigkeit bewegen sich diese Wellen auf der Saite?
- c) Die Saite schwingt dabei in der vierten Harmonischen. Wie lang ist sie?

### Lösung 9- \*\*

$$\lambda = 31,4 \text{ cm und } f = 47,7 \text{ Hz}$$

$$c = 15,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$l = 62,8 \text{ cm}$$

### Aufgabe 10 - \*

Wie groß ist die Intensität einer Schallwelle, wenn der Schallintensitätspegel an einem bestimmten Ort

- a)  $IP = 10$  dB bzw.
- b)  $IP = 3,0$  dB ist?
- c) Um welchen Anteil muss man die akustische Leistung eines Geräuschs verringern, um seinen Schallintensitätspegel von 10 dB auf 3,0 dB zu reduzieren?

### Aufgabe 11 - \*

Eine Schallquelle mit einer Frequenz von 200 Hz bewegt sich mit der Geschwindigkeit 80 m/s relativ zur ruhenden Luft auf einen ruhenden Beobachter zu.

- a) Bestimmen Sie die Wellenlänge des Schalls im Bereich zwischen Quelle und Beobachter.
- b) Geben Sie die Frequenz an, die der Beobachter hört.

### Aufgabe 12 - \*

Betrachten Sie die in der vorigen Aufgabe beschriebene Situation im Bezugssystem der Quelle. Hierin bewegen sich der Beobachter und die Luft mit 80 m/s auf die ruhende Quelle zu.

- a) Mit welcher Geschwindigkeit relativ zur Quelle breitet sich der Schall im Bereich zwischen Quelle und Beobachter aus?
- b) Bestimmen Sie die Wellenlänge des Schalls im Bereich zwischen Quelle und Beobachter.
- c) Bestimmen Sie die Frequenz, die der Beobachter hört.

### Aufgabe 13 - \*

Sie haben den Auftrag, die Radargeräte des Polizeipräsidiums zu kalibrieren. Ein solches Gerät strahlt beispielsweise Mikrowellen mit der Frequenz 2,00 GHz aus. Bei Ihren Messungen werden die Wellen von einem Auto reflektiert, das sich direkt von der ruhenden Strahlungsquelle weg bewegt. Sie registrieren eine Frequenzdifferenz von 293 Hz zwischen den ausgestrahlten und den empfangenen Radarwellen. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Autos.