

## Aufgaben 5                      Wellen Schallwellen, Elektromagnetische Wellen, Energietransport

### Lernziele

- sich aus dem Studium eines schriftlichen Dokumentes neue Kenntnisse und Fähigkeiten erarbeiten können.
- einen neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.
- den Träger einer Schallwelle kennen.
- wissen und verstehen, dass Schallwellen in Gasen und Flüssigkeiten Längswellen sind.
- den Zusammenhang zwischen der Frequenz einer sinusförmigen Schallwelle und der empfundenen Höhe des entsprechenden Tones kennen.
- die mathematische Beschreibung einer sinusförmigen, ebenen Schallwelle in einem Gas kennen.
- den Wert der Schallgeschwindigkeit in Luft kennen.
- wissen und verstehen, dass sich in festen Körpern sowohl longitudinale als auch transversale Schallwellen ausbreiten können.
- den Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz anwenden können.
- den Träger einer elektromagnetischen Welle kennen.
- wissen, dass elektromagnetische Wellen Transversalwellen sind.
- die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle im Vakuum kennen.
- wissen und verstehen, wie die Energiestromdichte, die Intensität definiert ist.
- den Zusammenhang zwischen der Intensität und der Amplitude einer Schwingungsgrösse kennen und anwenden können.
- für eine von einem punktförmigen Sender abgestrahlte Welle den Zusammenhang zwischen der Intensität und dem Abstand vom Sender kennen und verstehen.

### Aufgaben

- 5.1      Studieren Sie im Buch KPK 3 die folgenden Abschnitte:
- 4.6 Schallwellen (Seiten 42 bis 44)
  - 4.7 Elektromagnetische Wellen (Seiten 44 bis 46)
  - 4.8 Energietransport mit Wellen (Seiten 46 und 47)
- 5.2      Betrachten Sie das Blatt "Elektromagnetisches Spektrum". Auf zwei Skalen können Frequenz und Wellenlänge von elektromagnetischen Wellen abgelesen werden.
- a)      Entnehmen Sie den beiden Skalen für die Frequenz und die Wellenlänge, ...
    - i)      ... dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit aller elektromagnetischen Wellen gleich gross ist.
    - ii)     ... wie gross die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle ist.
  - b)      Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob die folgende Aussage wahr oder falsch ist:  
"Mikrowellen haben eine kleinere Wellenlänge als optische Wellen".
- 5.3      In einem Sender werde periodisch eine Welle angeregt und ausgesendet. Der zeitliche Verlauf der Anregung im Sender (d.h. am Ort  $x = 0$ ) sei dabei sinusförmig:

$$y(0,t) = \hat{y} \sin(\omega t)$$

Beurteilen Sie mit schlüssigen Begründungen, ob und wie in den Fällen a) und b) die Amplitude  $\hat{y}$  und die Intensität  $I$  der Welle vom Abstand  $r$  vom Sender abhängt.

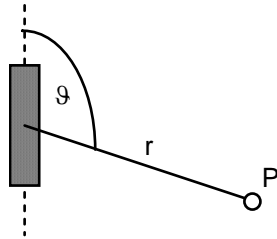
- a)      Der Sender sei "flächhaft" und sendet in eine bestimmte Richtung eine seitlich begrenzte, nicht auseinanderlaufende ebene Welle aus.
- b)      Der Sender sei punktförmig und sendet eine in alle Richtungen gleichverteilte Kugelwelle aus.

Hinweis:

- Nehmen Sie an, dass die Welle auf ihrem Weg auf dem Wellenträger keine Energie verliert, d.h. dass keine Energie absorbiert wird.

5.4 Eine Mobilfunkantenne strahlt eine elektromagnetische Welle ab.

Die Intensität  $I$  der abgestrahlten elektromagnetischen Welle an einem bestimmten Ort  $P$  hängt natürlich von der Sendeleistung ab. Sie hängt aber auch vom Abstand  $r$  zur Antenne, vom Winkel  $\vartheta$  zur Antennenachse sowie von der Kreisfrequenz  $\omega$  der elektromagnetischen Welle ab.



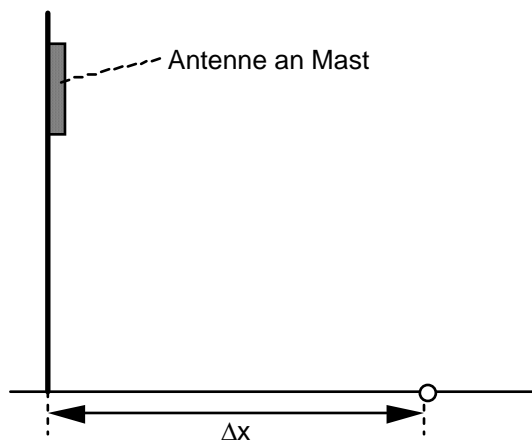
Falls der Abstand  $r$  viel grösser ist als die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle, gilt bei konstanter Sendeleistung (ohne Herleitung):

- Die Intensität  $I$  ist proportional zur vierten Potenz der Kreisfrequenz  $\omega$  (bei konstantem Abstand  $r$  und Winkel  $\vartheta$ ):  $I \sim \omega^4$
- Die Intensität  $I$  ist umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes  $r$  (bei konstanter Kreisfrequenz  $\omega$  und konstantem Winkel  $\vartheta$ ):  $I \sim \frac{1}{r^2}$
- Die Intensität  $I$  ist proportional zum Quadrat des Sinuswertes des Winkels  $\vartheta$  (bei konstanter Kreisfrequenz  $\omega$  und konstantem Abstand  $r$ ):  $I \sim \sin^2(\vartheta)$

Insgesamt gilt also:

$$I \sim \frac{\omega^4}{r^2} \sin^2(\vartheta)$$

Eine Mobilfunkantenne sei mit vertikaler Ausrichtung der Antennenachse an einem Mast in horizontalem Gelände montiert:



Bestimmen Sie die Entfernung  $\Delta x$  vom Fusse der Antenne, in welcher die Intensität (bei konstanter Sendeleistung) maximal ist.

## Lösungen

5.1 ...  
Lösungen zu den Aufgaben siehe kopierte Blätter

- 5.2 a) i)  $v = \lambda \cdot f$   
Das Produkt  $\lambda \cdot f$  hat für alle elektromagnetischen Wellen den gleichen Wert.
- ii)  $v = 3 \cdot 10^8$  m/s
- b) falsch  
Mikrowellen haben eine **grössere** Wellenlänge als optische Wellen.

5.3 I := Intensität der Welle  
A := Flächeninhalt der Wellenfronten  
 $I \cdot A = \text{konst.}$  (Energieerhaltung)

$$I \sim \hat{y}^2$$

- a)  $A = \text{konst.}$   
 $\Rightarrow I = \text{konst.}$  (d.h. unabhängig von r)  
 $\hat{y} = \text{konst.}$  (d.h. unabhängig von r)

- b)  $A \sim r^2$   
 $\Rightarrow I \sim \frac{1}{r^2}$   
 $\hat{y} \sim \frac{1}{r}$

5.4 I maximal für  $\Delta x = h$  (h = Höhe der Antenne über Boden)