

## Aufgaben 12      Wellen Beugung, Doppler-Effekt

### Lernziele

- das Phänomen der Beugung kennen und mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips erklären können.
- den Zusammenhang zwischen der Ausprägung der Beugung einer Welle, der Wellenlänge und den Abmessungen des beugenden Objektes kennen.
- das Interferenzmuster bei der Beugung einer Welle an einem idealen Doppelspalt kennen und verstehen.
- die Interferenzbedingungen für das Auftreten konstruktiver und destruktiver Interferenz bei der Beugung von Licht an einem idealen Doppelspalt kennen und verstehen.
- den Doppler-Effekt kennen und verstehen.
- die Zusammenhänge zwischen gesendeter und wahrgenommener Frequenz beim Doppler-Effekt bei mechanischen Wellen verstehen und anwenden können.
- einen neuen Sachverhalt analysieren und beurteilen können.

### Aufgaben

#### Beugung

#### 12.1 Experiment Posten 1: Beugung am Doppelspalt (5 min)

(Optische Profilbank, Leuchte, Farbfilter Rot, Linsen  $f = +50/+300/+300$  mm, Leuchtspalt, Blende mit 4 Doppelspalten, Beobachtungsoptik (Lupe mit Skala))

Beobachten Sie durch die Beobachtungsoptik hindurch das Interferenzbild, welches durch Beugung an einem Doppelspalt entsteht.

Die Beobachtungsoptik ist so positioniert, dass der Leuchtspalt auf der Beobachtungsebene scharf abgebildet ist.

- Beobachten und vergleichen Sie das Interferenzbild bei weissem und bei rotem Licht.
- Erklären Sie bei weissem Licht die farbigen Ränder der Interferenzstreifen.

#### 12.2 Eine Person steht hinter einem Baum mit einem grossen Stammdurchmesser und ruft. Man stellt fest, dass man die Person zwar **hört**, jedoch **nicht sieht**.

Erklären Sie diesen Unterschied mit Hilfe des Phänomens Beugung.

#### 12.3 Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind. Kreuzen Sie das entsprechende Kästchen an.

- |                                                                                                                                                                                                    | wahr                     | falsch                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) Die Beugung einer Welle kann mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips erklärt werden.                                                                                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) An einem Hindernis wird nur derjenige Teil einer Welle gebeugt, der näher als etwa eine Wellenlänge vom Hindernis entfernt liegt.                                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Dass an einem Hindernis Schall mehr gebeugt wird als Licht, liegt daran, dass die Schallgeschwindigkeit kleiner ist als die Lichtgeschwindigkeit.                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Dass an einem Hindernis Schall mehr gebeugt wird als Licht, liegt daran, dass Licht keinen materiellen Wellenträger besitzt.                                                                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Bei der Beugung an einem idealen Doppelspalt ist der Abstand der auf einem weit entfernten Schirm beobachteten Interferenzmaxima proportional zum Abstand der beiden Spalten des Doppelspaltes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### Doppler-Effekt

#### 12.4 Bewegte Quelle, ruhender Beobachter

Eine Quelle bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v$  auf einen ruhenden Empfänger **zu** und sendet eine Welle der Wellenlänge  $\lambda_Q$  (Frequenz  $f_Q$ , Periode  $T$ ) aus.

Wie im Unterricht aufgezeigt wurde, registriert der Beobachter eine Welle der (kleineren) Wellenlänge

$$\lambda_B = \lambda_Q - v \cdot T \quad (1)$$

- a) Leiten Sie aus (1) eine Beziehung zwischen der von der Quelle ausgesandten Frequenz  $f_Q$  und der vom Beobachter registrierten (höheren) Frequenz  $f_B$  her. Drücken Sie  $f_B$  in Abhängigkeit von  $f_Q$ ,  $v$  und der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  aus, d.h.  $f_B = \dots$  (mit  $f_Q$ ,  $v$  und  $c$  auf der rechten Seite).
- b) Bestimmen Sie für den Fall, dass sich der Sender vom Empfänger **weg**bewegt, ...
  - i) ... die zu (1) analoge Beziehung zwischen  $\lambda_Q$  und  $\lambda_B$ .
  - ii) ... die entsprechende Beziehung zwischen  $f_Q$  und  $f_B$ .

12.5 An einem ruhenden Beobachter fährt eine pfeifende Lokomotive (1500 Hz) mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h vorbei.

Bestimmen Sie die Frequenz des Tones, den der Beobachter ...

- a) ... vor dem Vorbeifahren der Lokomotive hört.
- b) ... nach dem Vorbeifahren der Lokomotive hört.

12.6 Bei einem Marschmusikwettbewerb marschieren eine Blaskapelle an einer Jury vorbei.

Wie schnell müssten die Musiker marschieren, damit die Jury-Mitglieder die Musik nach dem Vorbeimarsch um einen halben Ton tiefer hören würden als beim Herannahen der Kapelle?

Hinweis:

- Das Frequenzverhältnis zweier Töne, die sich um einen halben Ton unterscheiden, beträgt 16:15.

#### 12.7 Ruhende Quelle, bewegter Beobachter

Ein Beobachter bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v$  auf eine ruhende Quelle **zu**, welche eine Welle der Frequenz  $f_Q$  aussendet.

Wie im Unterricht aufgezeigt wurde, registriert der Beobachter eine Welle der (höheren) Frequenz  $f_B$ , wobei die folgenden beiden Beziehungen gelten:

$$c = \lambda_Q \cdot f_Q \quad (2)$$

$$c + v = \lambda_B \cdot f_B \quad (3)$$

$$\lambda_B = \lambda_Q \quad (4)$$

- a) Leiten Sie aus (2) bis (4) eine Beziehung zwischen der von der Quelle ausgesandten Frequenz  $f_Q$  und der vom Beobachter registrierten (höheren) Frequenz  $f_B$  her. Drücken Sie  $f_B$  in Abhängigkeit von  $f_Q$ ,  $v$  und der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  aus, d.h.  $f_B = \dots$  (mit  $f_Q$ ,  $v$  und  $c$  auf der rechten Seite).
- b) Bestimmen Sie für den Fall, dass sich der Beobachter von der Quelle **weg**bewegt, ...
  - i) ... die zu (3) analoge Beziehung.
  - ii) ... die entsprechende Beziehung zwischen  $f_Q$  und  $f_B$ .

12.8 (siehe nächste Seite)

12.8 Die Hupe eines stehenden Autos besitze die Frequenz 440 Hz.

Bestimmen Sie die Frequenz, die ein anderer Autofahrer wahrnimmt, wenn er sich mit 100 km/h ...

- a) ... nähert.
- b) ... entfernt.

**Lehrbuch KPK 3** (Karlsruher Physikkurs, Band 3)

4 Wellen

4.14 Die Beugung von Wellen (Seiten 54 und 55)

**Lösungen**

12.1 -

12.2  $\lambda_{\text{Schall}} \approx 1 \text{ m}$   
 $\Rightarrow$  Ein grosser Teil der Schallwelle wird gebeugt, d.h. die Beugung ist stark ausgeprägt.

$\lambda_{\text{Licht}} \approx 500 \text{ nm}$   
 $\Rightarrow$  Ein sehr kleiner Teil der Lichtwelle wird gebeugt, d.h. die Beugung ist sehr schwach ausgeprägt.

- 12.3 a) wahr  
 b) wahr  
 c) falsch  
 d) falsch  
 e) falsch

12.4 a)  $f_B = \frac{f_Q}{1 - \frac{v}{c}}$   
 b) i)  $\lambda_B = \lambda_Q + v \cdot T$   
 ii)  $f_B = \frac{f_Q}{1 + \frac{v}{c}}$

12.5 a) vor dem Vorbeifahren  
 $f_B = \frac{f_Q}{1 - \frac{v}{c}} \approx 1660 \text{ Hz}$  (Annahme:  $c = 340 \text{ m/s}$ )  
 b) nach dem Vorbeifahren  
 $f_B = \frac{f_Q}{1 + \frac{v}{c}} \approx 1370 \text{ Hz}$  (Annahme:  $c = 340 \text{ m/s}$ )

12.6  $\frac{f_{B1}}{f_{B2}} = k$   
 $f_{B1} = \frac{f_Q}{1 - \frac{v}{c}}$   
 $f_{B2} = \frac{f_Q}{1 + \frac{v}{c}}$   
 -----  
 $\Rightarrow v = \frac{k-1}{k+1} c = 11 \text{ m/s} = 39 \text{ km/h}$  (Annahmen:  $c = 340 \text{ m/s}$ ,  $k = 16:15$ )  
 Dies liegt über dem 100-m-Weltrekord!

12.7 a)  $f_B = f_Q \left(1 + \frac{v}{c}\right)$   
 b) i)  $c - v = \lambda_B \cdot f_B$   
 ii)  $f_B = f_Q \left(1 - \frac{v}{c}\right)$

12.8 a) beim sich Nähern  
 $f_B = f_Q \left(1 + \frac{v}{c}\right) = 476 \text{ Hz}$  (Annahme:  $c = 340 \text{ m/s}$ )  
 b) beim sich Entfernen  
 $f_B = f_Q \left(1 - \frac{v}{c}\right) = 404 \text{ Hz}$  (Annahme:  $c = 340 \text{ m/s}$ )