

Aufgaben 7 Wellen Doppler-Effekt

Lernziele

- den Doppler-Effekt verstehen.
- die Zusammenhänge zwischen gesendeter und wahrgenommener Frequenz beim Doppler-Effekt verstehen und anwenden können.
- eine neue Problemstellung selbstständig bearbeiten und in einer Gruppe diskutieren können.

Aufgaben

7.1 **Bewegte Quelle, ruhender Beobachter**

Eine Quelle bewegt sich mit der Geschwindigkeit v auf einen ruhenden Empfänger **zu** und sendet einen Ton der Wellenlänge λ_Q (Frequenz f_Q , Periode T) aus.

Wie im Unterricht aufgezeigt wurde, registriert der Beobachter einen Ton der (kleineren) Wellenlänge

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

- 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 Schallgeschwindigkeit c aus.
- Bestimmen Sie für den Fall, dass sich der Sender vom Empfänger **weg**bewegt, ...
 - ... die zu (1) analoge Beziehung zwischen λ_Q und λ_B .
 - ... die entsprechende Beziehung zwischen f_Q und f_B .

7.2 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 ...

- ... vor dem Vorbeifahren der Lokomotive hört.
- ... nach dem Vorbeifahren der Lokomotive hört.

7.3 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.

7.4 **Ruhende Quelle, bewegter Beobachter**

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

Wie im Unterricht aufgezeigt wurde, registriert der Beobachter einen Ton 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.
- b) Bestimmen Sie für den Fall, dass sich der Beobachter von der Quelle **wegbewegt**, ...
 - i) ... die zu (3) analoge Beziehung.
 - ii) ... die entsprechende Beziehung zwischen f_Q und f_B .

7.5 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.

Hinweis:

- Für diese Aufgabe können Sie einen Taschenrechner verwenden.

7.6 * **Bewegte Quelle, bewegter Beobachter**

Eine Quelle und ein Beobachter bewegen sich auf einer gemeinsamen Geraden, die Quelle mit der Geschwindigkeit v_Q , der Beobachter mit der Geschwindigkeit v_B .

Die Quelle sendet einen Ton der Frequenz f_Q aus, der Beobachter empfängt einen Ton der Frequenz f_B .

Bestimmen Sie die Beziehung zwischen den beiden Frequenzen f_Q und f_B . Berücksichtigen Sie dabei alle zu unterscheidenden Fälle für die Bewegungsrichtungen von Quelle und Beobachter.

7.7 Ein Trompeter marschiert mit konstanter Geschwindigkeit v und spielt dabei auf seiner Trompete einen Ton mit konstanter Tonhöhe. Der Trompetenton ist eigentlich ein Klang, der aus vielen reinen Tönen (Grundton und Obertöne) besteht. Trotzdem kann man die Tonhöhe des Trompetentons für die folgende Betrachtung ohne Verfälschung des Ergebnisses mit der einzigen Frequenz f_0 beschreiben.

Der Trompeter marschiert in Richtung einer grossen, senkrechten Wand. Der Trompeter stellt fest, dass der Ton, den er wahrnimmt (Frequenz f_1), aufgrund von Reflexionen an der Wand höher ist als der Ton, den er spielt (Frequenz f_0).

Bestimmen Sie das Verhältnis $r = f_1/f_0$ der beiden Frequenzen in Abhängigkeit der als bekannt angenommenen Marschgeschwindigkeit v und der Schallgeschwindigkeit c .

Lösungen

7.1 a) $f_B = \frac{f_Q}{1 - \frac{v}{c}}$ $c = \text{Schallgeschwindigkeit}$

b) i) $\lambda_B = \lambda_Q + v \cdot T$

ii) $f_B = \frac{f_Q}{1 + \frac{v}{c}}$

7.2 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: $c = 340 \text{ m/s}$)

7.3 $\frac{f_{B1}}{f_{B2}} = k$
 $f_{B1} = \frac{f_Q}{1 - \frac{v}{c}}$ $c = \text{Schallgeschwindigkeit}$
 $f_{B2} = \frac{f_Q}{1 + \frac{v}{c}}$

 $\Rightarrow v = \frac{k-1}{k+1} c = 11 \text{ m/s} = 39 \text{ km/h}$ (Annahme: $c = 340 \text{ m/s}$)

Dies liegt über dem 100-m-Weltrekord!

7.4 a) $f_B = f_Q \left(1 + \frac{v}{c}\right)$ $c = \text{Schallgeschwindigkeit}$

b) i) $c - v = \lambda_B \cdot f_B$

ii) $f_B = f_Q \left(1 - \frac{v}{c}\right)$

7.5 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: $c = 340 \text{ m/s}$)

7.6 * a) Quelle und Beobachter bewegen sich in entgegengesetzten Richtungen aufeinander zu.

$$f_B = f_Q \frac{c + v_B}{c - v_Q}$$

b) Quelle und Beobachter bewegen sich in entgegengesetzten Richtungen voneinander weg.

$$f_B = f_Q \frac{c - v_B}{c + v_Q}$$

c) Der Beobachter bewegt sich hinter der Quelle her.

$$f_B = f_Q \frac{c + v_B}{c + v_Q}$$

Bemerkung: $f_B = f_Q$, falls $v_B = v_Q$

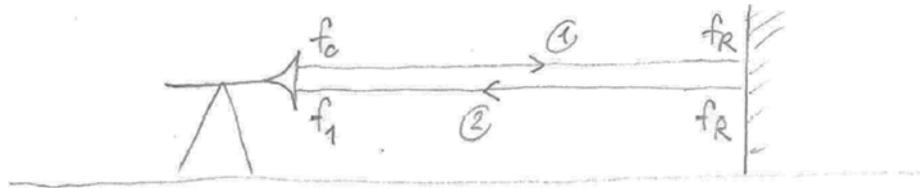
d) Die Quelle bewegt sich hinter dem Beobachter her.

$$f_B = f_Q \frac{c - v_B}{c - v_Q}$$

Bemerkung: $f_B = f_Q$, falls $v_B = v_Q$

7.7 (siehe nächste Seite)

7.7



①	Bewegte Quelle, ruhender Beobachter	<u>Unb.</u>	<u>Bek.</u>
	$f_R = \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} f_0$	I	f_R
			f_0
②	Ruhende Quelle, bewegter Beobachter		f_1
	$f_1 = \left(1 + \frac{v}{c}\right) f_R$	II	r
	$\frac{f_1}{f_0} = r$	III	

$$r = \frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}$$