

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 bearbeiten können.

Aufgaben

7.1 **Bewegter Sender, ruhender Empfänger**

Ein Sender bewegt sich mit der Geschwindigkeit v auf einen ruhenden Empfänger **zu** und sendet einen Ton der Wellenlänge λ (Frequenz f , Periode T) aus.

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

$$\lambda_E = \lambda - v \cdot T \quad (1)$$

- Leiten Sie aus (1) eine Beziehung zwischen der Frequenz f und der vom Empfänger registrierten (höheren) Frequenz f_E her. Drücken Sie f_E in Abhängigkeit von f , 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 und λ_E .
 - ... die entsprechende Beziehung zwischen f und f_E .

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.

Hinweis:

- Für diese Aufgabe können Sie einen Taschenrechner verwenden.

7.3 Bei einem Marschmusikwettbewerb marschiert 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?

Hinweise:

- Das Frequenzverhältnis zweier Töne, die sich um einen halben Ton unterscheiden, beträgt 16:15.
- Für diese Aufgabe können Sie einen Taschenrechner verwenden.

7.4 **Ruhender Sender, bewegter Empfänger**

Ein Empfänger bewegt sich mit der Geschwindigkeit v auf einen ruhenden Sender **zu**, welcher einen Ton der Frequenz f aussendet.

Wie im Unterricht aufgezeigt wurde, registriert der Empfänger einen Ton der (höheren) Frequenz f_E , wobei die folgenden beiden Beziehungen gelten:

$$c = \lambda \cdot f \quad (2)$$

$$c + v = \lambda \cdot f_E \quad (3)$$

- a) Leiten Sie aus (2) und (3) eine Beziehung zwischen der Frequenz f und der vom Empfänger registrierten (höheren) Frequenz f_E her.
- b) Bestimmen Sie für den Fall, dass sich der Empfänger vom Sender **weg**bewegt, ...
- i) ... die zu (3) analoge Beziehung.
- ii) ... die entsprechende Beziehung zwischen f und f_E .

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 Ein Auto fährt geradlinig auf ein Polizei-Radargerät zu.

Das Radargerät sendet eine Radarwelle der Frequenz f in Richtung des Autos aus. Die Welle wird vom Auto reflektiert und gelangt wieder zum Radargerät zurück. Das Radargerät registriert die Frequenz f_R der reflektierten Welle und vergleicht sie mit der Frequenz f der ausgesendeten Welle.

Bestimmen Sie aus den Frequenzen f und f_R die Geschwindigkeit v des Autos.

7.7 * **Bewegter Sender, bewegter Empfänger**

Ein Sender und ein Empfänger bewegen sich auf einer gemeinsamen Geraden, der Sender mit der Geschwindigkeit v_S , der Empfänger mit der Geschwindigkeit v_E .

Der Sender sendet einen Ton der Frequenz f aus, der Empfänger empfängt einen Ton der Frequenz f_E .

Bestimmen Sie die Beziehung zwischen den beiden Frequenzen f und f_E . Berücksichtigen Sie dabei alle zu unterscheidenden Fälle für die Bewegungsrichtungen von Sender und Empfänger.

Lösungen

7.1 a) $f_E = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$ $c = \text{Schallgeschwindigkeit}$

b) i) $\lambda_E = \lambda + v \cdot T$

ii) $f_E = \frac{f}{1 + \frac{v}{c}}$

7.2 a) vor dem Vorbeifahren
 $f_E = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}} \approx 1660 \text{ Hz}$ (Annahme: $c = 340 \text{ m/s}$)

b) nach dem Vorbeifahren
 $f_E = \frac{f}{1 + \frac{v}{c}} \approx 1370 \text{ Hz}$ (Annahme: $c = 340 \text{ m/s}$)

7.3 $\frac{f_1}{f_2} = k$
 $f_1 = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$ $c = \text{Schallgeschwindigkeit}$
 $f_2 = \frac{f}{1 + \frac{v}{c}}$

 $\Rightarrow v = \frac{k-1}{k+1} c = 11 \text{ m/s} = 39 \text{ km/h}$ (Annahme: $c = 340 \text{ m/s}$)
 Dies liegt über dem 100-m-Weltrekord!

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

b) i) $c - v = \lambda \cdot f_E$

ii) $f_E = f \left(1 - \frac{v}{c}\right)$

7.5 a) beim sich Nähern
 $f_E = f \left(1 + \frac{v}{c}\right) = 476 \text{ Hz}$ (Annahme: $c = 340 \text{ m/s}$)

b) beim sich Entfernen
 $f_E = f \left(1 - \frac{v}{c}\right) = 404 \text{ Hz}$ (Annahme: $c = 340 \text{ m/s}$)

7.6 Hinlaufende Radarwelle: Radargerät \rightarrow Auto
 - Das Radargerät sendet eine Radarwelle der Frequenz f aus (ruhender Sender).
 - Das Auto empfängt eine Welle der Frequenz f_1 (bewegter Empfänger).

Reflektierte Radarwelle: Auto \rightarrow Radargerät
 - Das Auto reflektiert eine Welle der Frequenz f_1 (bewegter Sender).
 - Das Radargerät empfängt eine Welle der Frequenz f_R (ruhender Empfänger).

$f_1 = f \left(1 + \frac{v}{c}\right)$ $c = \text{Ausbreitungsgeschwindigkeit der Radarwelle}$
 $f_R = \frac{f_1}{1 - \frac{v}{c}}$

 $\Rightarrow v = c \cdot \frac{f_R - f}{f_R + f}$

- 7.7 * a) Sender und Empfänger bewegen sich in entgegengesetzten Richtungen aufeinander zu.
$$f_E = f \frac{c + v_E}{c - v_S}$$
- b) Sender und Empfänger bewegen sich in entgegengesetzten Richtungen voneinander weg.
$$f_E = f \frac{c - v_E}{c + v_S}$$
- c) Der Empfänger bewegt sich hinter dem Sender her.
$$f_E = f \frac{c + v_E}{c + v_S}$$

Bemerkung: $f_E = f$, falls $v_E = v_S$
- d) Der Sender bewegt sich hinter dem Empfänger her.
$$f_E = f \frac{c - v_E}{c - v_S}$$

Bemerkung: $f_E = f$, falls $v_E = v_S$