

Übung 4 Akustik 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

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 λ_E

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

- Leiten Sie aus (1) eine Beziehung zwischen der Frequenz f und der vom Empfänger registrierten (höheren) Frequenz f_E her.
- 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 .

2. (Metzler: 129/1)

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.

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.

4. **Bewegter Empfänger, ruhender Sender**

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:

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

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

- 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 **wegbewegt**, ...
- i) die zu (3) analoge Beziehung.
 - ii) ... die entsprechende Beziehung zwischen f und f_E .
5. (Metzler: 129/2)
- Die Hupe eines stehenden Autos besitze eine Frequenz von 440 Hz.
Welche Frequenz nimmt ein Autofahrer wahr, der sich mit 100 km/h ...
- a) ... nähert?
 - b) ... entfernt?
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. * **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

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

b) i) $E = +v \cdot T$

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

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

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

3. $\frac{f_1}{f_2} = k$

$$f_1 = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$$

$$f_2 = \frac{f}{1 + \frac{v}{c}}$$

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

Dies liegt über dem 100-m-Weltrekord!

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

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

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

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

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

6. (siehe Seite 4)

6. Das Radargerät sendet eine Radarwelle der Frequenz f aus (ruhender Sender).
Das Auto empfängt eine Welle der Frequenz f_1 (bewegter Empfänger).

Das Auto reflektiert eine Welle der Frequenz f_1 (bewegter Sender).

Das Radargerät empfängt eine Welle der Frequenz f_R (ruhender Empfänger).

$$f_1 = f \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$

$$f_R = \frac{f_1}{1 - \frac{v}{c}}$$

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

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.

$$f_E = f \frac{c + v_E}{c + v_S}$$

Bem.: $f_E = f$, falls $v_E = v_S$

- d) Der Sender bewegt sich hinter dem Empfänger her.

$$f_E = f \frac{c - v_E}{c - v_S}$$

Bem.: $f_E = f$, falls $v_E = v_S$