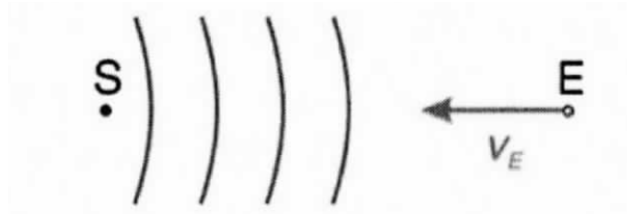


DOPPLER-EFFEKT

Bewegter Empfänger



- Empfänger E nähert sich dem Sender S:

Bewegt sich ein Empfänger mit einer Geschwindigkeit v_E auf den Sender, der eine Welle mit der Frequenz f und der Phasengeschwindigkeit v_{ph} abstrahlt, zu, so erreichen ihn in einer bestimmten Zeit mehr Wellen als wenn er in Ruhe wäre. Die Wellenlänge λ der Schallwellen in der Luft bleibt zwar konstant, jedoch ist die Geschwindigkeit relativ zum Empfänger jetzt $v_{ph} + v_E$. Die Frequenz der vom Empfänger registrierten Wellen wird damit:

$$f_E = \frac{v_{ph} + v_E}{\lambda}$$

$$\text{mit: } f = \frac{v_{ph}}{\lambda} \Leftrightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{f}{v_{ph}}$$

$$\Leftrightarrow f_E = f \cdot \frac{v_{ph} + v_E}{v_{ph}}$$

$$\Leftrightarrow f_E = f \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{v_E}{v_{ph}}\right)}_{>1}$$

Die vom Empfänger registrierte Frequenz f_E ist somit höher als die vom Sender ausgesendete Frequenz f .

- Empfänger E entfernt sich dem Sender S:

Bewegt sich ein Empfänger mit einer Geschwindigkeit v_E von dem Sender, der eine Welle mit der Frequenz f und der Phasengeschwindigkeit v_{ph} abstrahlt, weg, so erreichen ihn in einer bestimmten Zeit weniger Wellen als wenn er in Ruhe wäre. Die Wellenlänge λ der Schallwellen in der Luft bleibt zwar konstant, jedoch ist die Geschwindigkeit relativ zum Empfänger jetzt $v_{ph} - v_E$. Die Frequenz der vom Empfänger registrierten Wellen wird damit:

$$f'_E = \frac{v_{ph} - v_E}{\lambda}$$

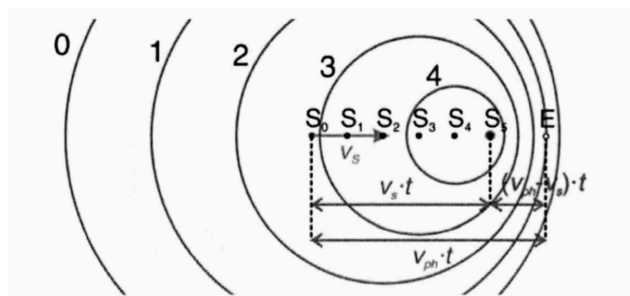
$$\text{mit: } f = \frac{v_{ph}}{\lambda} \Leftrightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{f}{v_{ph}}$$

$$\Leftrightarrow f'_E = f \cdot \frac{v_{ph} - v_E}{v_{ph}}$$

$$\Leftrightarrow f'_E = f \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{v_E}{v_{ph}}\right)}_{<1}$$

Die vom Empfänger registrierte Frequenz f'_E , ist somit niedriger als die vom Sender ausgesendete Frequenz f .

Ruhender Sender



- Sender S nähert sich dem Empfänger E

Nähert sich der Sender S , der eine Welle mit einer Frequenz f und einer Phasengeschwindigkeit v_{ph} aussendet, dem Empfänger E mit einer

Geschwindigkeit v_s , so legt er in der Zeit t , bei seiner Bewegung von S_1 nach S_5 , die Strecke $v_s \cdot t$ zurück. Die Wellen die bei ruhendem Sender die Strecke $v_{ph} \cdot t$ einnehmen, verteilen sich nur noch auf die verkürzte Strecke $v_{ph} \cdot t - v_s \cdot t = (v_{ph} - v_s) \cdot t$. Daher hat sich die vom Empfänger wahrgenommene Wellenlänge λ_E verkürzt auf:

$$\begin{aligned}\frac{\lambda_E}{\lambda} &= \frac{(v_{ph} - v_s) \cdot t}{v_{ph} \cdot t} \\ \Leftrightarrow \lambda_E &= \lambda \cdot \frac{v_{ph} - v_s}{v_{ph}} \\ \Leftrightarrow \lambda_E &= \lambda \cdot \underbrace{\left(1 - \frac{v_s}{v_{ph}}\right)}_{<1}\end{aligned}$$

Die vom Empfänger wahrgenommene Frequenz f_E ist demnach höher als die ausgesendete Frequenz f :

$$f_E = \frac{v_{ph}}{\lambda_E} = \frac{v_{ph}}{\lambda \cdot \left(1 - \frac{v_s}{v_{ph}}\right)} = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v_s}{v_{ph}}}$$

- Sender S entfernt sich vom Empfänger E

Entfernt sich der Sender S , der eine Welle mit einer Frequenz f und einer Phasengeschwindigkeit v_{ph} aussendet, vom Empfänger E mit einer Geschwindigkeit v_s , so legt er in der Zeit t , bei seiner Bewegung von S_1 nach S_5 , die Strecke $v_s \cdot t$ zurück. Die Wellen die bei ruhendem Sender die Strecke $v_{ph} \cdot t$ einnehmen, verteilen sich nun auf die verlängerte Strecke $v_{ph} \cdot t + v_s \cdot t = (v_{ph} + v_s) \cdot t$. Daher hat sich die vom Empfänger wahrgenommene Wellenlänge λ_E verlängert auf:

$$\frac{\lambda'_E}{\lambda} = \frac{(v_{ph} + v_S) \cdot t}{v_{ph} \cdot t}$$

$$\Leftrightarrow \lambda'_E = \lambda \cdot \frac{v_{ph} + v_S}{v_{ph}}$$

$$\Leftrightarrow \lambda'_E = \lambda \cdot \underbrace{\left(1 + \frac{v_S}{v_{ph}}\right)}_{>1}$$

Die vom Empfänger wahrgenommene Frequenz f'_E ist demnach niedriger als die ausgesendete Frequenz f :

$$f_E = \frac{v_{ph}}{\lambda_E} = \frac{v_{ph}}{\lambda \cdot \left(1 + \frac{v_S}{v_{ph}}\right)} = f \cdot \frac{1}{1 + \frac{v_S}{v_{ph}}}$$