

MECHANISCHE WELLEN

Welle

Definition

Eine Welle ist ein zeitlich und räumlich periodischer Vorgang. Die zeitliche Periode ist die Schwingungsdauer T , die räumliche Periode ist die Wellenlänge λ .

Bemerkung

Wellen transportieren Energie, keine Materie.

Wellenlänge

Definition

Die Wellenlänge λ ist der kürzeste Abstand zweier in Phase schwingender Punkte entlang der Welle.

Wellenarten

Definitionen

1. Transversalwellen

Ist die Auslenkungsrichtung y rechtwinklig zur Ausbreitungsrichtung x , so spricht man von einer Transversalwelle.

2. Longitudinalwellen

Ist die Auslenkungsrichtung y parallel zur Ausbreitungsrichtung x , so spricht man von einer Longitudinalwelle.

Wellengleichung

Herleitung

Zur Beschreibung der Welle müssen wir einen Ausdruck finden, welcher die doppelte Periodizität im Raum und in der Zeit beschreibt. Ihre Auslenkung y hängt sowohl vom dem betrachteten Ort x als auch vom Zeitpunkt t ab. Es gilt also: $y = f(x, t)$.

Die Welle startet durch einen Oszillator am Ursprung $x = 0$ und hat eine Amplitude y_{max} und eine Frequenz f .

Breitet sich die Welle in positiver x -Richtung aus, dann erreicht die Welle einen Ort x mit einer Verspätung Δt .

Zu einem Zeitpunkt t führt der Punkt x die gleiche Schwingung aus, welche der Ursprung zum Zeitpunkt $t - \Delta t$ durchgeführt hat.

Für die Elongation am Ort x zum Zeitpunkt t gilt also:

$$y(x, t) = y_{max} \cdot \sin [2\pi f(t - \Delta t) + \varphi_0] \quad (1)$$

Sei v_{ph} die Phasengeschwindigkeit der in positiver Richtung laufenden Welle.

Die benötigte Zeit Δt um die Strecke x zurückzulegen beträgt:

$$\Delta t = \frac{x}{v_{ph}} \quad (2)$$

(2) in (1):

$$y(x, t) = y_{max} \cdot \sin \left[2\pi f \left(t - \frac{x}{v_{ph}} \right) + \varphi_0 \right]$$

mit $f = \frac{1}{T}$ und $v_{ph} = \lambda \cdot f$:

$$y(x, t) = y_{max} \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - f \cdot \frac{x}{\lambda \cdot f} \right) + \varphi_0 \right]$$

$$y(x, t) = y_{max} \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right]$$

Formel

$$y(x, t) = y_{max} \cdot \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right]$$

Überlagerung

Treffen an einer Stelle eines Wellenträgers mehrere Wellen aufeinander, so addieren sich dort die Elongationen der Schwingungen ($y = y_1 + y_2$). Nach dem Zusammentreffen laufen die Wellen ungestört weiter.

Interferenz

Die ungestörte Überlagerung mehrerer Wellen von gleicher Frequenz wird als Interferenz bezeichnet.

Gangunterschied

Definition

Der Gangunterschied Δs zweier Wellen an einem Ort im Wellenfeld ist die Wegdifferenz $\Delta s = s_2 - s_1$ der Strecken s_1 und s_2 von diesem Ort zu den beiden Erregern E_1 und E_2 .

Interferenz Bedingungen

1. Verstärkung, konstruktive Interferenz

- Phasendifferenz

$$\Delta\varphi = n \cdot 2\pi$$

mit $n \in \mathbb{Z}$

- Gangunterschied

$$\Delta s = n \cdot \lambda$$

mit $n \in \mathbb{Z}$

2. Auslöschung, destruktive Interferenz

- Phasendifferenz

$$\Delta\varphi = (2n - 1) \cdot \pi$$

mit $n \in \mathbb{Z}$

- Gangunterschied

$$\Delta s = (2n - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

mit $n \in \mathbb{Z}$

Kohärenz

Definition

Wellen, die von Erregerzentren ausgehen, die eine konstante Phasendifferenz haben, heißen kohärent. Kohärenz ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Entstehung eines über längere Zeit beobachtbaren Interferenzphänomens.

Synchronität

Definition

Zwei Wellenquellen oder Schwingungen sind synchron, wenn sie gleichphasig schwingen.

Huygens'sches Prinzip

Jeder Punkt einer Wellenfront kann als Ausgangspunkt von Elementarwellen angesehen werden, die sich mit gleicher Phasengeschwindigkeit und gleicher

Frequenz wie die ursprüngliche Welle ausbreiten. Die Einhüllende aller Elementarwellen ergibt die neue Wellenfront.

Beugung

Das Eindringen von Wellen in den geometrischen Schattenraum hinter Hindernissen und Öffnungen wird als Beugung bezeichnet. Entscheidend für die Ausprägung der Beugungserscheinungen ist das Verhältnis der Größe der Hindernisse zur Wellenlänge.

Die Beugung ist besonders stark, wenn das Ausmaß des beugenden Hindernisses von gleicher Größenordnung ist wie die Wellenlänge oder kleiner.

Reflexionsgesetz der Wellen

Der Einfallswinkel α ist gleich dem Ausfallswinkel β :

$$\alpha = \beta$$

Brechungsgesetz von Wellen

Treten Wellen aus einem Medium in ein anderes, so besitzen die Wellennormalen der einfallenden und der gebrochenen Welle verschiedene Richtungen. Es gilt:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{v_{ph1}}{v_{ph2}} = \textit{konstant}$$

Siehe auch Wellenoptik.