

Zusammenfassung: Mechanische Wellen

I. Begriffe:

Entstehung: Wellen entstehen bei Ausbreitung einer durch einen Erreger verursachten Störung in einem System gekoppelter Schwingungsfähiger Teilchen.

Phasengeschwindigkeit c : Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Störung

Schnelle v : Geschwindigkeit der Schwingung eines Teilchens

Periode T : Dauer der Schwingung eines Teilchens

Wellenlänge λ : Kürzester Abstand zweier Teilchen, die gerade maximal ausgelenkt sind.

II. Wellengleichung:

Führt ein Erreger am Ort $x=0$ eine harmonische Schwingung durch: $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t)$,

wird das nächste Teilchen am Ort $x=Dx$ etwas später schwingen: $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t - \phi)$

und das dritte Teilchen am Ort $x=2Dx$ noch etwas später: $s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t - 2\phi)$

$$s(t; x) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t - kx) \quad ; \quad \phi = kx \quad ; \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

a) zeitliche Darstellung: x_0 ist bestimmt:

$$s(t) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t - kx_0) \quad T = \frac{2\pi}{\omega}; \text{ Amplitude } \hat{s}; \text{ Phasenverschiebung } \phi = kx_0 \text{ nach rechts}$$

b) räumliche Darstellung: t_0 ist bestimmt (Photo):

$$s(x) = \hat{s} \cdot \sin(\omega t_0 - kx) \quad \lambda = \frac{2\pi}{k}; \text{ Amplitude } \hat{s}; \text{ Phasenverschiebung } \phi = \omega t_0 \text{ nach rechts}$$

DB 133/A2-A4

Abi 93/1 a)b)

III. Reflexion:

	festes Ende	freies Ende
QUER	\Leftrightarrow Phasensprung ρ (Wellenberg \rightarrow Wellental) \Leftrightarrow kann nicht ausgelenkt werden (Punktspiegelung)	\Leftrightarrow kein Phasensprung (Wellenberg \rightarrow Wellenberg) \Leftrightarrow Ende = Erreger einer entgegenlaufenden Welle (Achsen Spiegelung)
LÄNGS	\Leftrightarrow Verdichtung \rightarrow Verdichtung \Leftrightarrow Phasensprung der Schnelle (dreht sich um)	\Leftrightarrow Verdichtung \rightarrow Verdünnung \Leftrightarrow kein Phasensprung der Schnelle (gleiche Richtung)

DB 143/A1

Abi 93/1c) ; 96/1b)c)

IV. Interferenz – Stehende Wellen

\rightarrow Superpositionsprinzip (Überlagerung) gilt auch für Wellen

a) Überlagerung gleichlaufender Wellen

k.I.: Phasenverschiebung = $0; 2\rho; 4\rho; \dots$ (in Phase)

Gangunterschied = $0; \lambda; 2\lambda; 3\lambda; \dots$

d.I.: Phasenverschiebung = $\rho; 3\rho; 5\rho; \dots$ (gegenphasig)

Gangunterschied = $\lambda/2; 3\lambda/2; 5\lambda/2; \dots$

b) Überlagerung entgegenlaufender Wellen

\Leftrightarrow Stehende Wellen

- ⇒ alle Teilchen in Phase
- ⇒ Schwingungsknoten (Druckbauch → laut)
- ⇒ Schwingungsbäuche (Druckknoten → leise)
- ⇒ Abstand zweier Knoten = $l/2$
- ⇒ Maximalauslenkung: in Ruhe → Spannungsenergie
- ⇒ Nulldurchgang: v_{\max} → Bewegungsenergie

c) Stehende Wellen durch Reflexion an einem Ende

festes Ende → Schwingungsknoten (Phasensprung π → Auslöschung)

freies Ende → Schwingungsbauch

d) Stehende Wellen durch Reflexion an zwei Enden

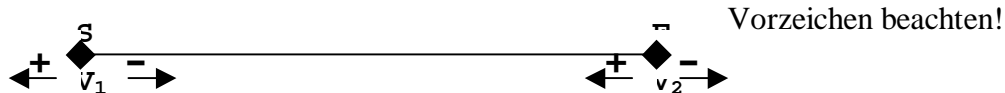
- ⇒ Interferenz unzähliger Wellen
- ⇒ Stehende Wellen als Sonderfall: bei den Eigenfrequenzen (hängen von der Länge des Wellenträgers ab) zu erkennen
- ⇒ für die k. Harmonische/ (k-1). Oberschwingung gilt:

	2 freie Enden	2 feste Enden	1 freies & 1 festes Ende
Bäuche	k+1	k	k
Knoten	k	k+1	k
	$l = k \frac{\lambda}{2} \Rightarrow f_k = \frac{c}{\lambda} = k \frac{c}{2l}$ $f_{k+1} - f_k = f_1$		$l = (2k-1) \frac{\lambda}{4} \Rightarrow f_k = (2k-1) \frac{c}{4l}$ $f_{k+1} - f_k = 2f_1$

DB 143/A2, A3; 145/A1-A3; 151/A1, A2

Abi 91/1a)b); 93/1d); 96/1a)c); 97/1d); 98/1a)b); 99/1a)b); 00/1d)

V. Dopplereffekt:



1) bewegter Sender, ruhender Empfänger ($v_2=0$)

$$f' = \frac{c}{\lambda'} = \frac{c}{\lambda_0(1 + \frac{v_1}{c})} = f_0 \frac{1}{(1 + \frac{v_1}{c})}$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f}$$

2) bewegter Empfänger, ruhender Sender ($v_1=0$)

$$f' = \frac{c'}{\lambda_0} = \frac{c + v_2}{\lambda_0} = f_0 + \frac{v_2}{\lambda_0} = f_0(1 + \frac{v_2}{c})$$

$$v < c!$$

3) bewegter Empfänger, bewegter Sender

$$f' = \frac{c'}{\lambda'} = \frac{c + v_2}{\lambda_0(1 + \frac{v_1}{c})}$$

A: $v_1 < 0$
 $v_2 > 0$ *aufeinander zu $f' > f_0$*

C: $v_1 < 0$
 $v_2 < 0$ *beide nach "rechts" $f' > f_0$*

B: $v_1 > 0$
 $v_2 < 0$ *voneinander weg $f' < f_0$*

D: $v_1 > 0$
 $v_2 > 0$ *beide nach "links" $f' < f_0$*

Sonderfälle:

a) $v_1 = c$

Es türmen sich Schallwellen bei S auf (Schallmauer)

$$\Rightarrow s = vt = cT$$

$$\Rightarrow \lambda' = \lambda_0 - s = 0 \Rightarrow \text{KNALL!}$$

b) $v > c$

Der Sender überholt seine eigenen Wellen: Durchbruch der Schallmauer und Weglaufen von seinen Wellenfronten → Machscher Kegel hinter sich her, an dem man den Knall hört:

$$\text{Öffnungswinkel: } \sin \alpha = \frac{3cT}{3vT} = \frac{c}{v}$$

DB 155/A1, A2

Abi 91/1c); 93/2c); 97/1c); 98/1c); 00/1c)

Verfasst von: Stephan Schmidle

www.rudolf-web.de