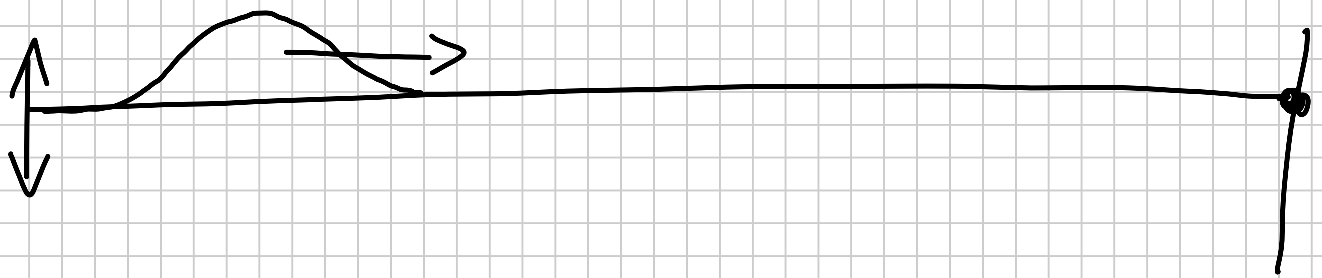
Notiztitel

01.06.2017

§ 3 Wellen

Seil:



breitet sich entlang des Seils aus
(einmalige Welle)

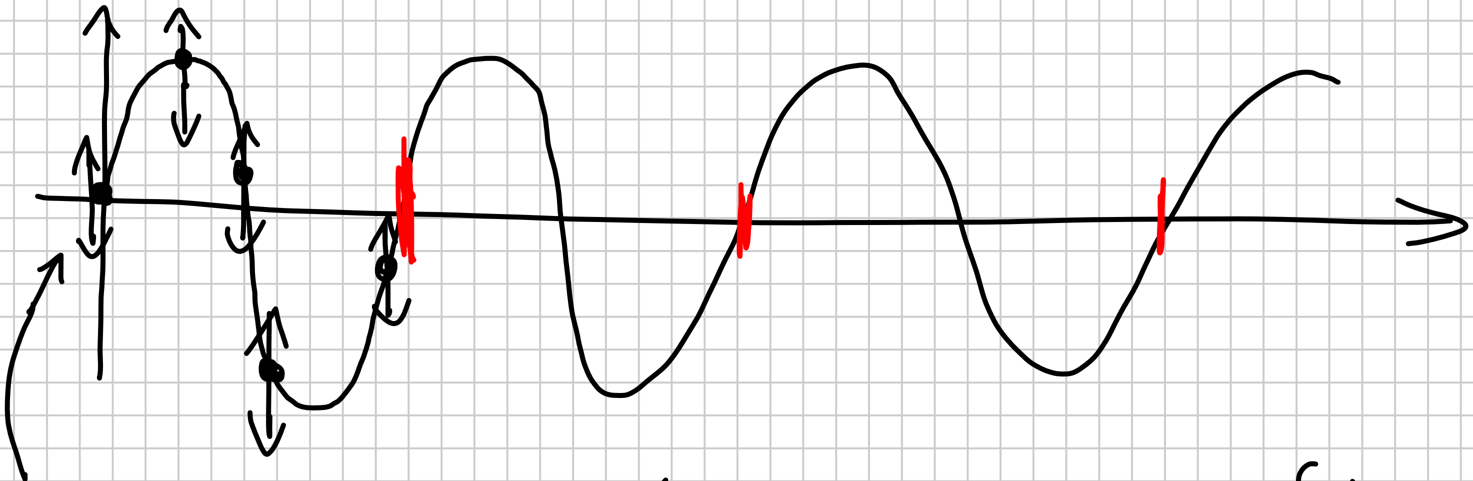
Kontinuierliches Ausschlagen
→ kontinuierlichen Ausbreitung einer Welle

Störung senkrecht zum Wellenträger
→ „transversale Welle"

Störung parallel zum Wellenträger

$\longrightarrow$ „longitudinale Welle"

Betrachtung zu einem Zeitpunkt
(kont. Welle):



harmonische Schwingung $\longrightarrow$ Sinuskurve

an jedem Ort wird eine harmonische
Schwingung ausgeführt

an einem konkreten Ort des Wellenträgers:

zeitliche Schwingung

<u>also:</u> $y(x) = \sin \ldots$

$y(t) = \sin \ldots$

$$y = \dot{y}(x,t) = y_m \cdot \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

Anfangsphase

Amplitude

Kreisfrequenz

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

Wellenzahl

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$

Wellenlänge

„Welle ist eine gleichzeitig zeitliche und räumliche Schwingung"

Wellengeschwindigkeit:

Die Störung legt den Weg λ in der Zeit T zurück:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda \cdot 2\pi}{T \cdot 2\pi} = \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{T}$$

$$= \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{1}{\frac{T}{2\pi}}$$

$$= \frac{1}{\frac{2\pi}{\lambda}} \cdot \frac{2\pi}{T}$$

$$= \frac{1}{k} \cdot \omega$$

$$\boxed{v = \frac{\omega}{k} = \lambda \cdot f}$$

<u>Bsp.:</u> Seilwelle

$$y(x,t) = 0{,}00327\,m \cdot \sin\left(72{,}1\,m^{-1} \cdot x - 2{,}72\,s^{-1} \cdot t\right)$$

a) Amplitude: $y_m = 0{,}00327\,m = 3{,}27\,mm$

b) Wellenlänge: $k = 72{,}1\,m^{-1}$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{72{,}1\,m^{-1}} = 0{,}0871\,m$$
$$= 8{,}71\,cm$$

c) Periodendauer: $\omega = 2{,}72\,s^{-1}$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2{,}72\,s^{-1}} = 2{,}31\,s$$

d) Frequenz: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}31\,s} = 0{,}433\,Hz$

e) Ausbreitungsgeschwindigkeit:

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{2{,}72\,s^{-1}}{72{,}1\,m^{-1}} = 0{,}0377\,m/s$$

$= 3{,}77\ \text{cm/s}$

f) Welche Auslenkung hat das Seil bei $x = 22{,}5\ \text{cm}$ und $t = 18{,}9\ \text{s}$?

$$y = 0{,}00327\,\text{m} \cdot \sin\left(72{,}1\,\text{m}^{-1} \cdot 0{,}225\,\text{m} - 2{,}72\,\text{s}^{-1} \cdot 18{,}9\,\text{s}\right)$$

$$= 0{,}00192\,\text{m} = 1{,}92\,\text{mm}$$

Was wird bei einer Welle transportiert?

keine Materie, sondern Energie!

(kinetische Energie bzw. pot. Energie)

Was machen mehrere Wellen gleichzeitig?

$\Rightarrow$ Superpositionsgesetz

ungestörte Überlagerung

alg. Summe

$$y_1(x,t) = y_m \cdot \sin(kx - \omega t + \cancel{\varphi})$$

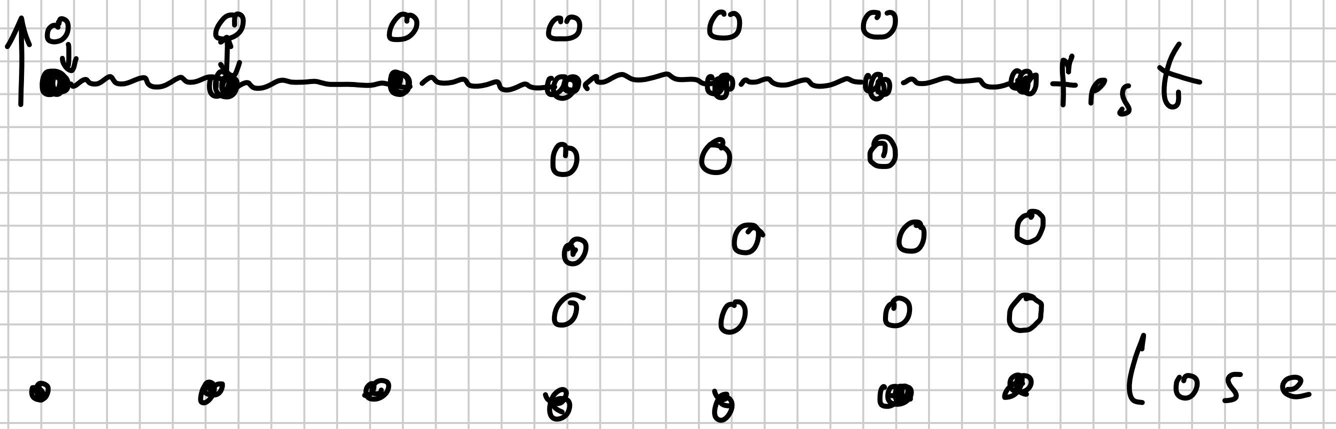
$$y_2(x,t) = y_m \cdot \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

$$\text{.....} \overset{\text{Math.}}{\Longrightarrow} y_{ges}(x,t) = \left[2 y_m \cos \tfrac{1}{2}\varphi\right] \cdot \sin\left(kx - \omega t + \tfrac{1}{2}\varphi\right)$$

Wellen überlagern sich zu einer neuen Gesamtwelle $\longrightarrow$ „Interferenz"

$\varphi = 0$: Amplitude von y_{ges} ist $2 y_m$ konstruktive Interferenz

$\varphi = 180°$: Amplitude von y_{ges} ist 0 destruktive Interferenz

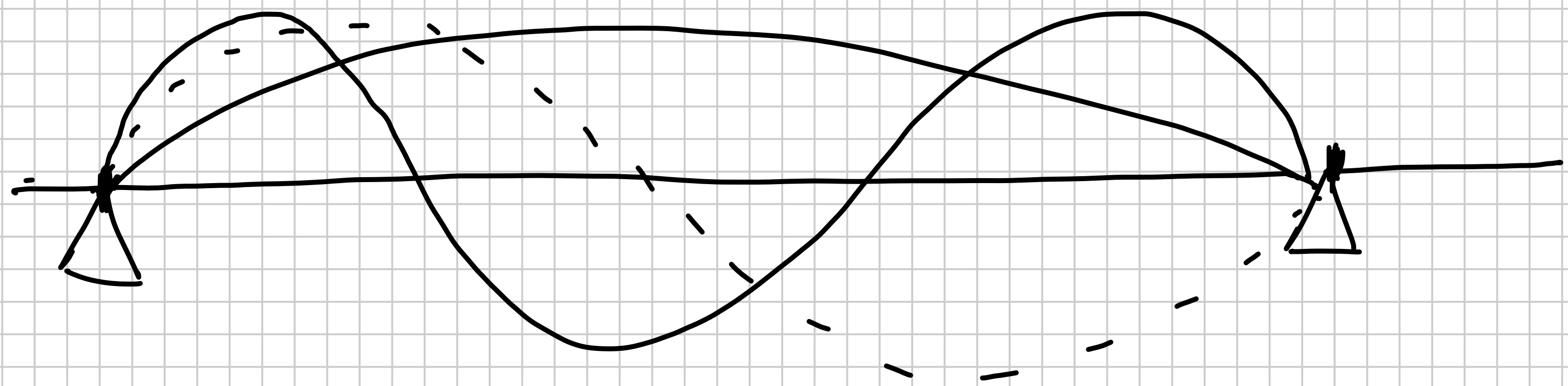


Bei der Reflexion einer Welle am Ende eines Wellenträgers ist von Bedeutung, ob das Ende fest oder lose ist.

loses Ende: Schwingung wird fortgesetzt
(Trägheit d. letzten Schwingers)

festes Ende: Schwingung wird invertiert!

$\Rightarrow$ Akustik: „stehende Welle"



$L = n \cdot$ Bäuche

$= n \cdot \frac{\lambda}{2} \iff \boxed{\lambda = \frac{2L}{n}}$

$n = 1$: $\lambda = 2L$ $\leftarrow$ Grundschwingung

$n = 2$: $\lambda = L$ $\leftarrow$ 1. Oberschwingung

$n = 3$: $\lambda = \frac{2}{3}L$ $\leftarrow$ 2. Oberschwingung

<u>Bsp.:</u> Orgelpfeife

1 loses und 1 festes Ende

halber Bauch

$\hat{=} \frac{1}{4}$ Welle

oder $\frac{3}{2}$ halbe Bäuche

$\hat{=} \frac{3}{4}$ Welle

$$\boxed{L = n \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{1}{4}\lambda} \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

$$v = \lambda \cdot f \quad \Rightarrow \quad f = \frac{v}{\lambda}$$

$\leftarrow$ Schallgeschwindigkeit bei Luftsäule