

1.5. ÜBERLAGERUNG VON SCHWINGUNGEN UND WELLEN

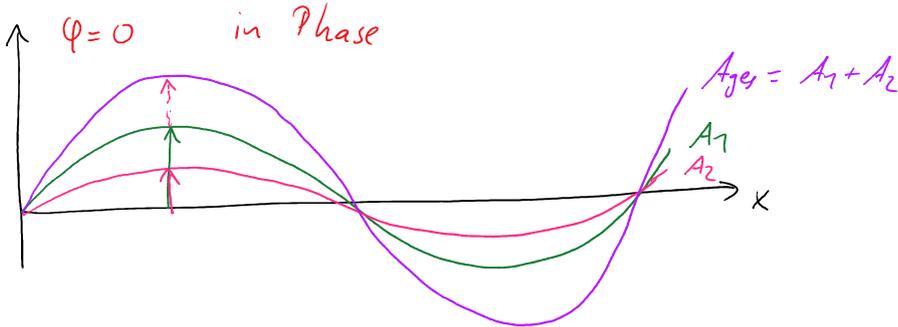
Superpositionsprinzip: Auslenkungen addieren sich

$$A(x,t) = A_1(x,t) + A_2(x,t) + \dots$$

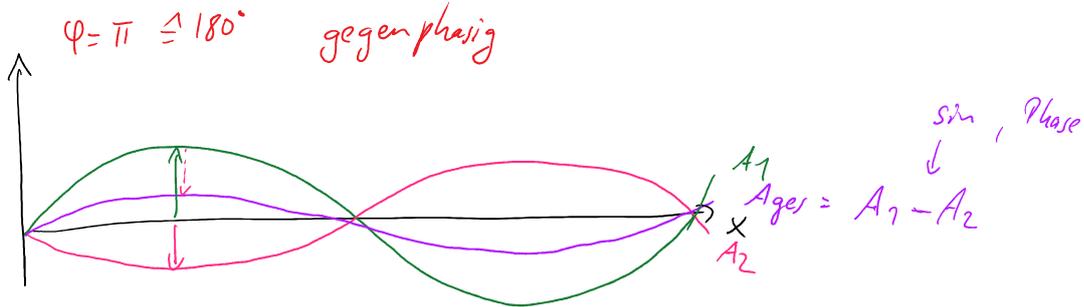
Beispiel: Wellen mit gleicher Wellenzahl k bzw. Kreisfrequenz ω

$$A_{\text{Ges}}(x,t) = A_1 \sin(kx - \omega t) + A_2 \sin(kx - \omega t + \varphi)$$

φ Phase



⇒ konstruktive Interferenz

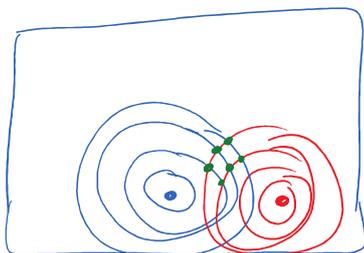


⇒ destruktive Interferenz

z.B. noise-cancelling earphones

Interferenz von Wasserwellen

Video Wellenwanne



Interferenz bei Teilchen!
Welle-Teilchen-Dualismus

↑ ↑
2 Tupper

Schwebung: 2 (Schall)wellen mit (leicht) unterschiedlichen Frequenzen

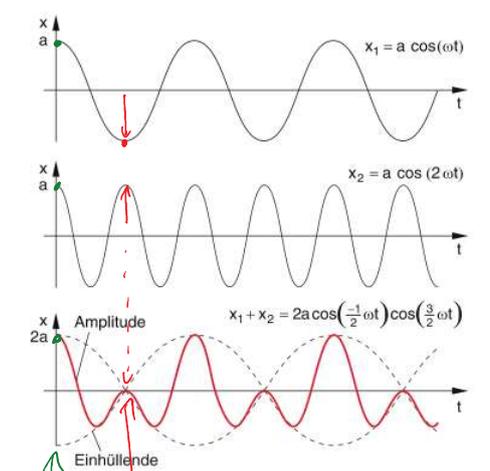


Abbildung 11.7 Eindimensionale Überlagerung zweier Schwingungen unterschiedlicher Frequenz

destruktive Interferenz
konstruktive Interferenz

↳ abwechselnd konstruktive und destruktive Interferenz

↳ Einhüllende macht Lautstärke-Schwebung

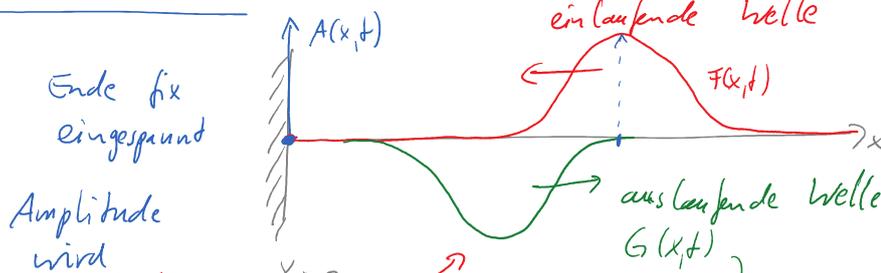
$$\omega_{\text{Schwebung}} = (\omega_1 - \omega_2) / 2$$

1.6. REFLEXIONEN VON WELLEN

Wellen werden an Grenzflächen reflektiert
 ↑
 Medium ändert sich
 ↑
 Änderung der Laufrichtung
 Echo, Spiegel
 Echolot, Radar, Seismologie
 ↓
 Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle
 z.B. Dicke

Video

feste Seilende:



Ende fix eingespannt

Amplitude wird...

Amplitude wird invertiert
(Phasensprung)

$x=0$

auslaufende Welle $G(x,t)$

Mathematische Beschreibung

- einlaufende Welle $F(x,t) = A_f \sin(-kx - \omega t)$
- auslaufende Welle $G(x,t) = A_g \sin(+kx - \omega t)$

Laufrichtung $\begin{cases} \uparrow \text{v. rechts n. links} \\ \downarrow \text{v. links n. rechts} \end{cases}$

$k, \omega = \text{const.}$
gleiches Medium

- Feder fixiert bei $x=0$

$$A(\underline{x=0}, \underline{t}) = \underline{0}$$

eingepinnt $\hat{=}$ Auslenkung ist hier immer = 0

- Superpositionsprinzip bei $x=0$

$$A(x=0, t) = F(x=0, t) + G(x=0, t) \\ = A_f \sin(-\omega t) + A_g \sin(-\omega t) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Leftrightarrow \underline{A_f = -A_g}$$

$\hat{=}$ Welle wird invertiert

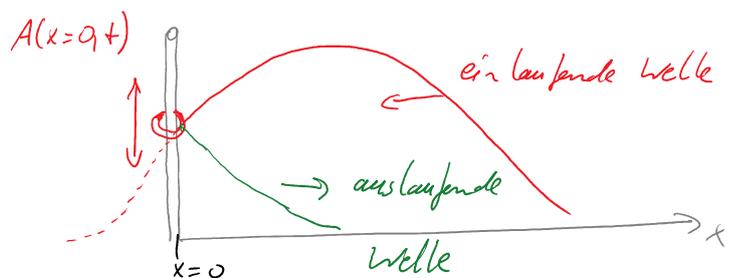
$\hat{=}$ Phasensprung um π am fixen Ende

offenes Seilende

$$A(x=0, t) \neq 0$$

kein Phasensprung

Überlagerung v. ein- & auslaufende Welle



1.7 STEHENDE WELLEN

1.7 STEHENDE WELLEN

räumlich begrenzte Welle \Rightarrow Reflexionen an beiden Enden

\Rightarrow stehende Wellen für bestimmte Frequenzen

↓
ortsfest

Gitarre, Geige, Klavier \rightarrow schwingende Saite

Flöte, Orgel \rightarrow schwingende Luftsäule

Stehende Welle auf Seil (Gummiband, Saite)

Phasensprung am Ende

$$A(x,t) = A_f \sin(-kx - \omega t) + A_g \sin(+kx - \omega t)$$

beide Enden fest

$$A(0,t) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\hookrightarrow A_f = -A_g = A_0$$

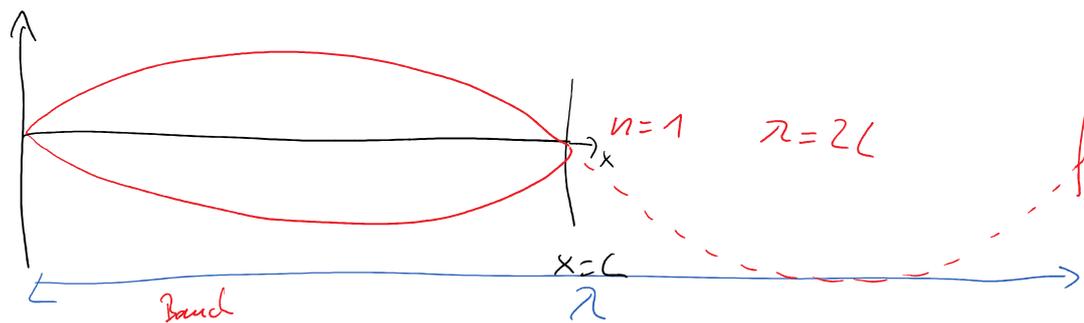
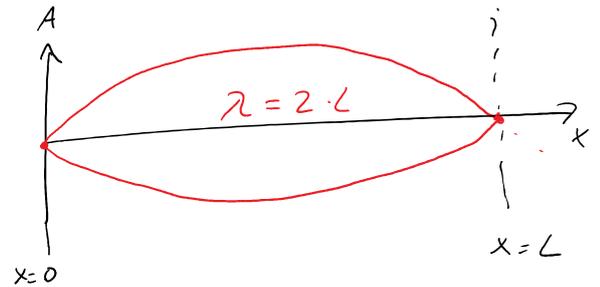
$$A(L,t) \stackrel{!}{=} 0$$

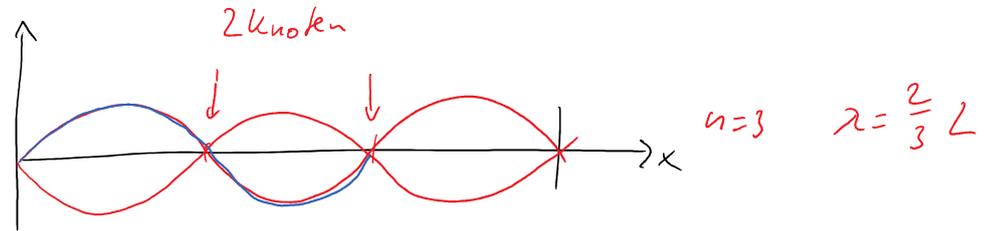
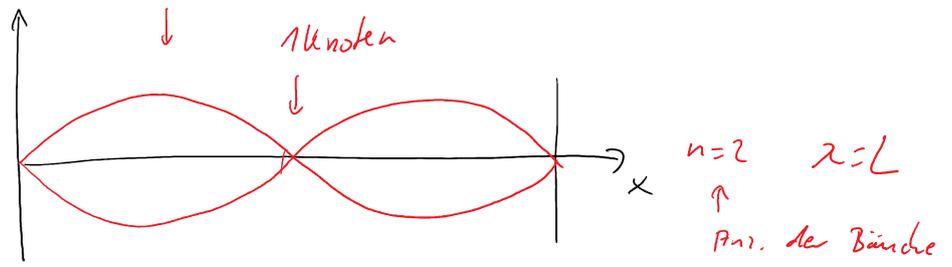
$$\hookrightarrow A_0 \sin(-\underline{k \cdot L} - \omega t) - A_0 \sin(+\underline{kL} - \omega t) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\text{erfüllt für } \underline{k \cdot L} = n \cdot \pi$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot L = n \cdot \pi$$

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad n = \{1, 2, 3, \dots\}$$





$\lambda = \frac{2}{3}L$

Video

Flammenrohr : "Orgelpfeife"

