

Schwingungen und Wellen

Schwingung ^{Bew.} periodisch, zwischen zwei Umkehrpunkten, um die Ruhelage (= Gleichgewichtslage)

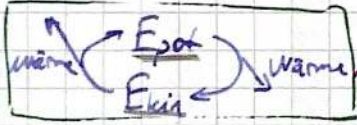
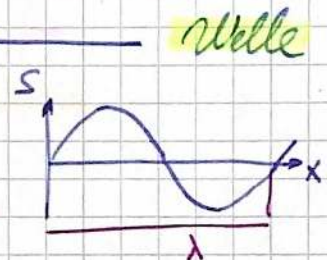
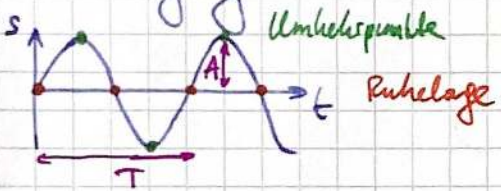
Welle: Übertragung einer Schwingung in einem Medium, in dem Stippen eines Oszillators nacheinander von allen anderen Oszillatoren ausgeführt werden → unendlich lange Oszillatorkette

Periodendauer / Schw.-dauer T - Zeit für eine Swg. hin- und her ("einmal komplett durch")

Amplitude A - Abstand Ruhelage - Umkehrpunkt **Frequenz $f = \frac{1}{T} \text{ Hz}$**

Wellenlänge λ - Weg, den die Welle passiert, während ein Oszillator eine Swg. ausführt

Auslenkung s
Phase φ
Schwingung



Energie - Energie wird weitergegeben

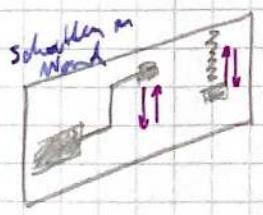
Start - einmalige externe Auslenkung → Kontinuierliche Anregung des ersten Oszillators

Endzustand - Ruhelage

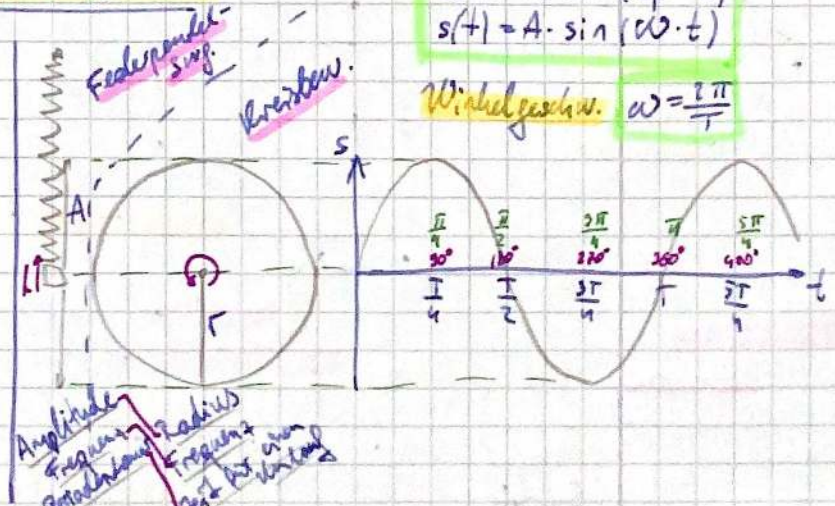
gedämpft (Amplitude nimmt ab) → **gedämpft** (Amplitude nimmt mit jedem Oszillator ab)

ungedämpft (Amplitude konstant) → **ungedämpft**

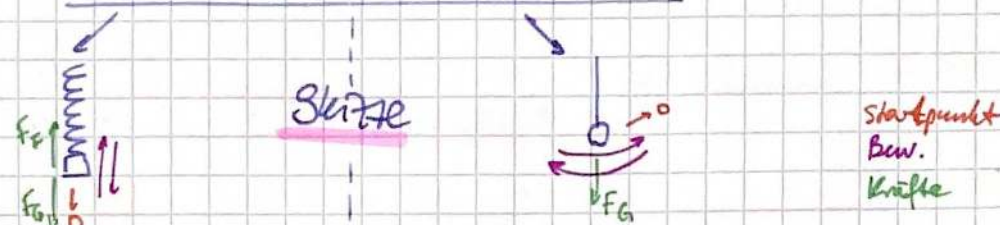
Analogie zum Motor



BRUNNEN Motor



Feder- und Fadenpendel



periodische Bewegung einer Masse zwischen zwei Umkehrpunkten um die Ruhelage

Rechtwinklige Kraft = Rückstellkraft

$F_R = -D \cdot s$

$m \cdot a = -D \cdot s$

$m \cdot \ddot{s}(t) = -D \cdot s(t)$

$m \cdot (-s_0 \cdot \sin(\omega t)) \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = -D \cdot (s_0 \cdot \sin(\omega t))$

$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{D}{m}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$

Betrachtung wirkender Kräfte

Lineares Kraftgesetz

$F_R = F_G \cdot \sin \alpha$

$F_R = -F_G \cdot \frac{s}{l}$

$m \cdot a = -(m \cdot g) \cdot \frac{s}{l}$

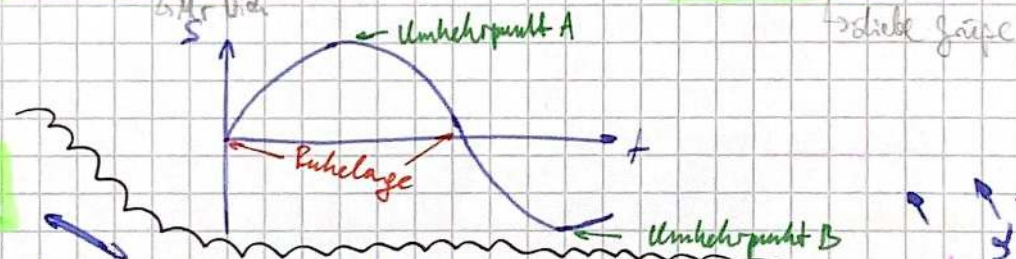
$m \cdot \ddot{s}(t) = -(m \cdot g) \cdot \frac{s(t)}{l}$

$m \cdot (-s_0 \cdot \sin(\omega t)) \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = -m \cdot g \cdot \frac{s_0 \cdot \sin(\omega t)}{l}$

$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{l}$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

Formel für T

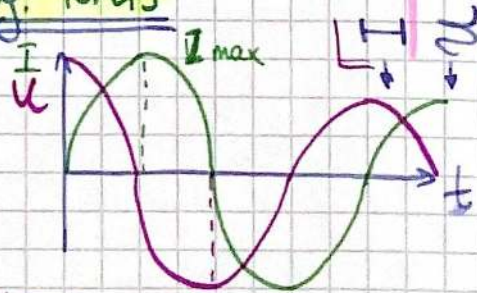
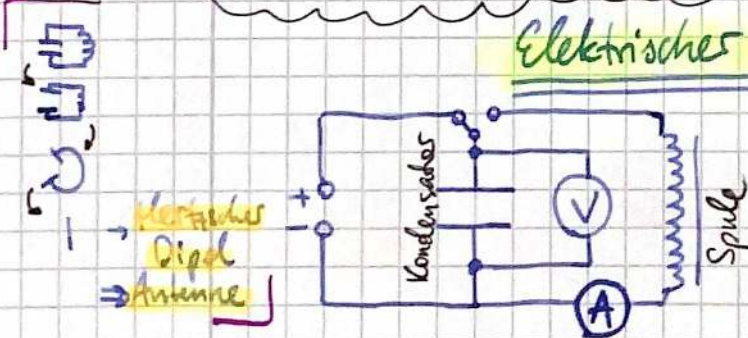


Swg. ist harmonisch (Sinusformel)

lineares Kraftgesetz / Hookesches Gesetz

"Rückstellkraft proportional zur Auslenkung"

Elektrischer Swg.-Kreis



$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$ Thomson'sche Gleichung

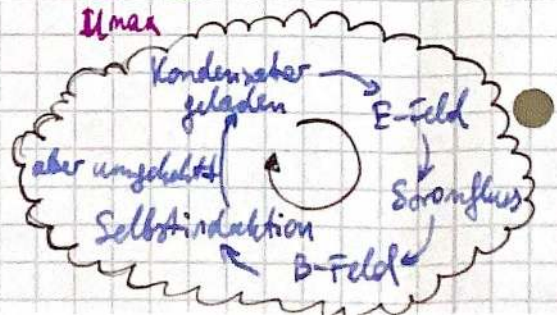
↑ Kapazität Kondensator

↑ Induktivität Spule

Resonanz auch möglich

$W_{max} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_{max}^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{max}^2$

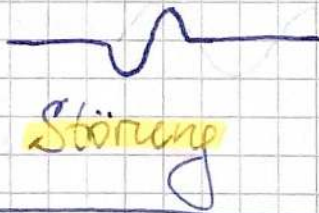
Energie



Wellen

Welle: sich räumlich ausbreitende Schwingung

Oszillatoren: einzelne Träger übertragung der Schwingung (Energie) durch Kopplung untereinander



Störung



Wellenzug



Welle

c = Ausbreitungsgsw. - const.

v = Gsw. der Oszillatoren / Schnelle - ändert sich festlaufend

T = Periodendauer

f = Frequenz

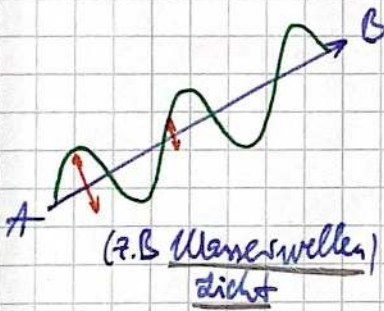
λ = Wellenlänge

$$f = \frac{1}{T}$$

$$c = \lambda \cdot f$$

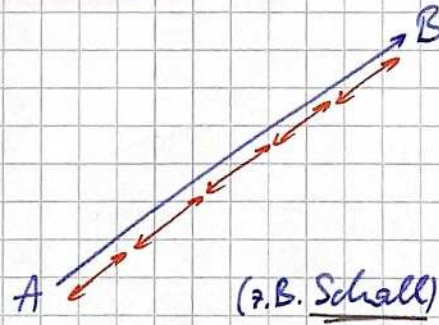
transversal

longitudinal



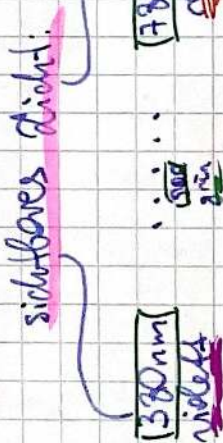
(z.B. Wasserwellen) dicht

Swg \perp Ausbreitung
polarisierbar

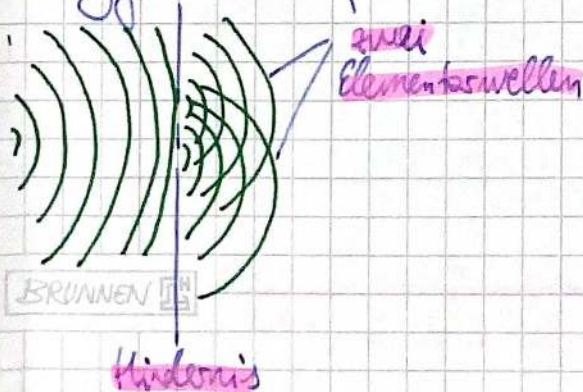


(z.B. Schall)

Swg \parallel Ausbreitung
nicht polarisierbar



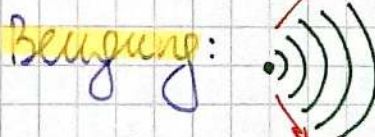
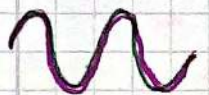
Huygens-Prinzip



kohärent: const. Phasenbeziehung

monochromatisch: einfarbig

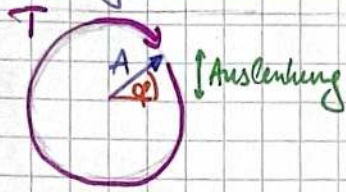
in Phase / phasengleich:



Reflexion $\left\{ \begin{array}{l} \text{festes Ende} \rightarrow \text{mit Phasensprung} \\ \text{lockeres Ende} \rightarrow \text{ohne Phasensprung} \end{array} \right.$

Wellen: Sinuskurven und Zeigermodell

Zeigermodell (Feynman)

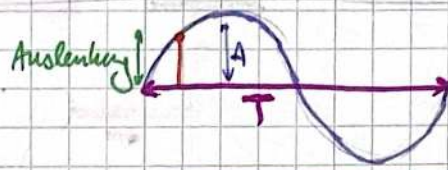


$$s(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \rightarrow \text{Winkelgeschw.}$$

$$\varphi(t) = \omega \cdot t \rightarrow \text{Phasenwinkel}$$

Sinuskurven (Huygens)



$$s(t, x) = A \cdot \sin\left(2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$$

Auslenkung
mit

Amplitude
Gleich-
gewichtslage

Swg-Dauer

Wellenlänge

Die Wellen-
gleichung

Ort

Zeigerlänge

Position/Winkel

Zeiger grafisch
addieren

Amplitude

Phase der Sinuskurve

Auslenkungen beider
Wellen an einem Ort
addieren

Amplitude

Phase

Addition zweier
Wellen

→ Damit stellen wir den Verlauf der Swg eines Oszillators dar

Resonanz

Anregung eines Oszillators mit seiner Resonanzfrequenz (Eigenfrequenz)

→ immer steigende Amplitude

→ stabiler Zustand mit const. Amplitude

Resonanzkatastrophe oder → heisst

} je nach Verlusten