

Schwingungen und Wellen

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

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

Periodendauer /

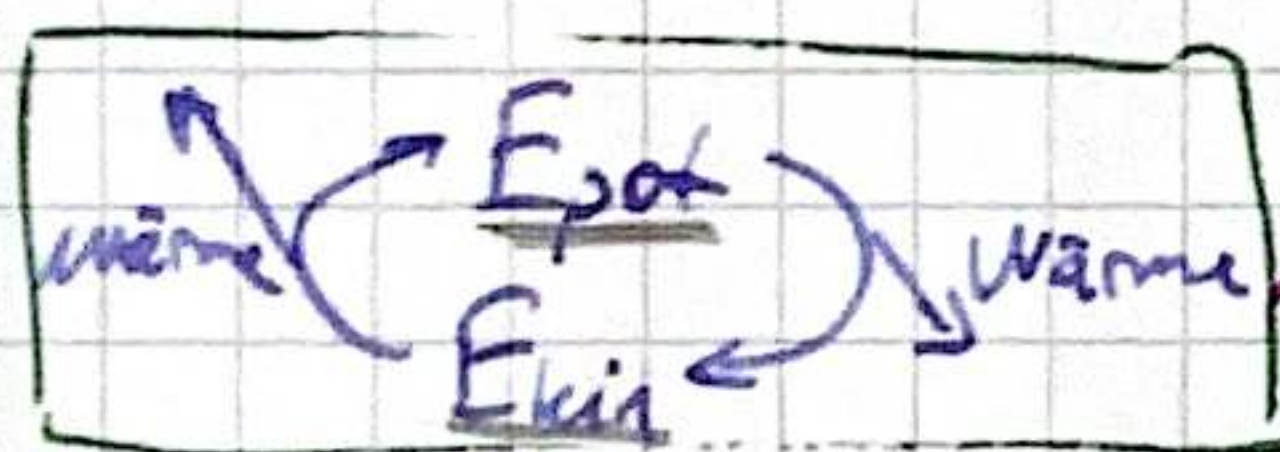
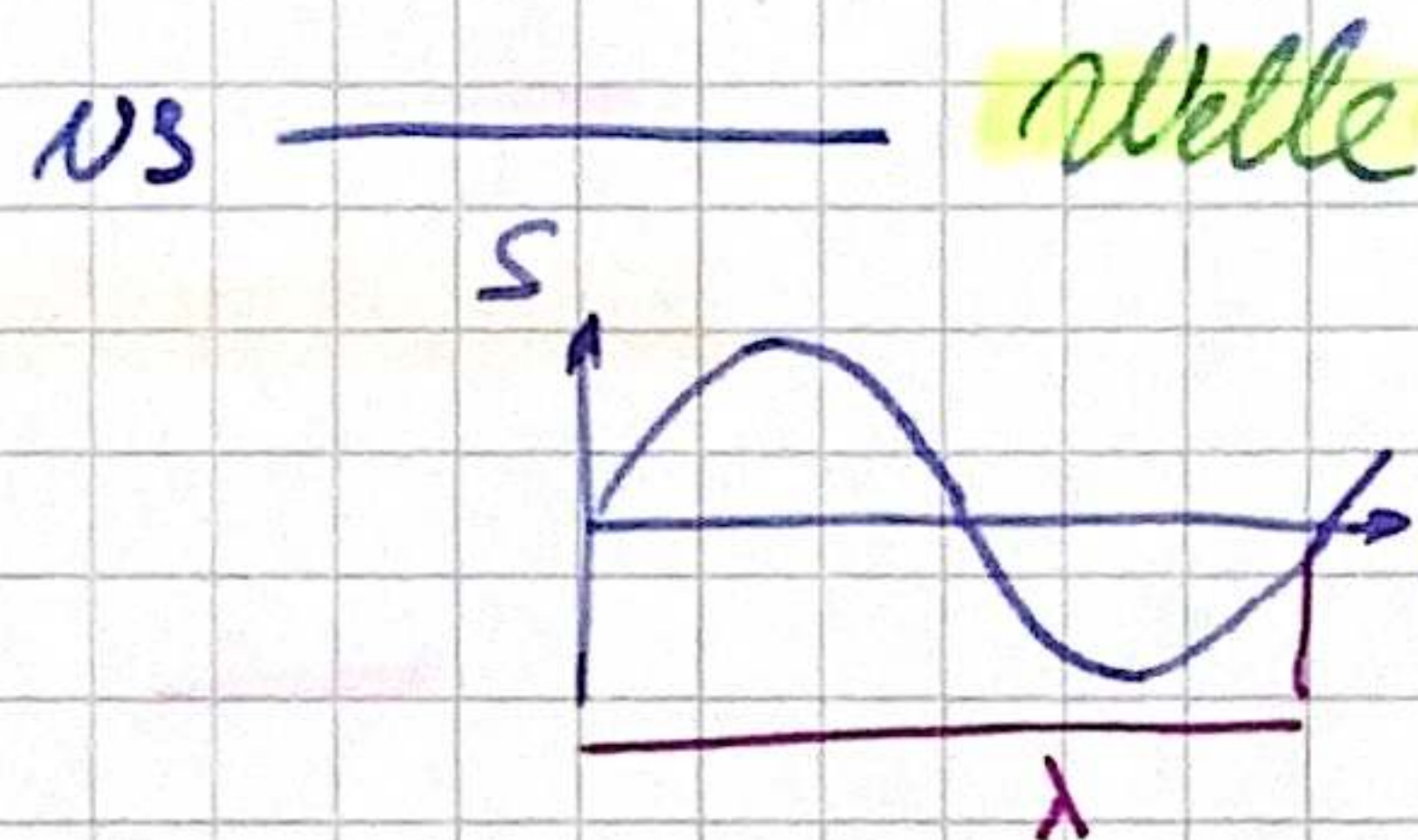
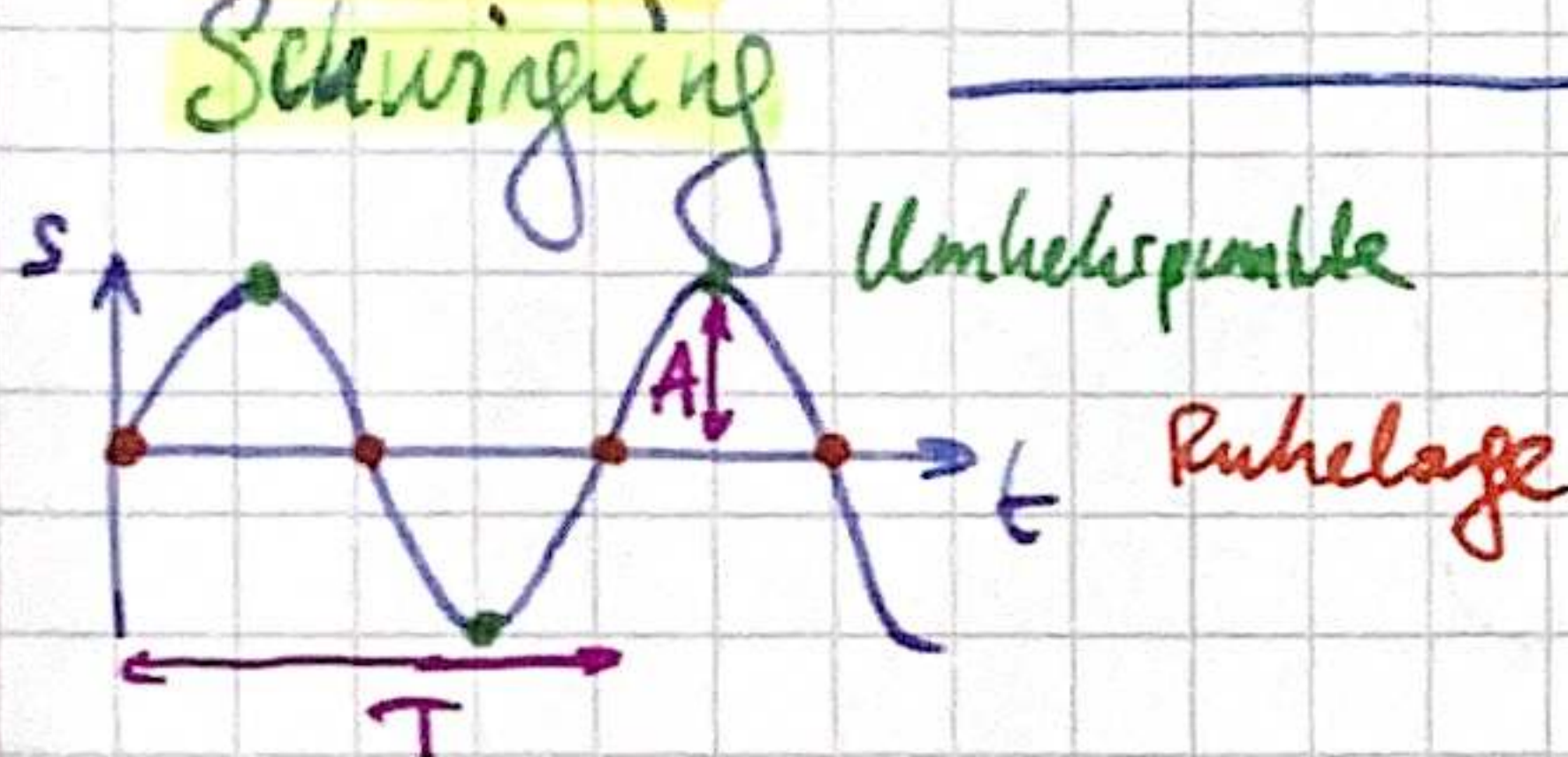
Swg.-dauer T - Zeit für eine Swg. hin- und her ("einmal komplett durch")

Amplitude A - Abstand Ruhelage - Umkehrpunkt

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

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

Auslenkungsphase ϕ Schwingung



Energie

Energie wird weitergegeben

Start

einzmalige externe Auslenkung

Kontinuierliche Anregung des ersten Oszillators

Endzustand

Ruhelage

Gedämpft

(Amplitude nimmt ab)

gedämpft

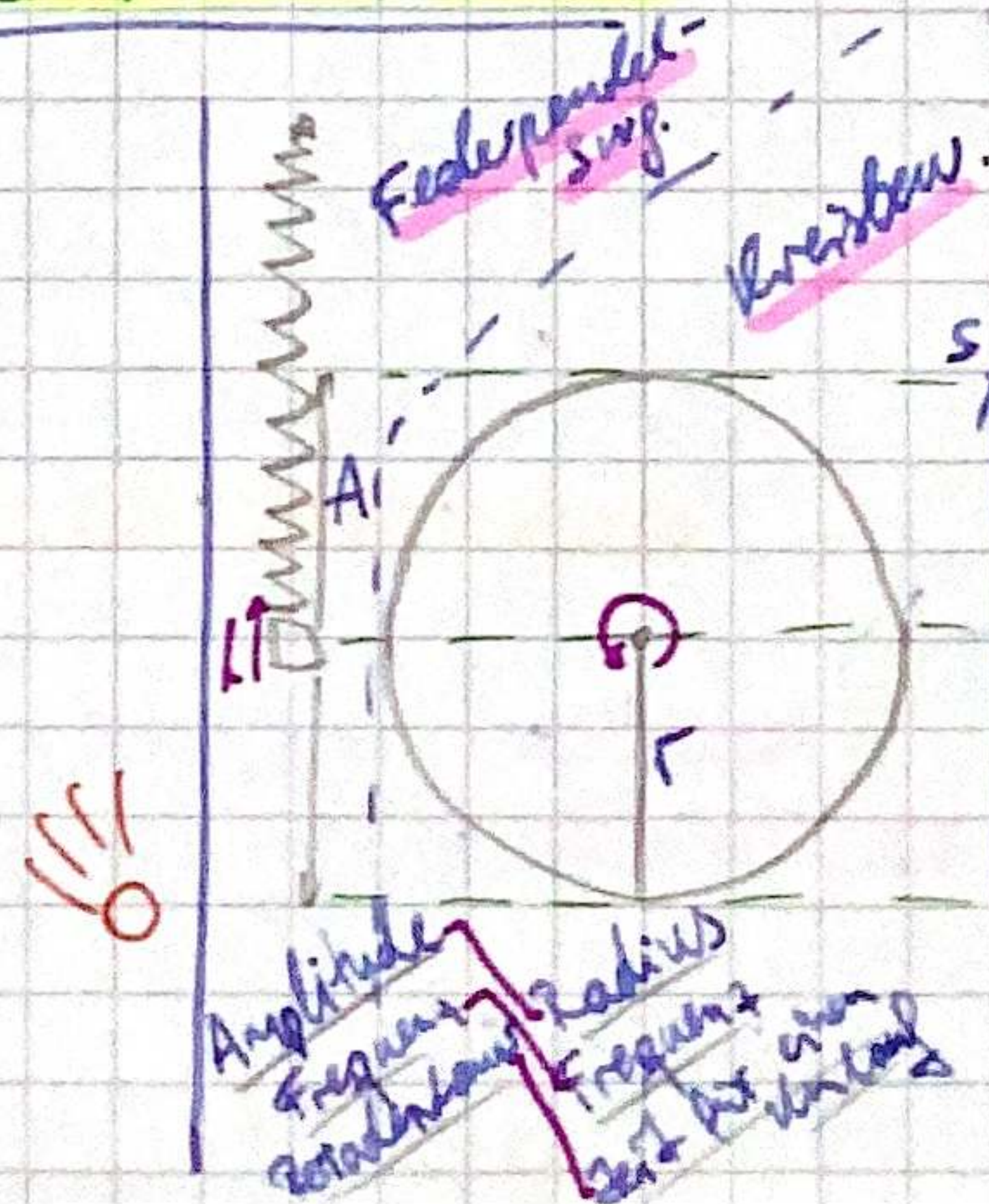
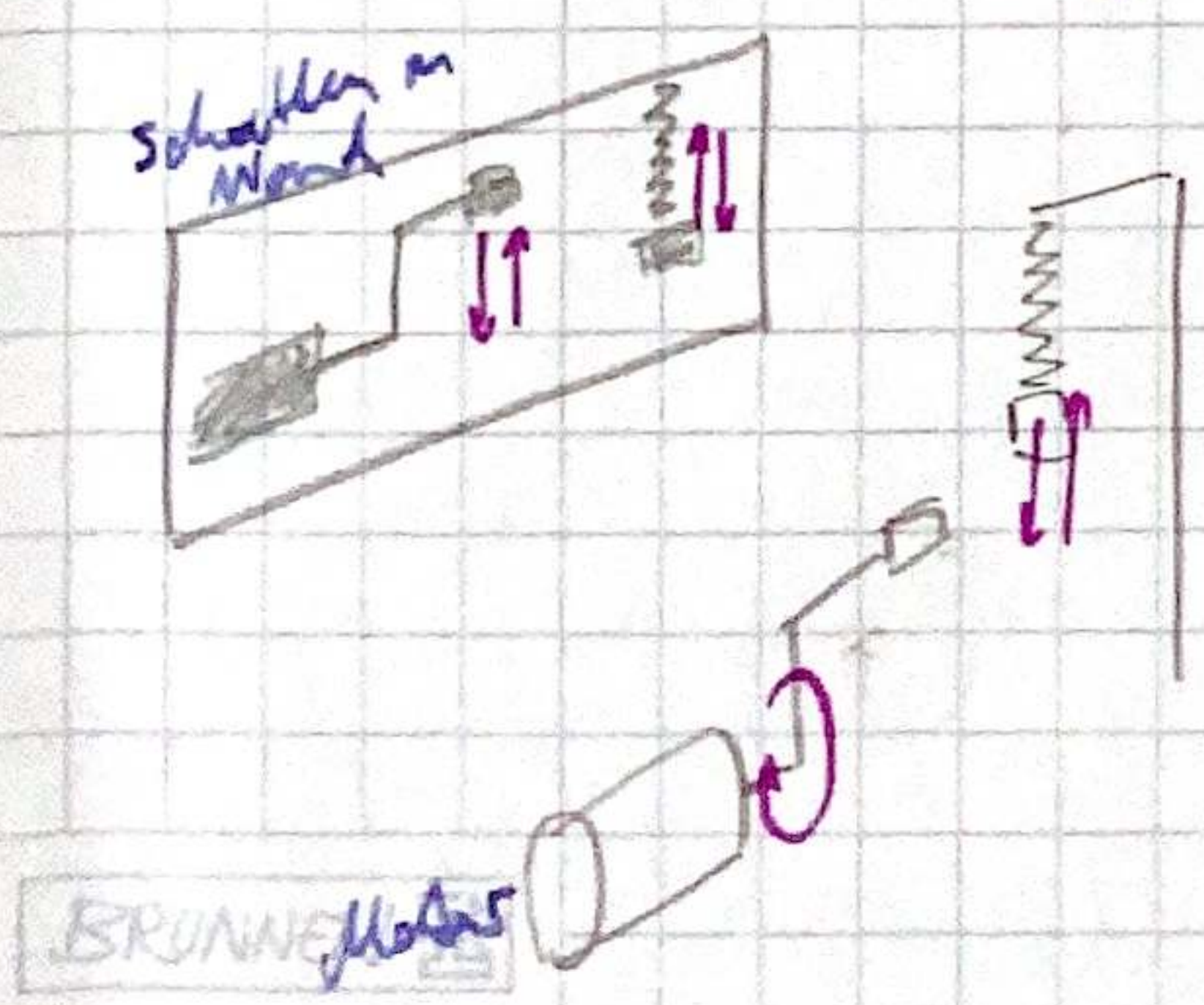
(Amplitude nimmt mit jedem Oszillator ab)

Ungedämpft

(Amplitude konstant)

ungedämpft

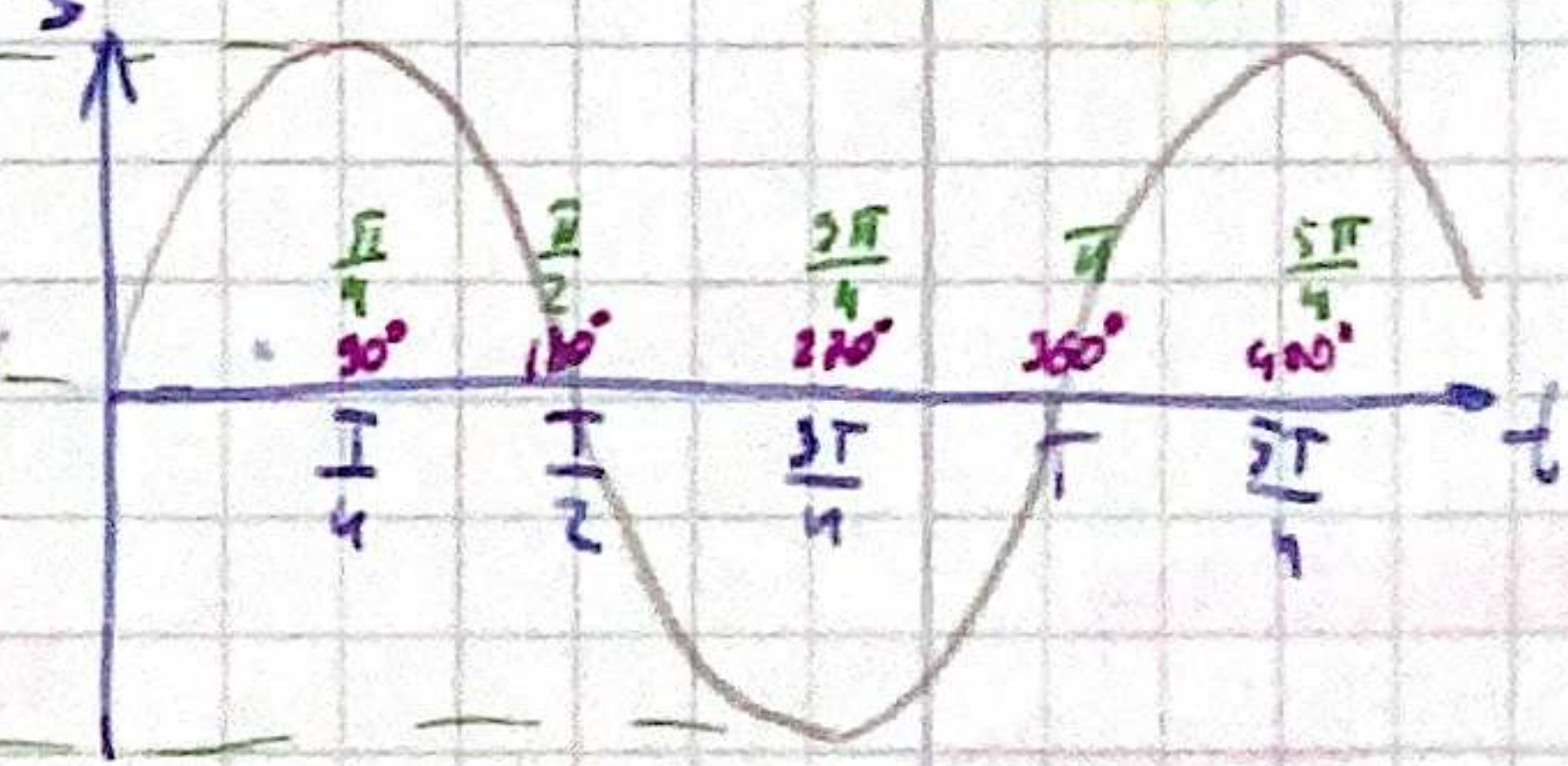
Analogie zum Motor



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

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

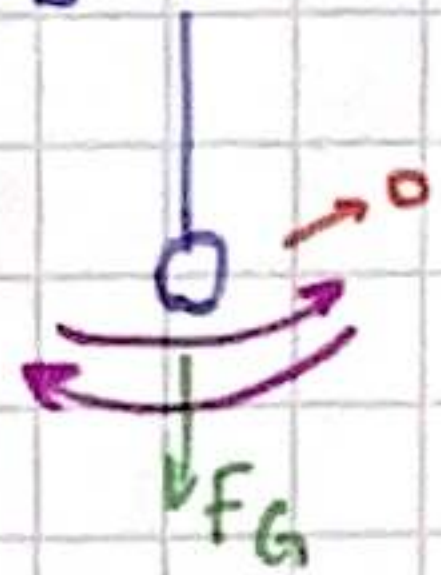
Winkelgeschw. $\omega = \frac{2\pi}{T}$



Feder- und Fadenpendel

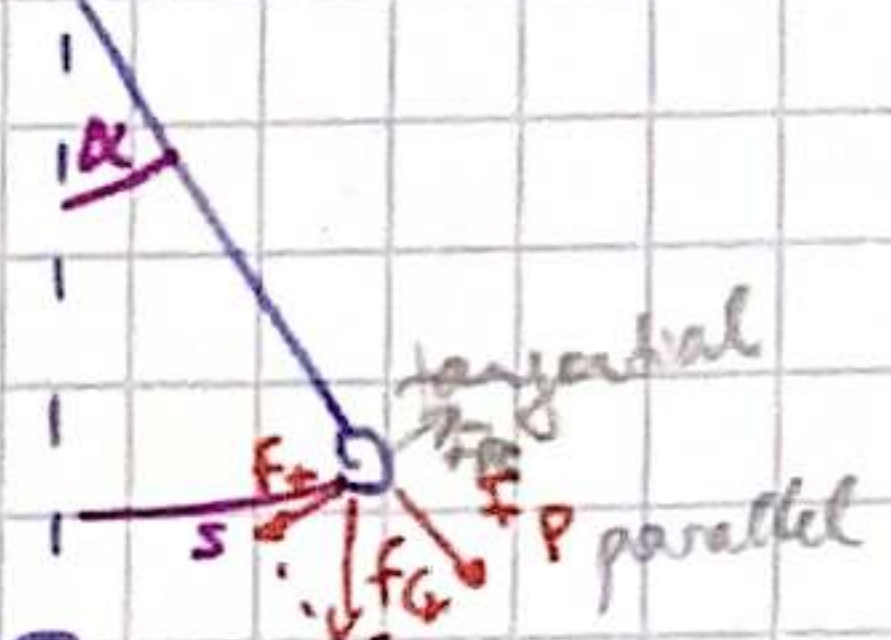
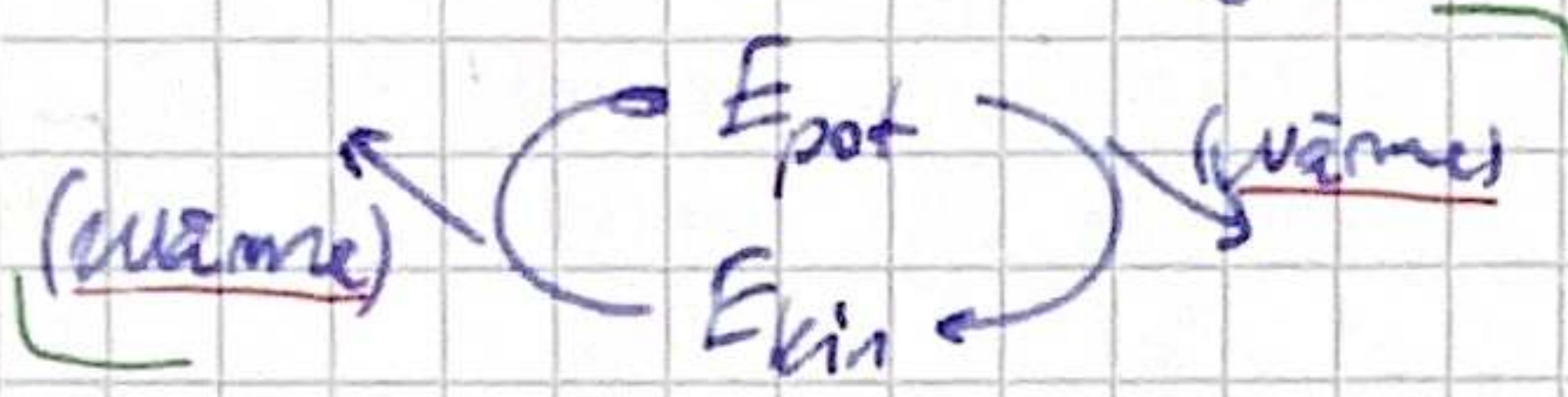
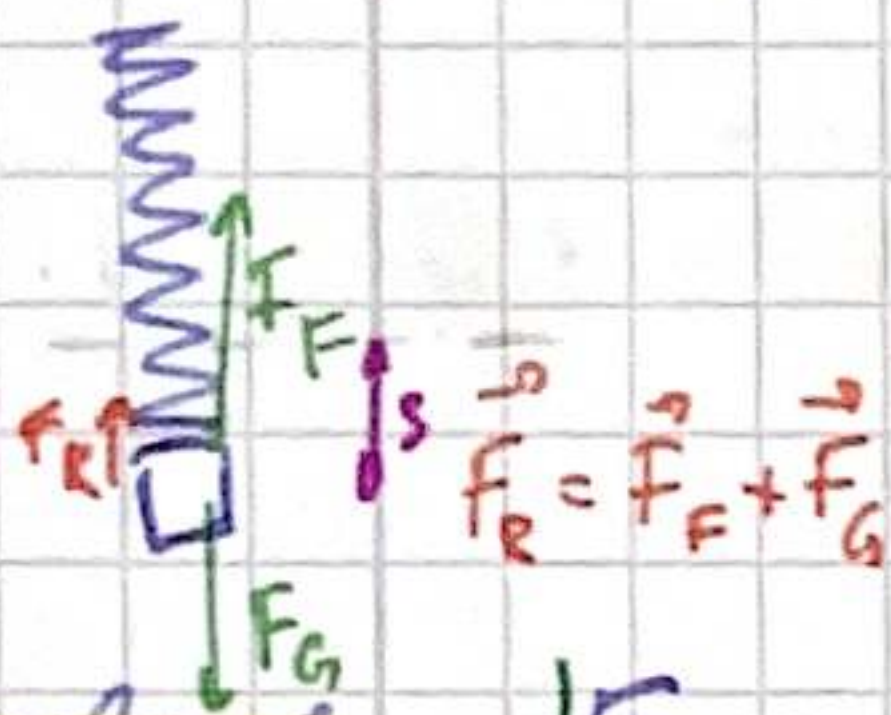


Skizze



Startpunkt
Bew.
Kräfte

periodische Bewegung einer Masse zwischen zwei Umkehrpunkten um die Ruhelage



Rücktreibende Kraft
= Rückstellkraft

$$F_R = -D \cdot s$$

Betrachtung wirkender Kräfte

lineares Kraftgesetz

$$F_R = F_G \cdot \sin \alpha$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

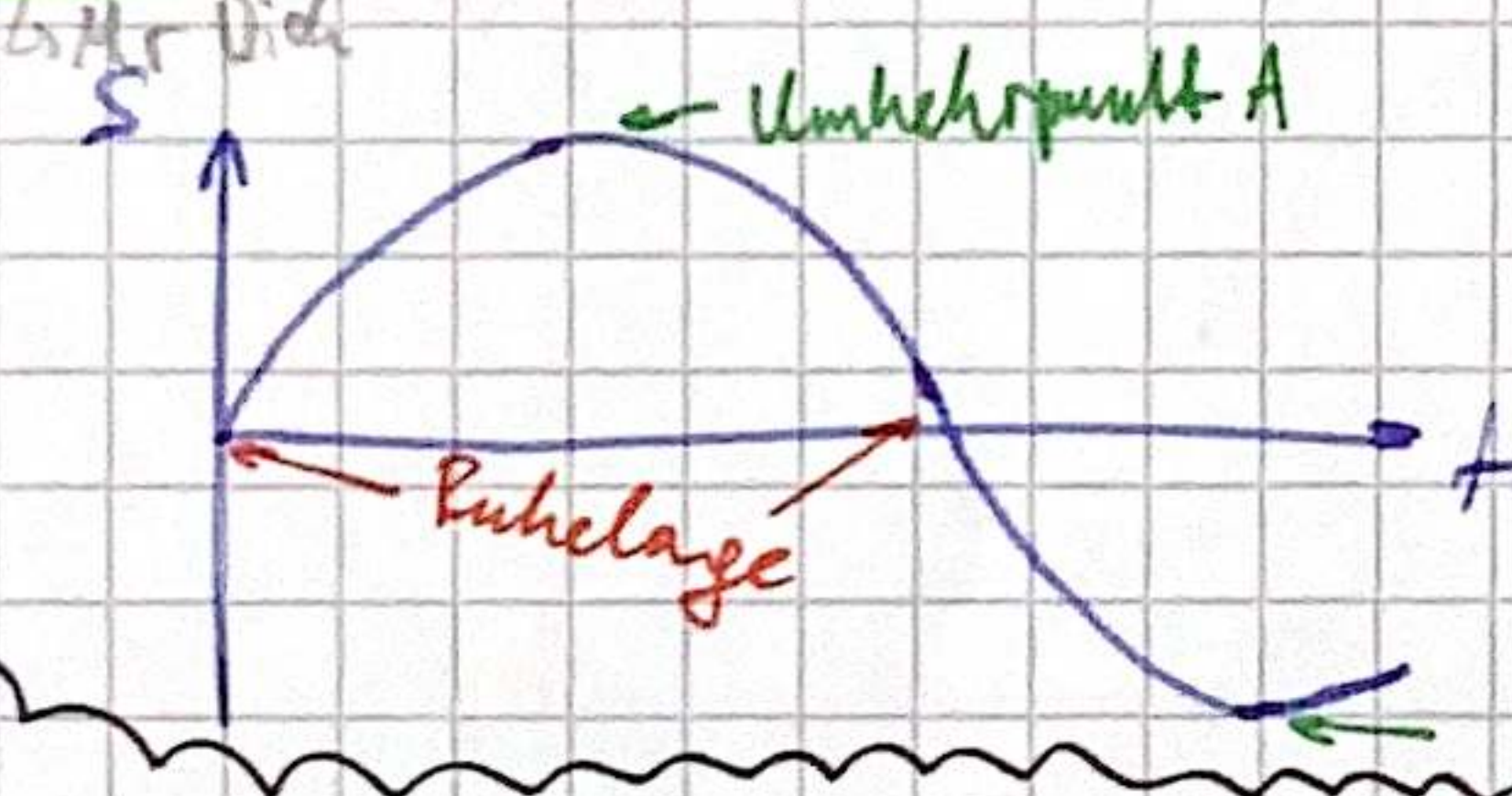
$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{g}{l}$$

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

Formel für T

↳ nur Dichte

→ siehe Größe

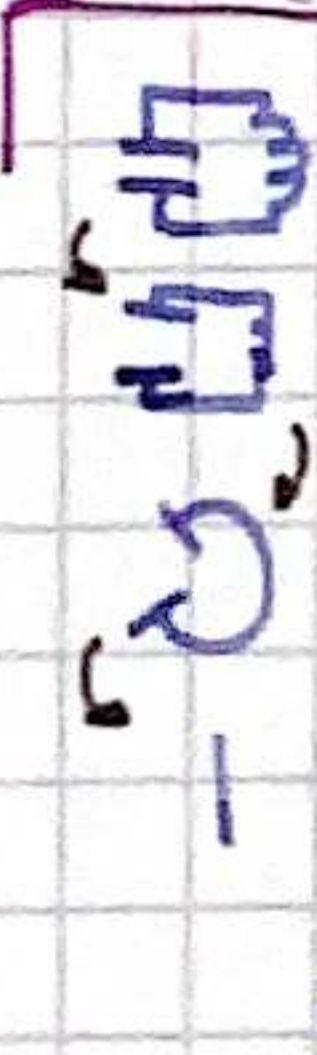


$$F_R = -D \cdot s$$

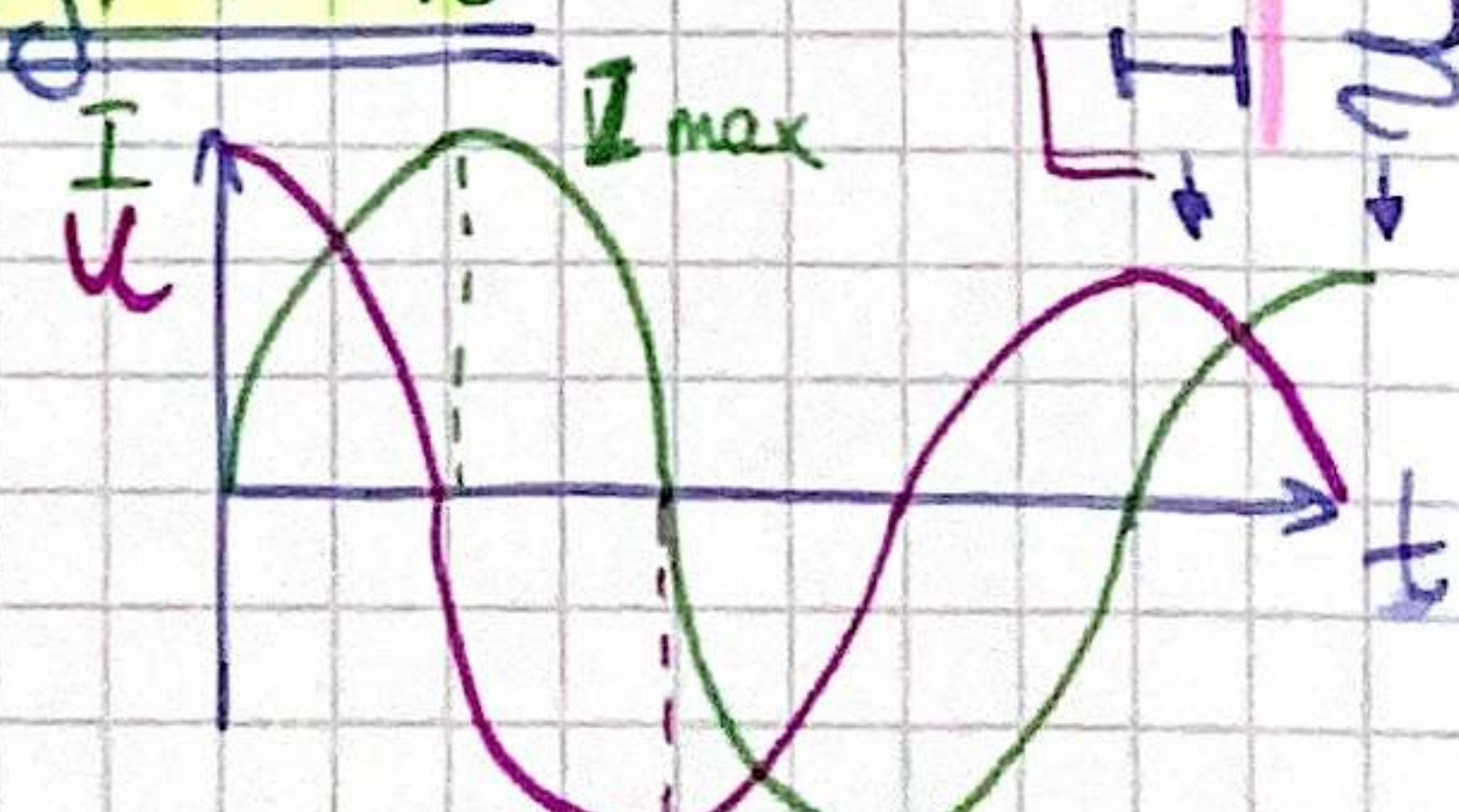
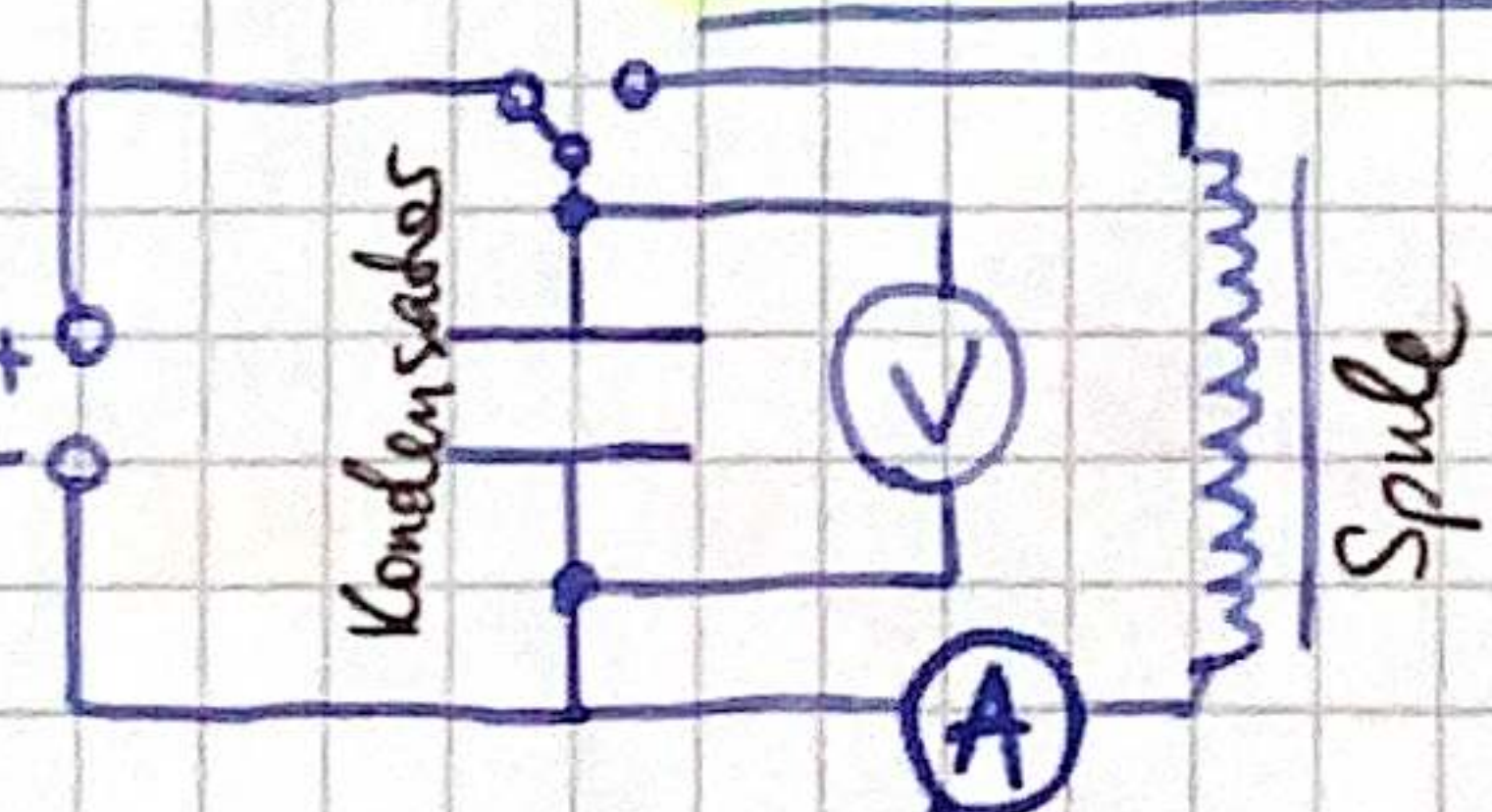
$s_{wg.}$ ist harmonisch (sinusförmig)

lineares Kraftgesetz / Hookesches Gesetz
"Rückstellkraft proportional zur Auslenkung"

Elektrischer Schg.-Kreis



Vertikaler Dipol
→ Antenne



$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

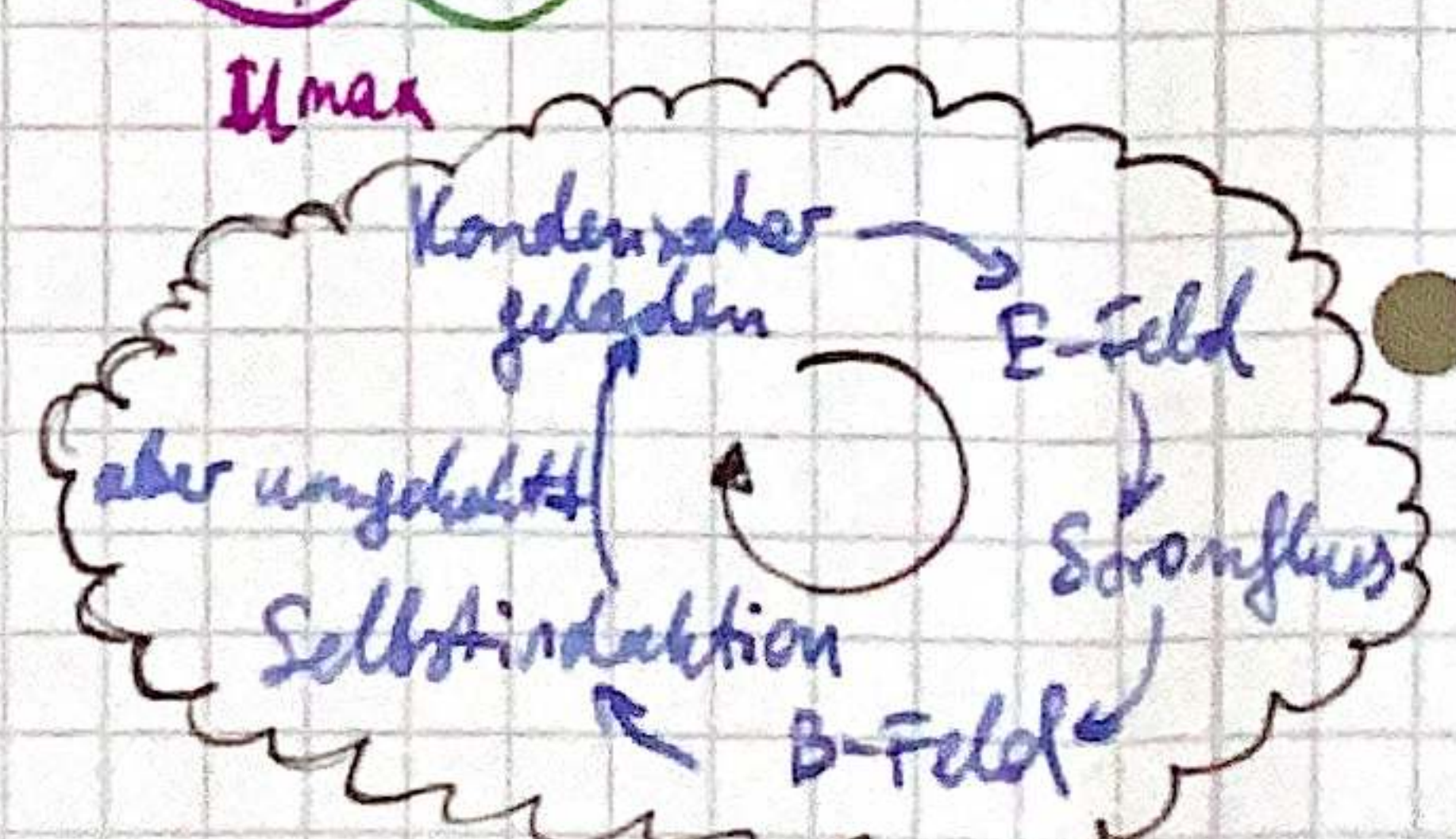
Thomson'sche Gleichung

Kapazität Kondensator
Induktivität Spule

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

Energie

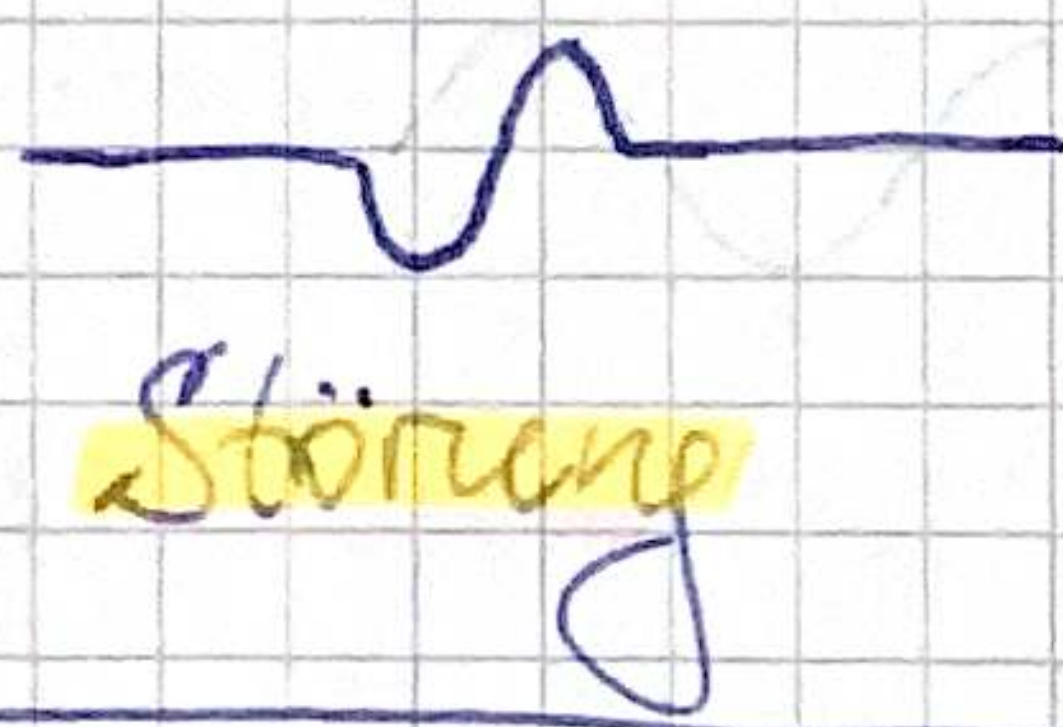
Resonanz auch möglich



Wellen

Welle: sich räumlich ausbreitende Schwingung

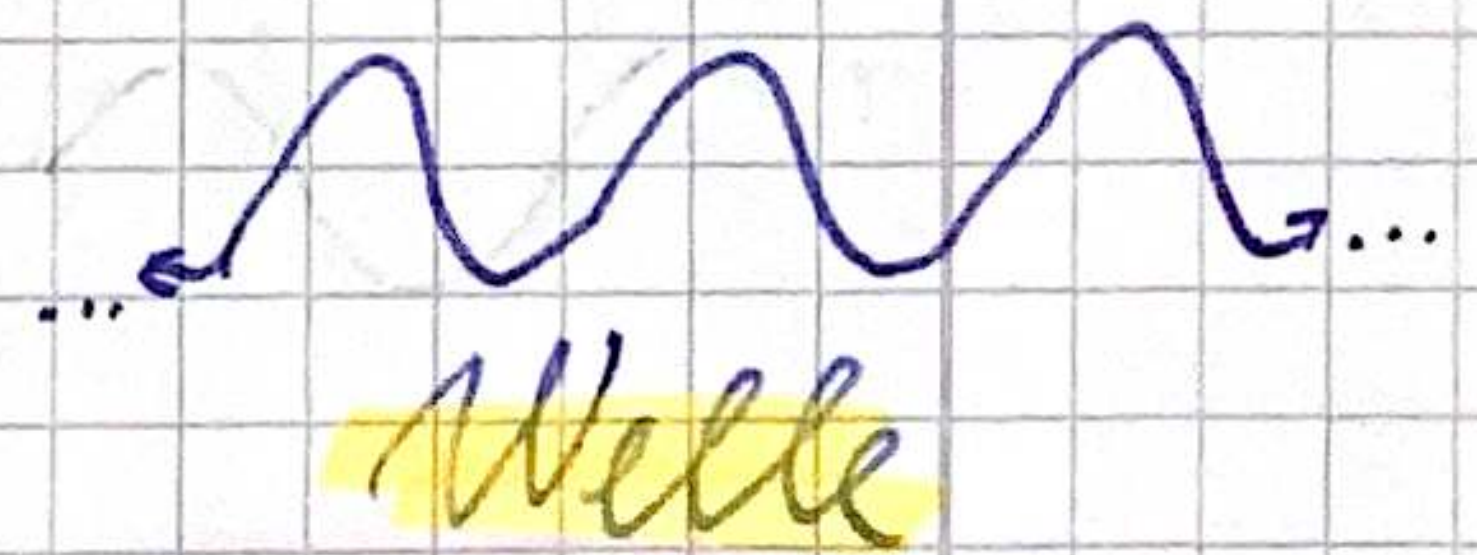
Oszillatoren: einzelne Träger Übertragung der Schwingung (Energie) durch Kopplung untereinander



Störung



Wellenzug



Welle

c = Ausbreitungsgsw. - const.

v = gsw. der Oszillatoren / Schnelle - ändert sich fortlaufend

T = Periodendauer

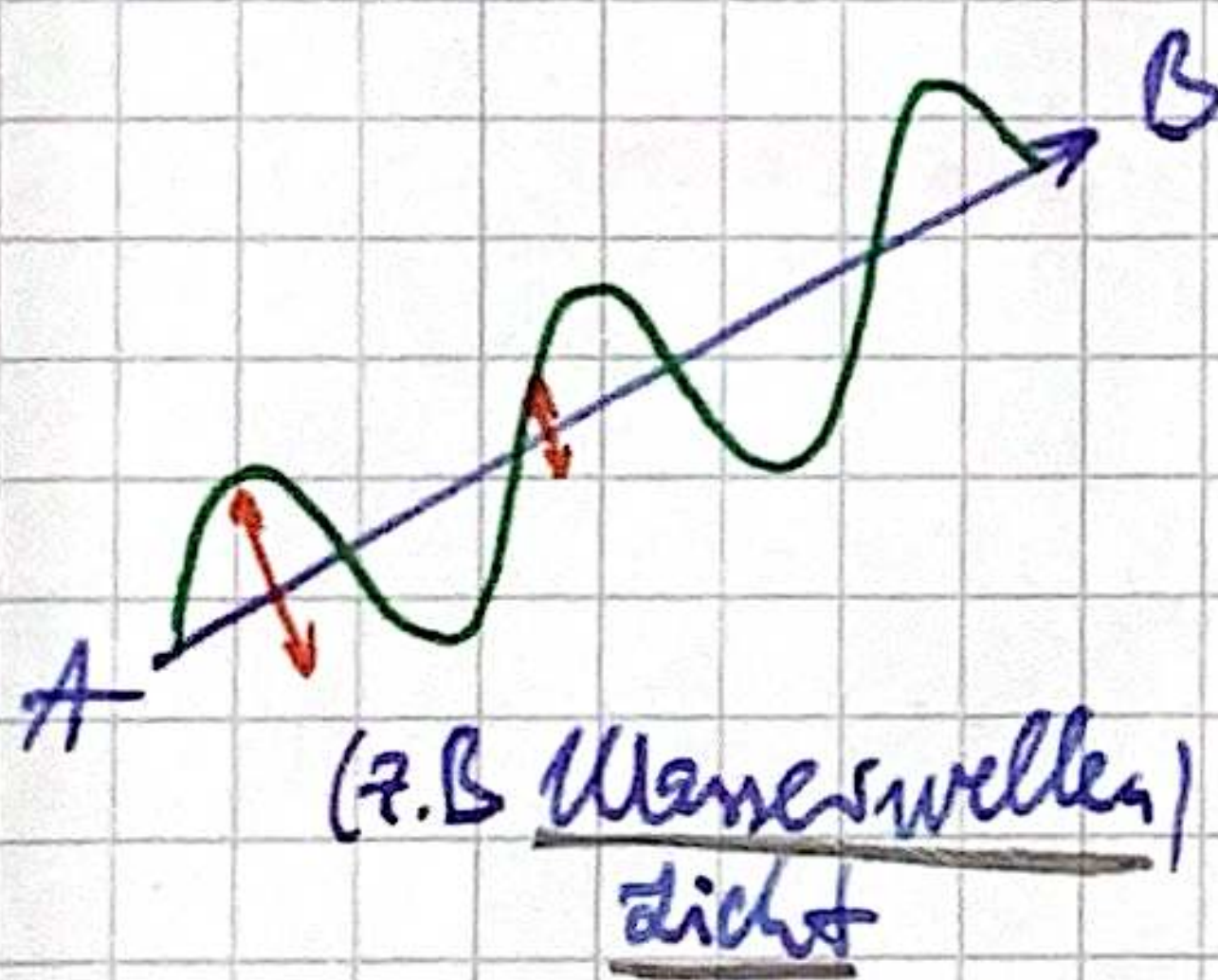
f = Frequenz

λ = Wellenlänge

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

$$c = \lambda \cdot f$$

transversal



(z.B. Wasserwellen)
dicht

Swg \perp Ausbreitung
polarisierbar

longitudinal

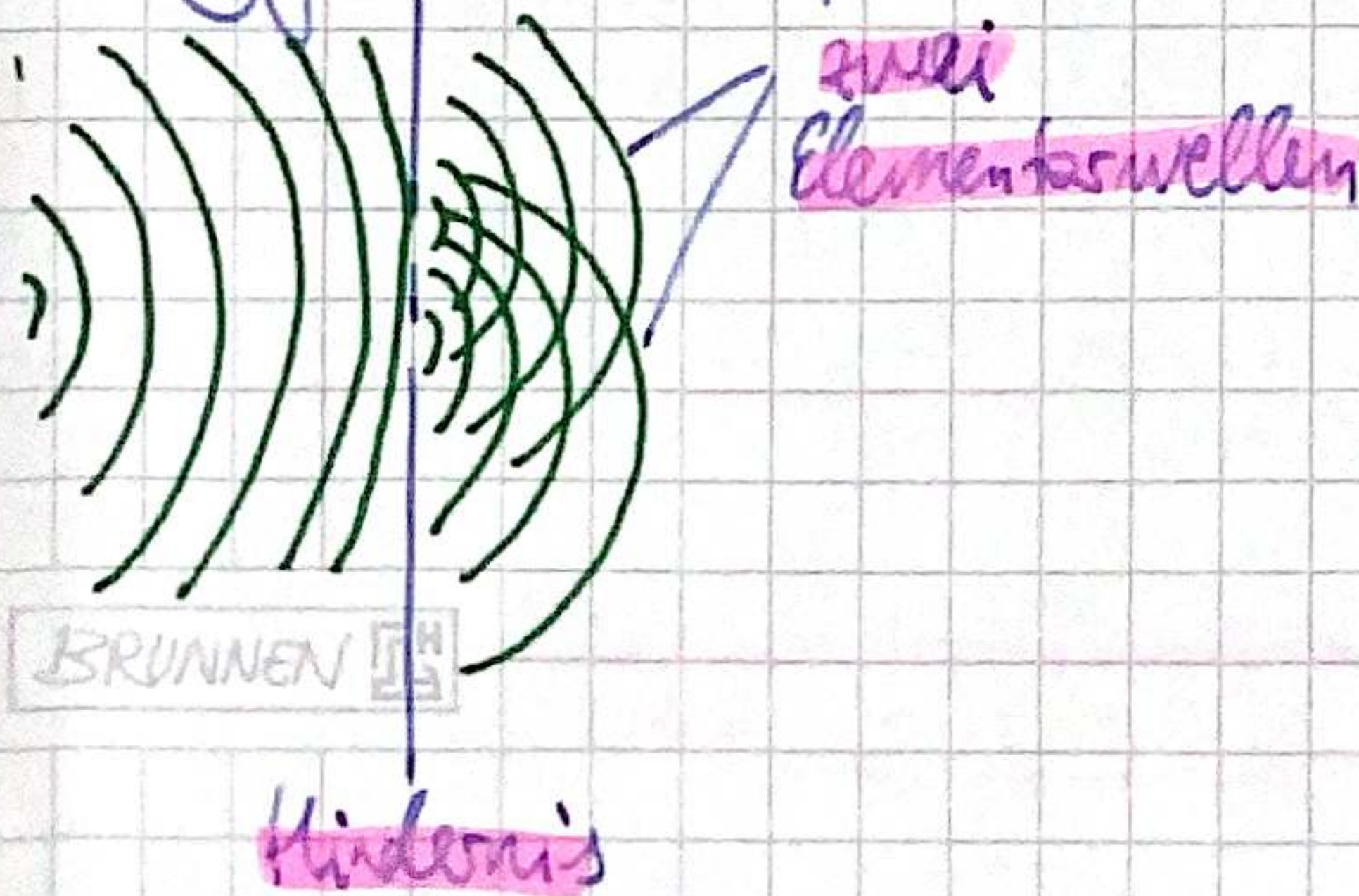


(z.B. Schall)

Swg \parallel Ausbreitung
nicht polarisierbar

sichtbares Licht:
[780nm] rot
...
[400nm] violett

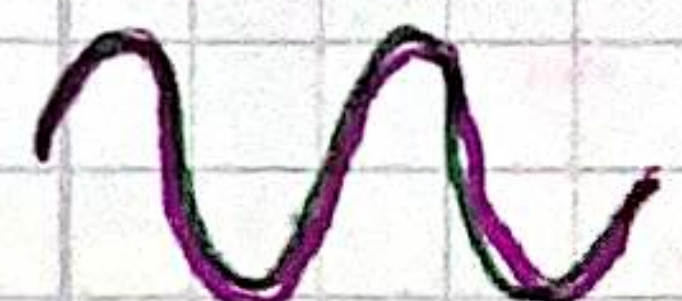
Huygens-Prinzip



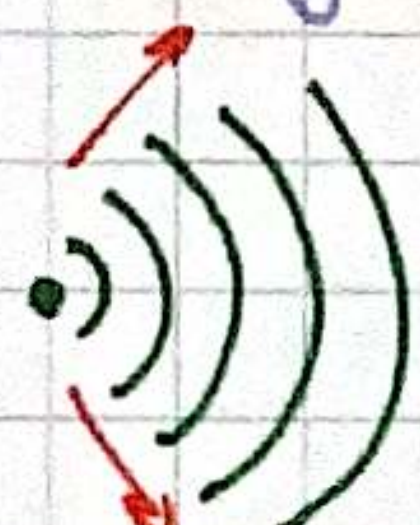
kohärent: const. Phasenbeziehung

monochromatisch: einfarbig

in Phase / phasengleich:



Beugung:

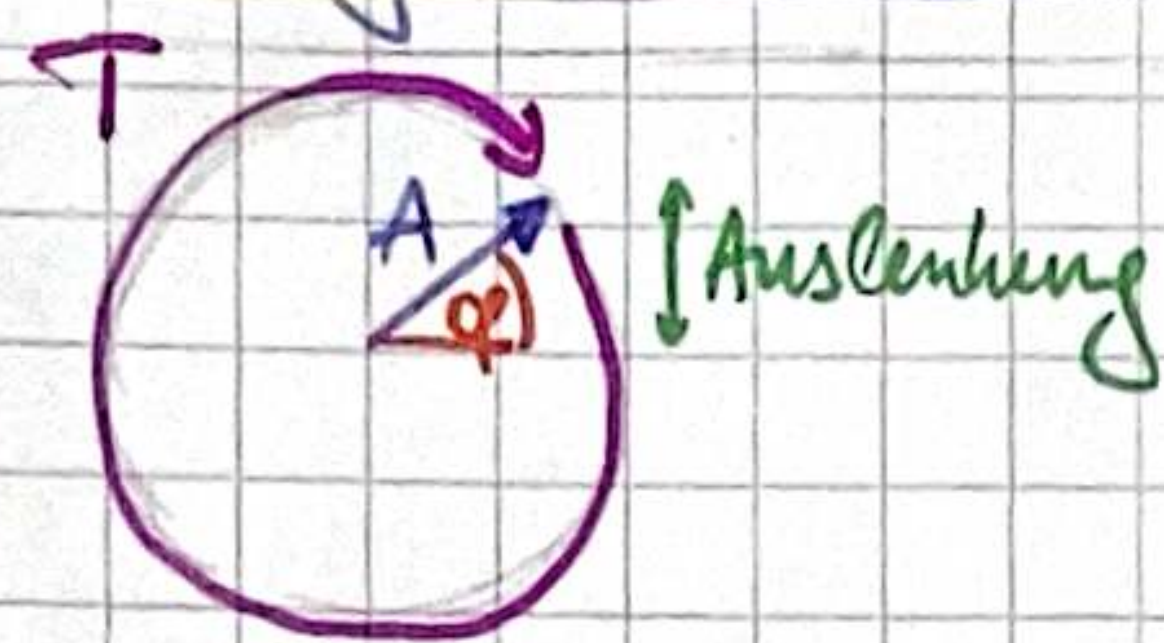


Reflexion

hohes Ende \rightarrow ohne Phasensprung
festes Ende \rightarrow mit Phasensprung

Wellen: Sinuskurven und Zeigermodell

Zeigermodell (Feynmann)

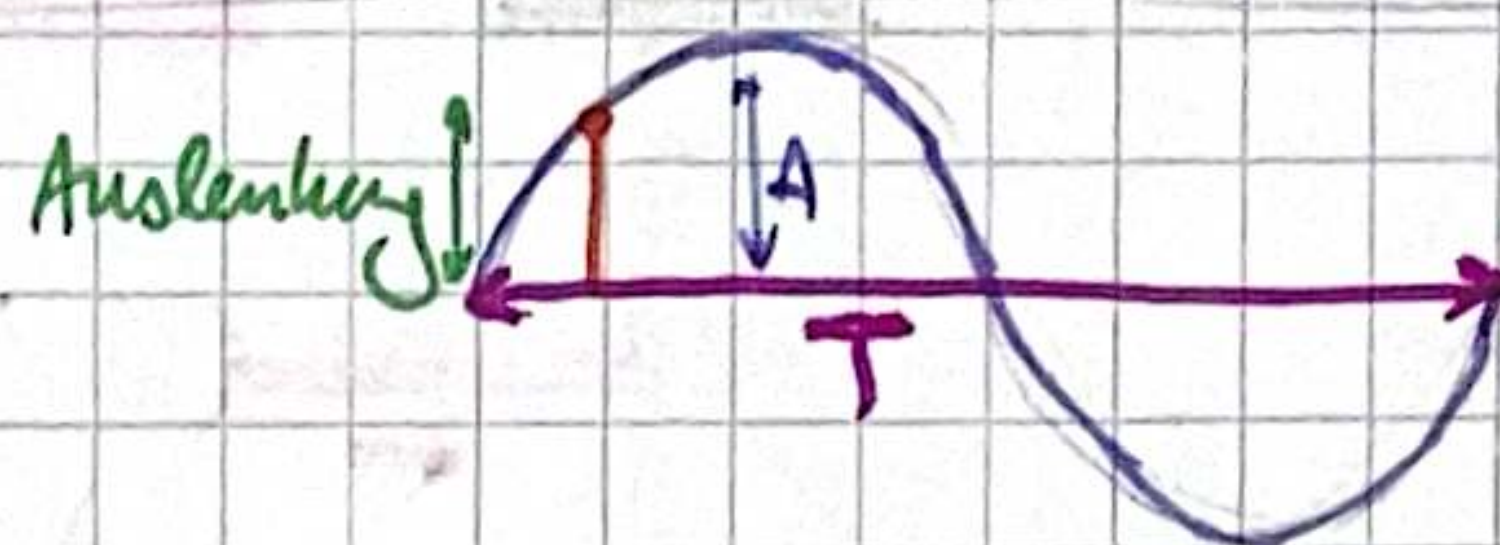


$$s(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

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

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

Sinuskurven (Huygens)



Die Wellen-gleichung

Ort

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

Auslenkung
Zeit

Amplitude
Gleich-gewichtslage
Swg-Dauer

Wellenlänge

Zeigerlänge

Position/Winkel

Amplitude

Phase der Sinuskurve

Amplitude

Phase

Zeiger grafisch addieren

Auslenkungen beider Wellen an einem Ort addieren

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
oder
Resonanzkatastrophe → kaputt

} je nach Verlusten