

Schwingungen und Wellen

Schwingung ^{Bew.} periodisch, zwischen zwei Umkehrpunkten, um die Ruhelage

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

Swg.-dauer T - ^{Periodendauer} Zeit für eine Swg. hin- und her

Amplitude A - ^{maximale Auslenkung} Abstand Ruhelage - Umkehrpunkt

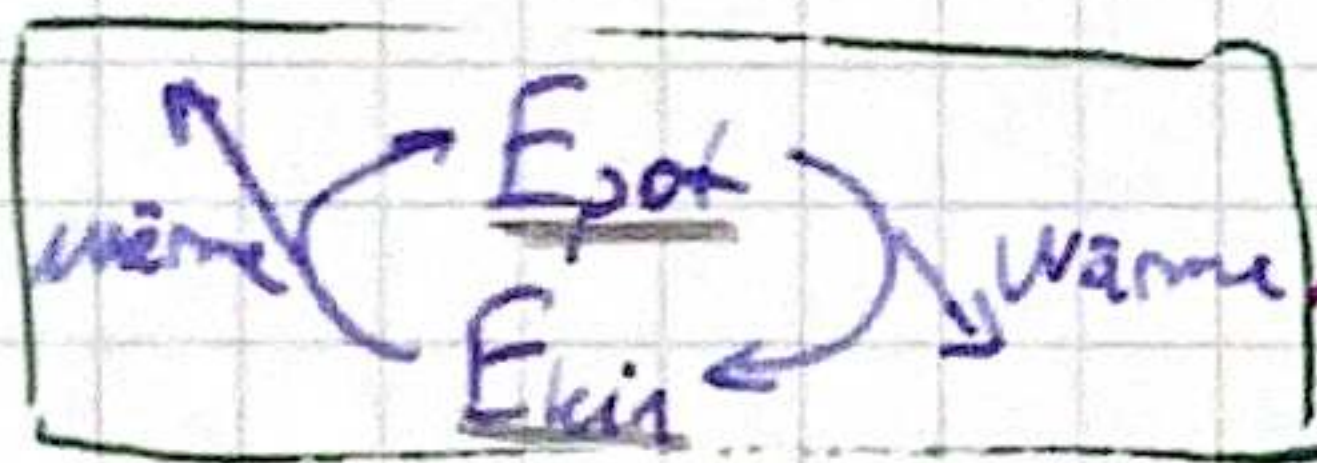
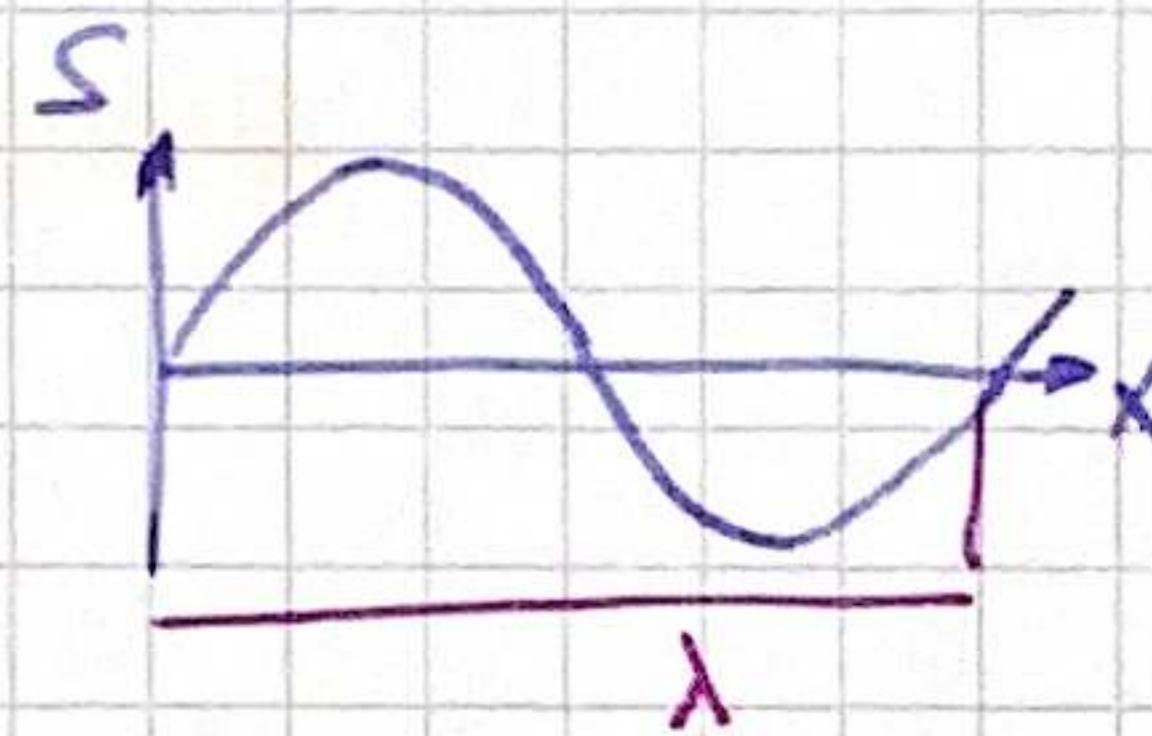
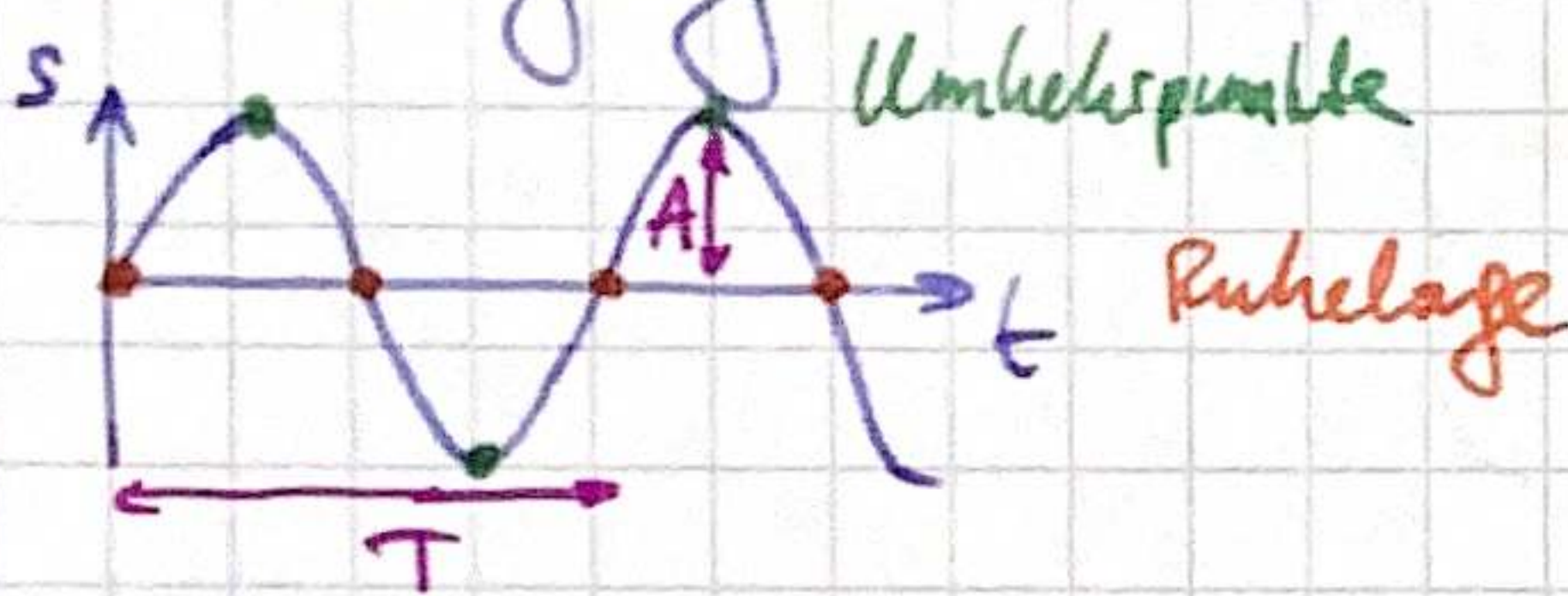
Wellenlänge λ - ^{Weg, den die Welle passiert} Weg, den die Welle passiert, während ein Oszillator eine Swg. ausführt

Auslenkungsphase ϕ Schwingung

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

lineares Kraftgesetz = Hooke'sches Gesetz \Rightarrow harmonische Swg.

Welle



Energie

Energie wird weitergegeben

einzmalige externe Auslenkung

Start

kontinuierliche Anregung des ersten Oszillators

Ruhelage

Endzustand

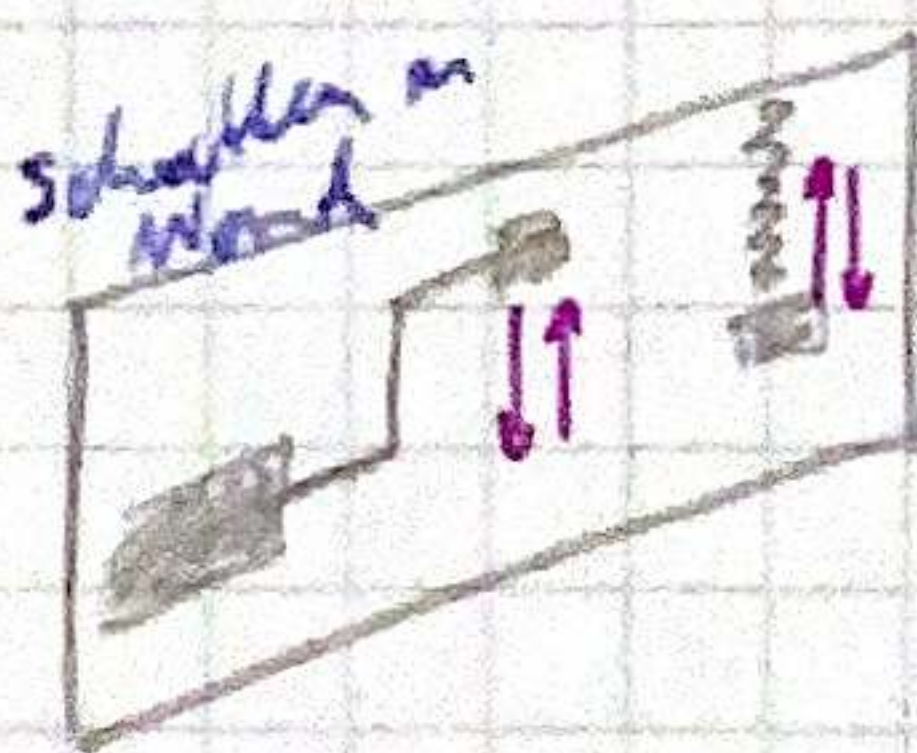
gedämpft
(Amplitude nimmt ab)

gedämpft
(Amplitude nimmt mit jedem Oszillator ab)

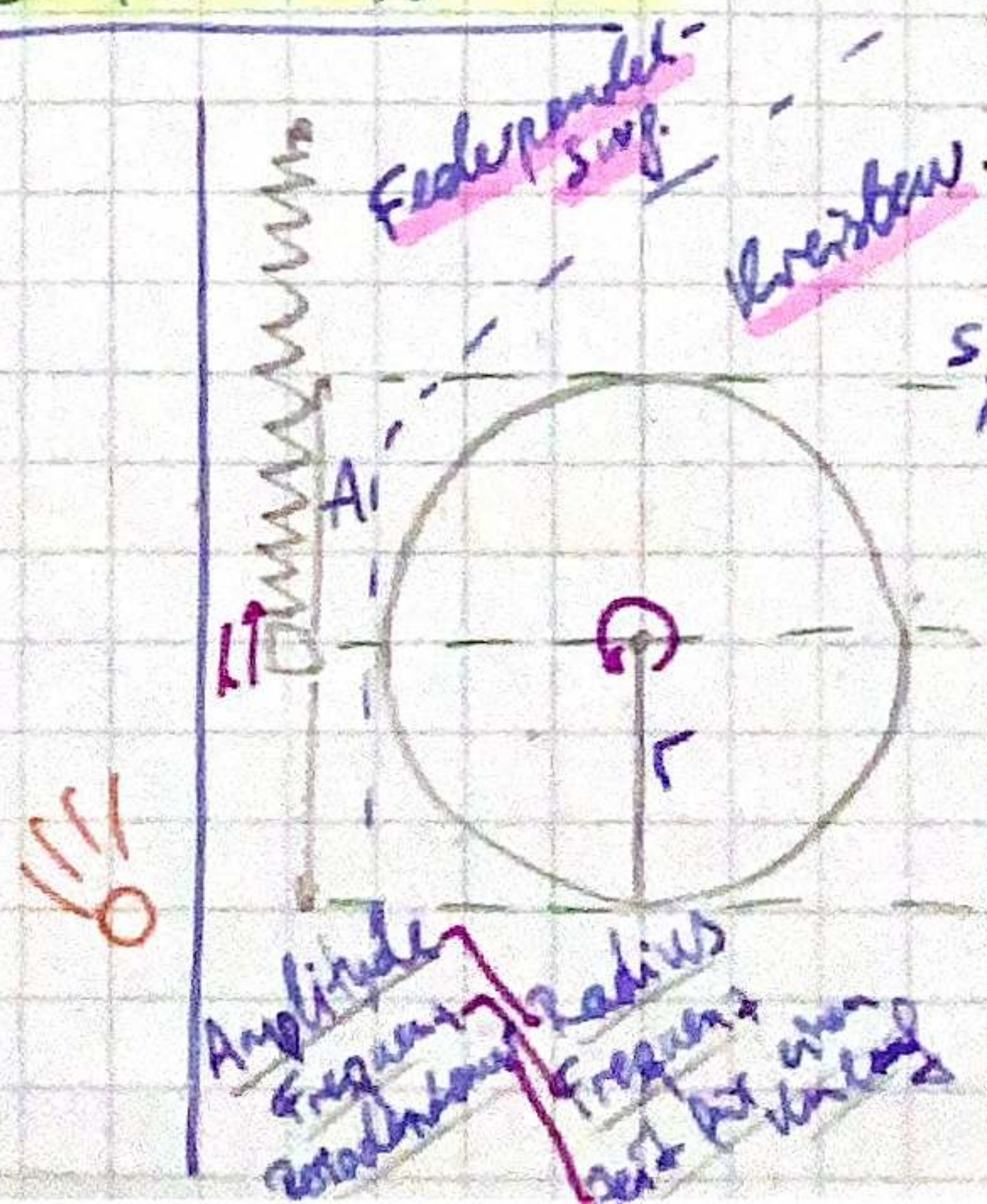
ungedämpft
(Amplitude konstant)

ungedämpft

Analogie zum Motor

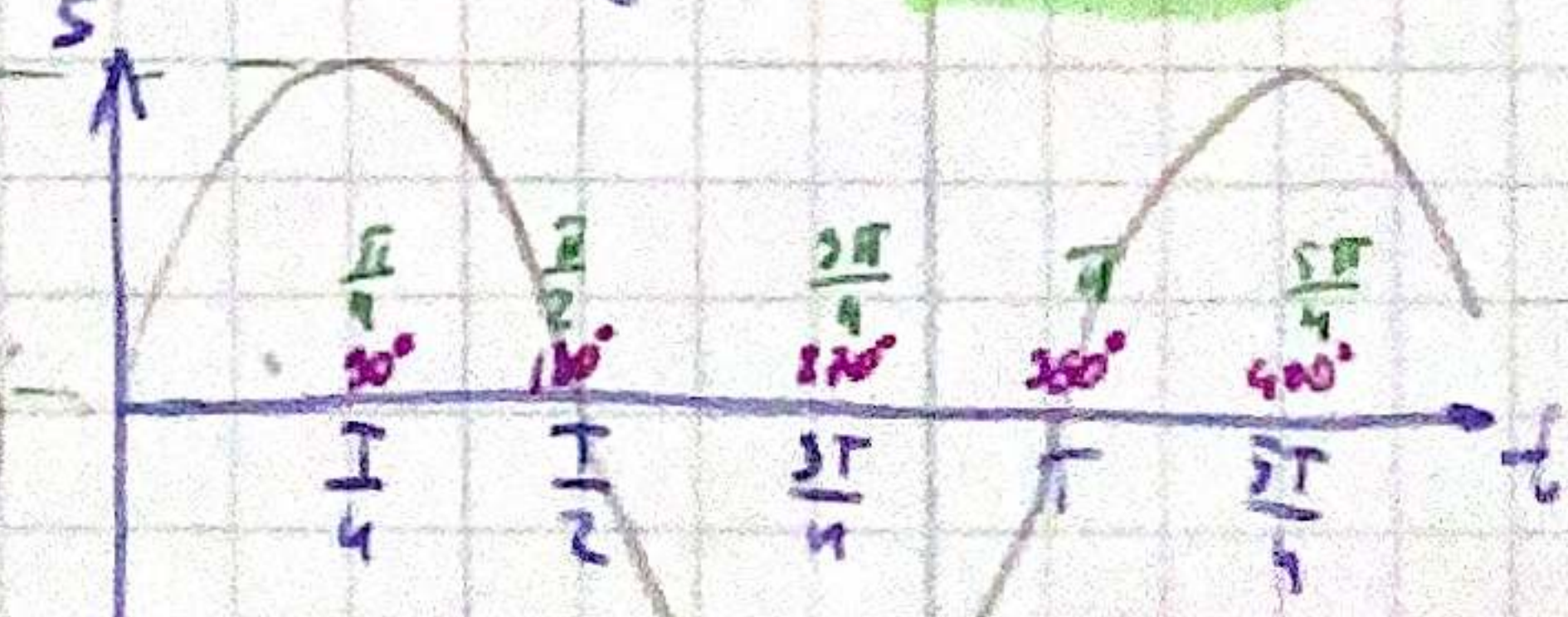


BRUNNEN Motor



Weg-Zeit Gesetz
$$s(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$$
$$s(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

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

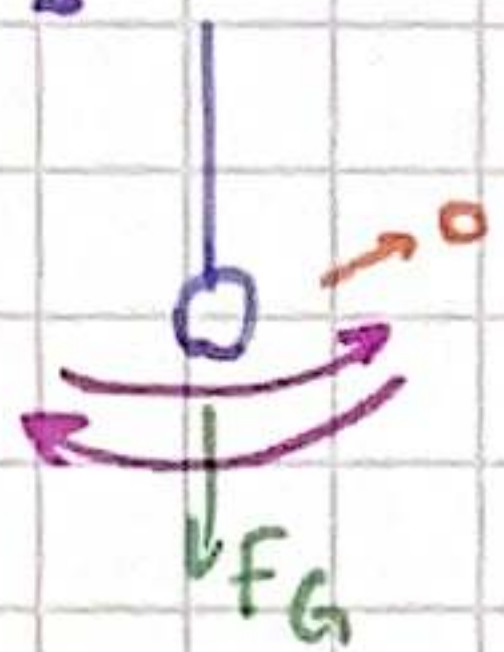


Amplitude
Frequenz
Winkelgeschw.
Weg-Zeit Gesetz

Feder- und Fadenpendel

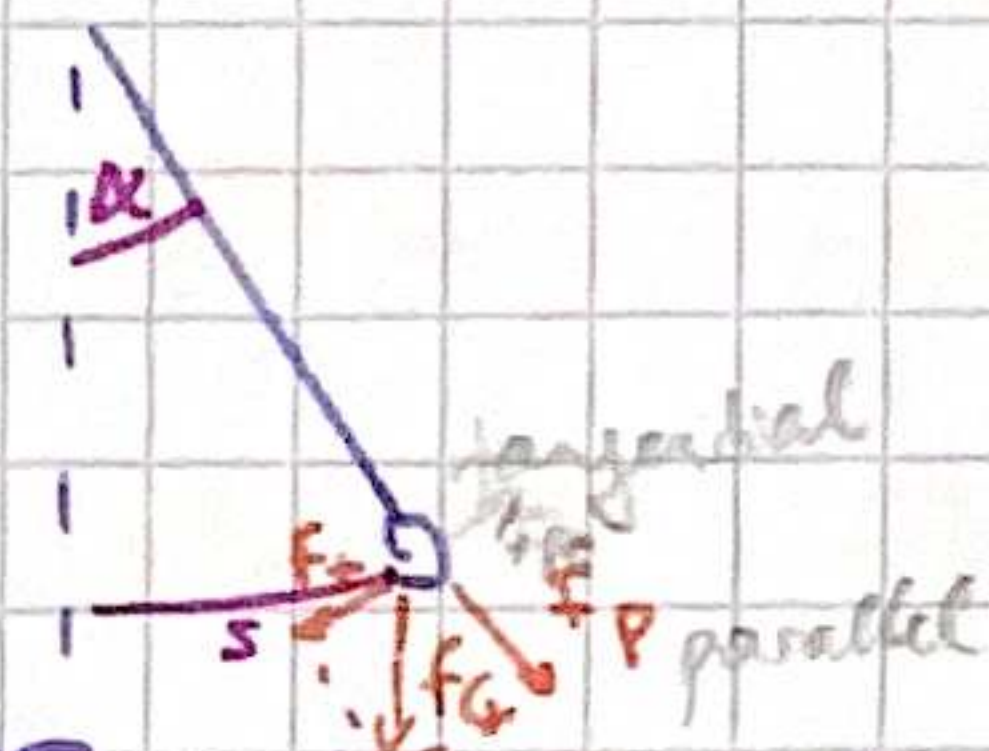
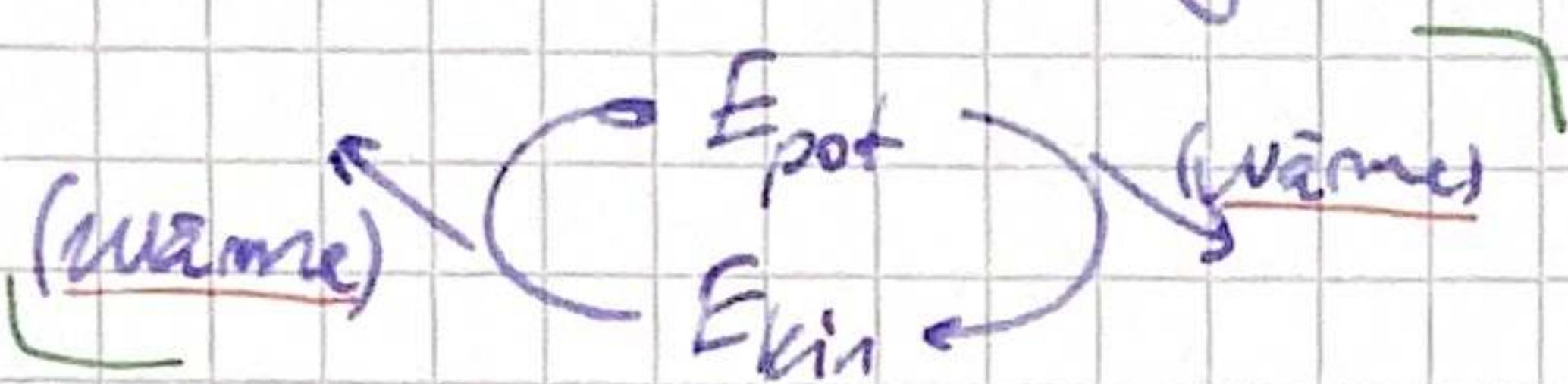
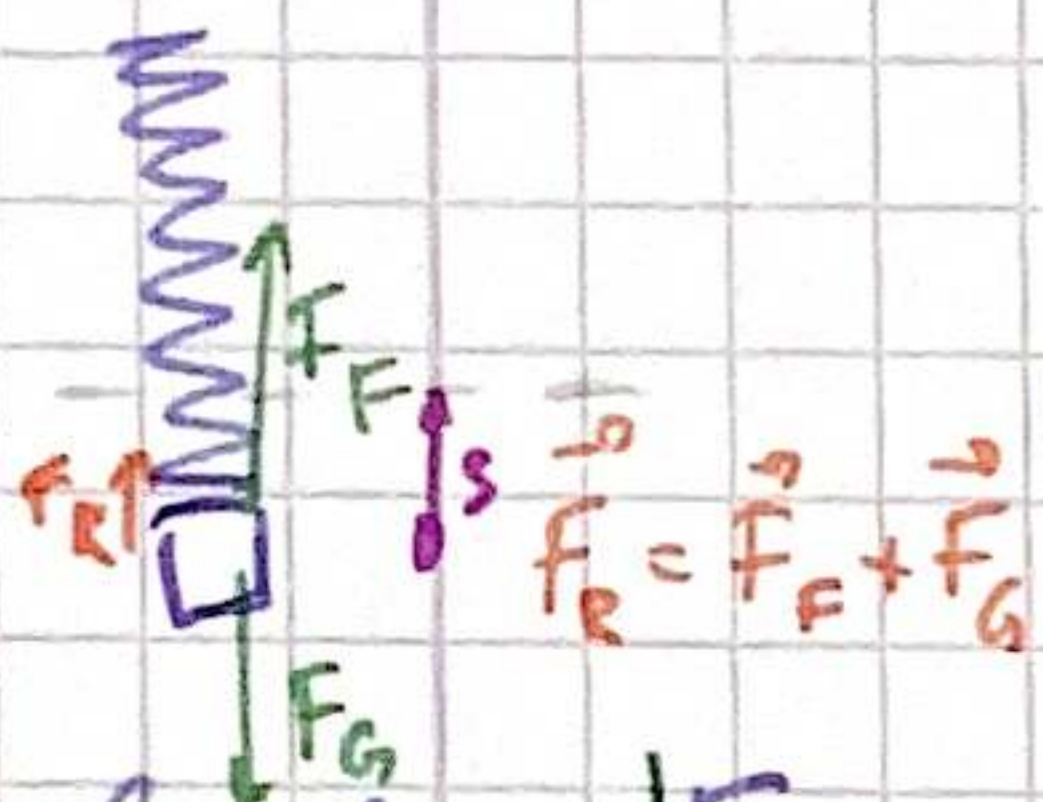


Skizze



Startpunkt
Bew.
Kräfte

periodische Bewegung einer Masse zwischen zwei Umkehrpunkten um die Ruhelage



Richttreibende
Kraft
(Rückstellkraft)

$$F_R = -D \cdot s$$

Betrachtung wirkender
Kräfte

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

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

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

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

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

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

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

lineares Kraftgesetz

→ harmonisch

DGL

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

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

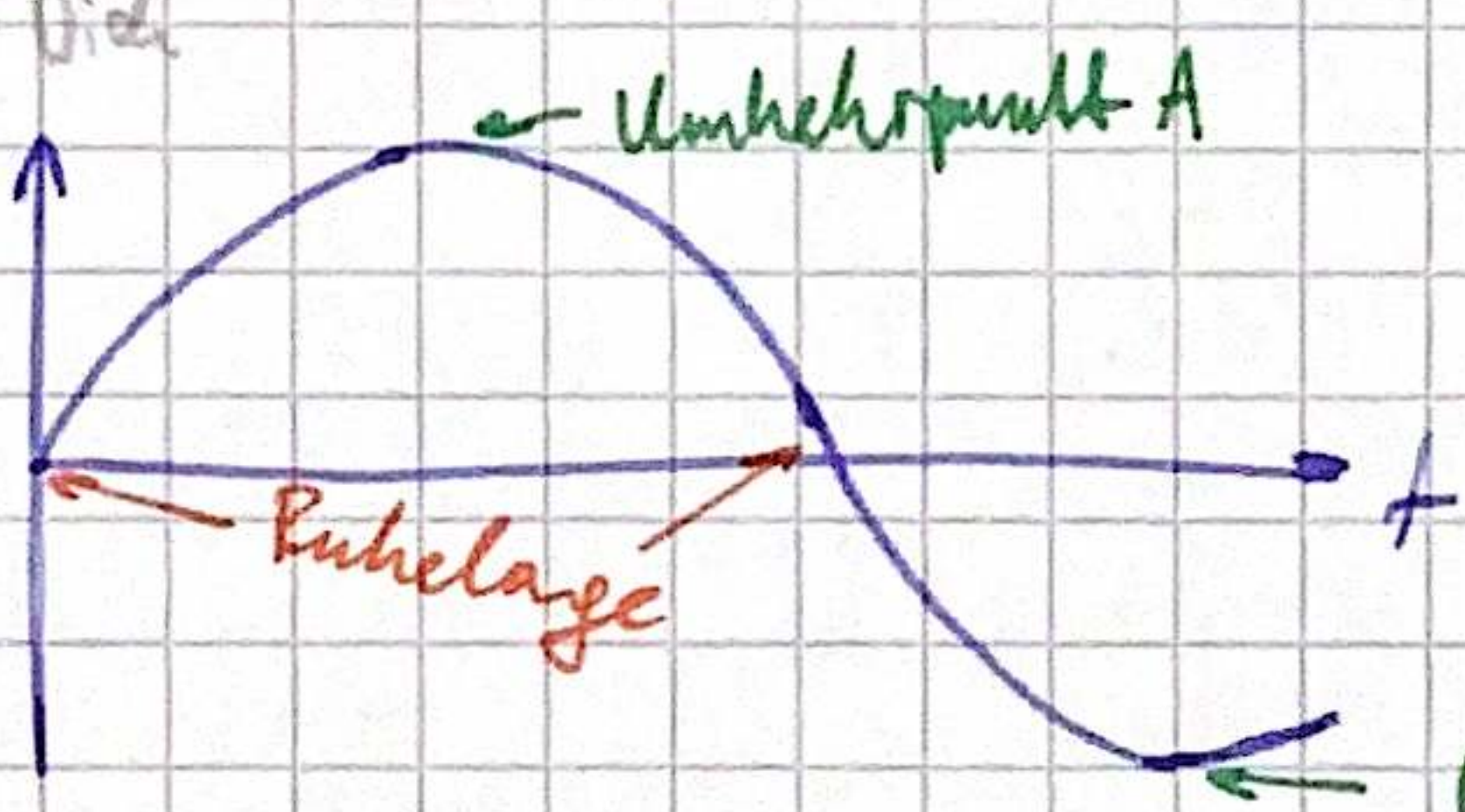
$$m \cdot (-s_0 \cdot \sin(\omega t)) \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = -m \cdot g \cdot \frac{s_0 \sin(\omega t)}{l}$$

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

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

Formel
für T

mit D

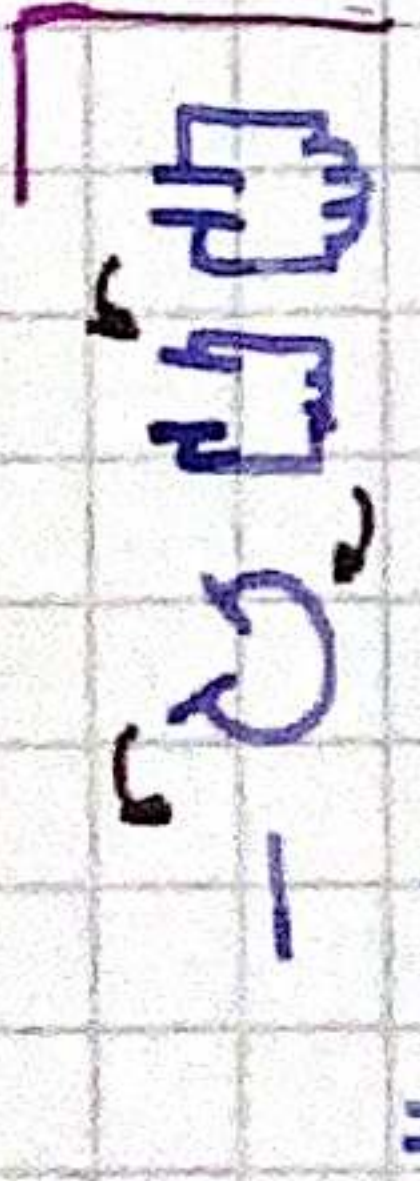


solche Größe

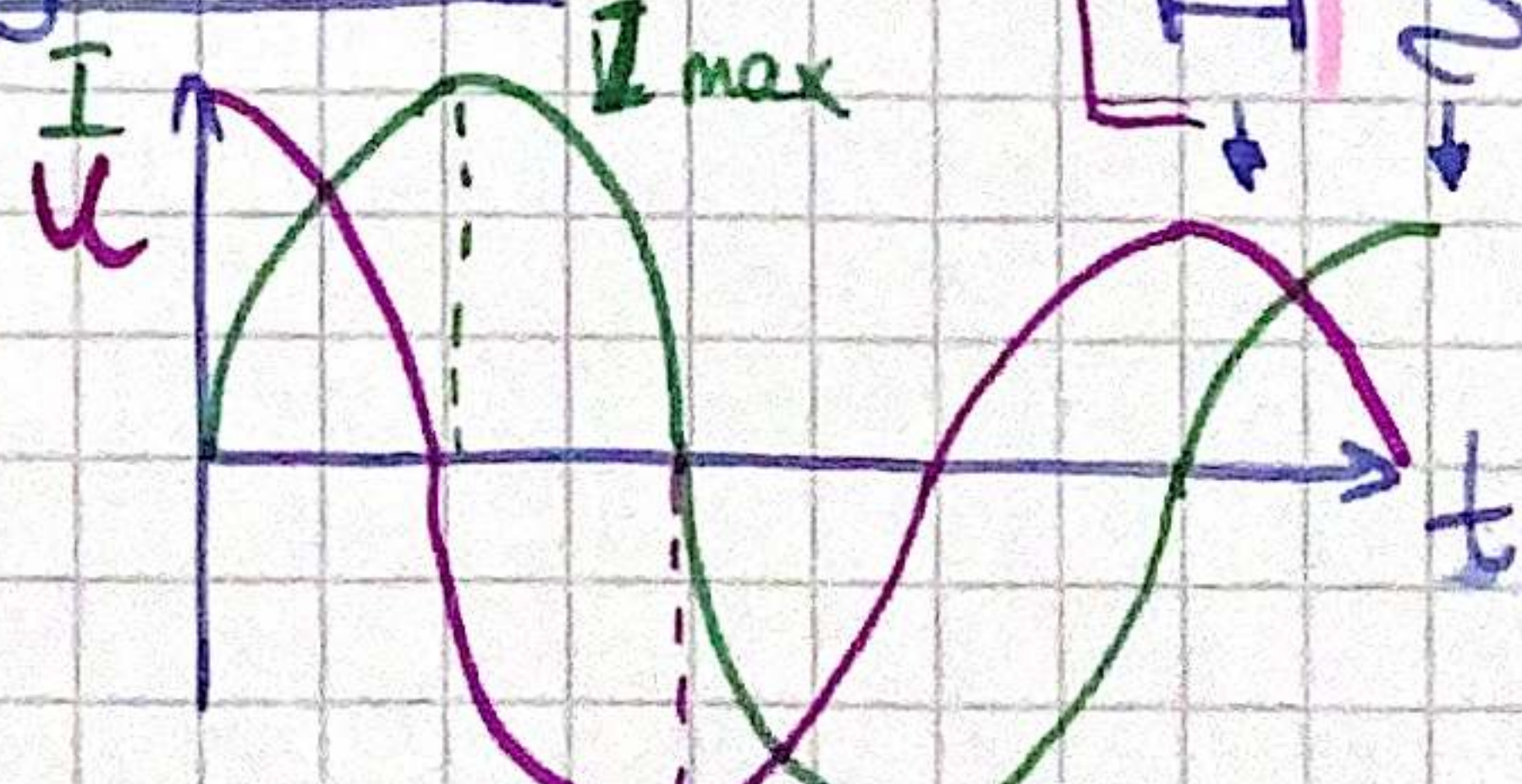
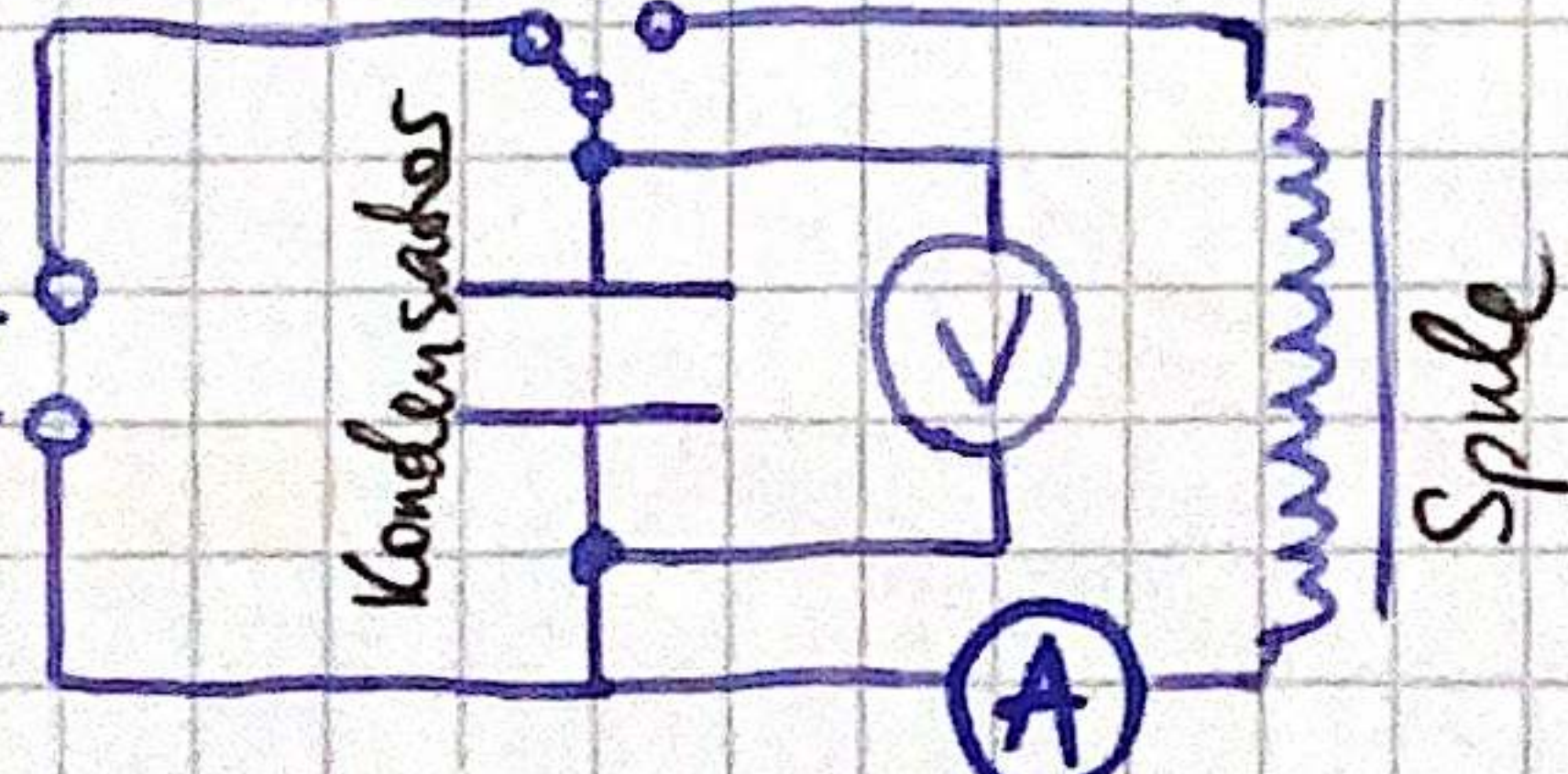
$$F_R = -D \cdot s$$

Swg. ist harmonisch
(Sinusformig)

Elektrischer Swg.-Kreis



Kontakter
Dipol
Antenne



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

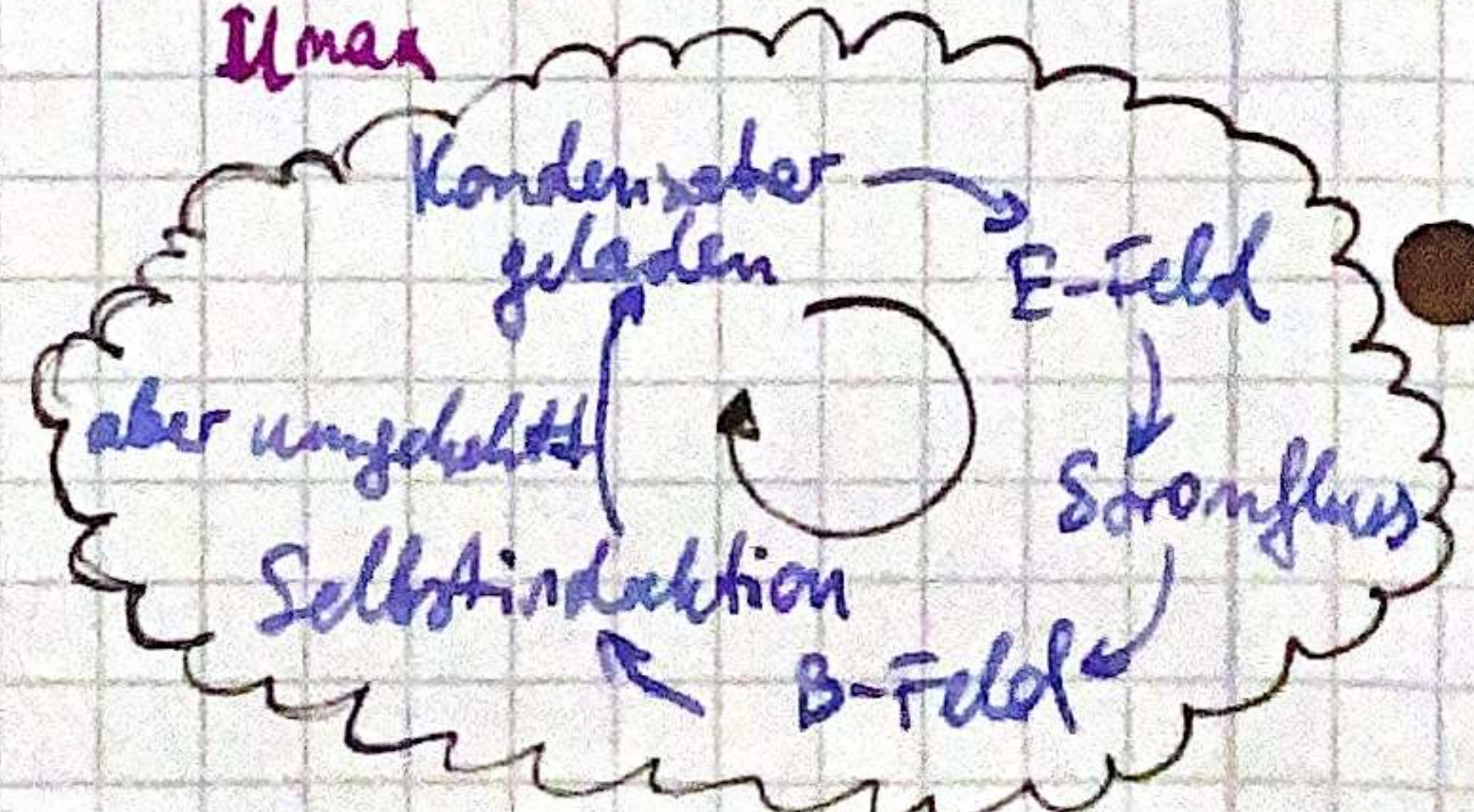
Thomson'sche Gleichung

Kapazität Kondensator
Induktivität Spule

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

Energie

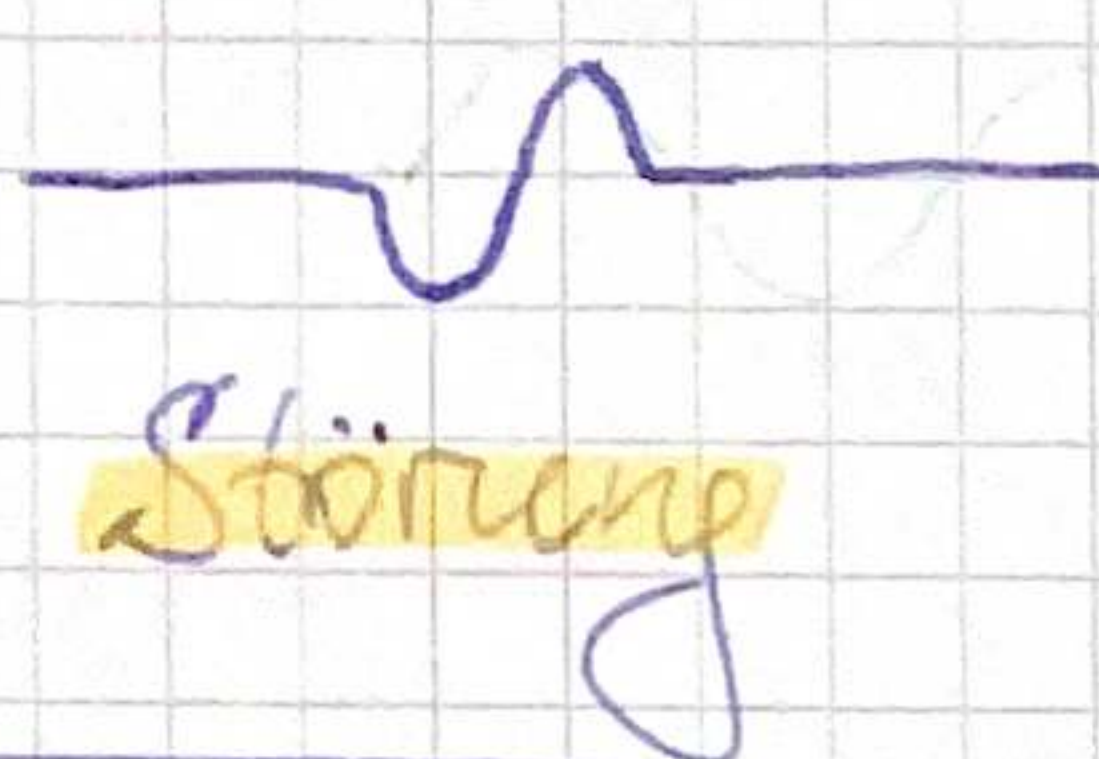
Resonanz
auch möglich



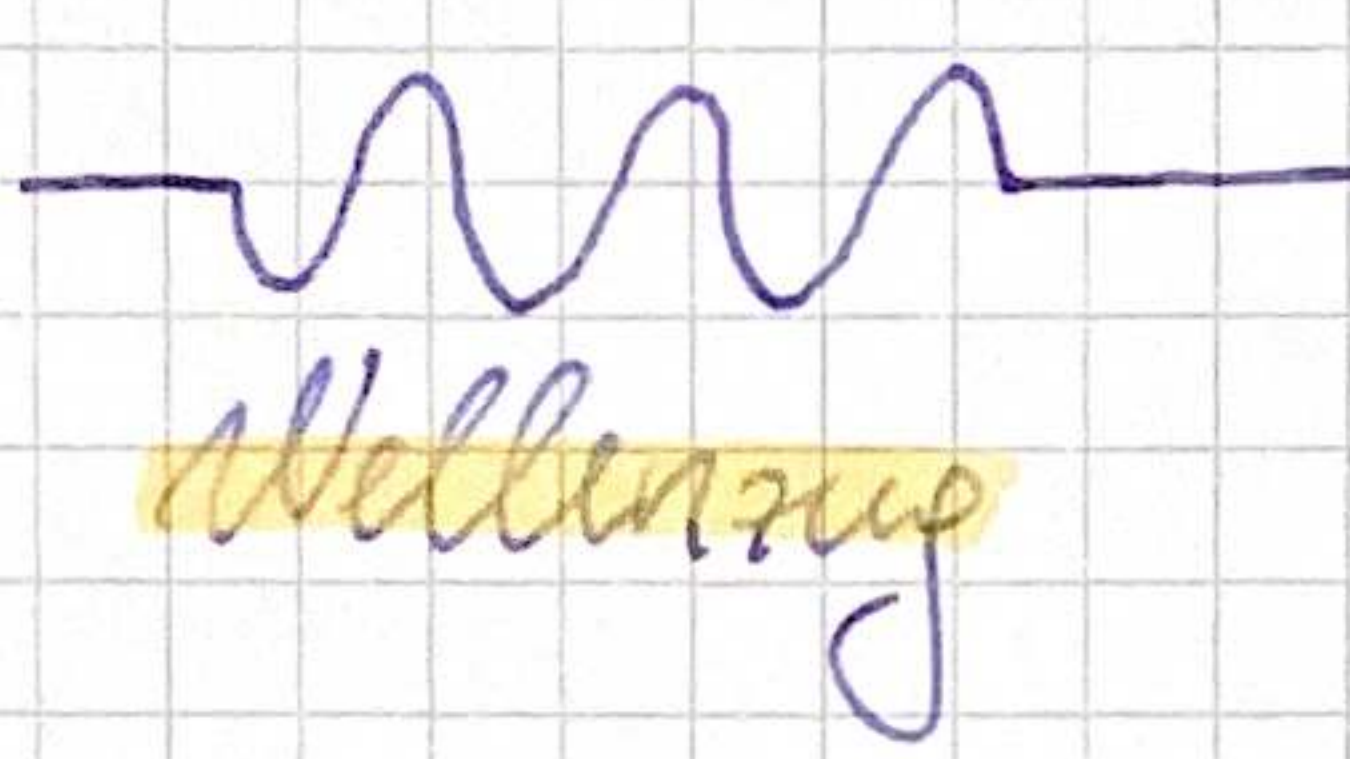
Wellen

Welle: sich räumlich ausbreitende Schwingung

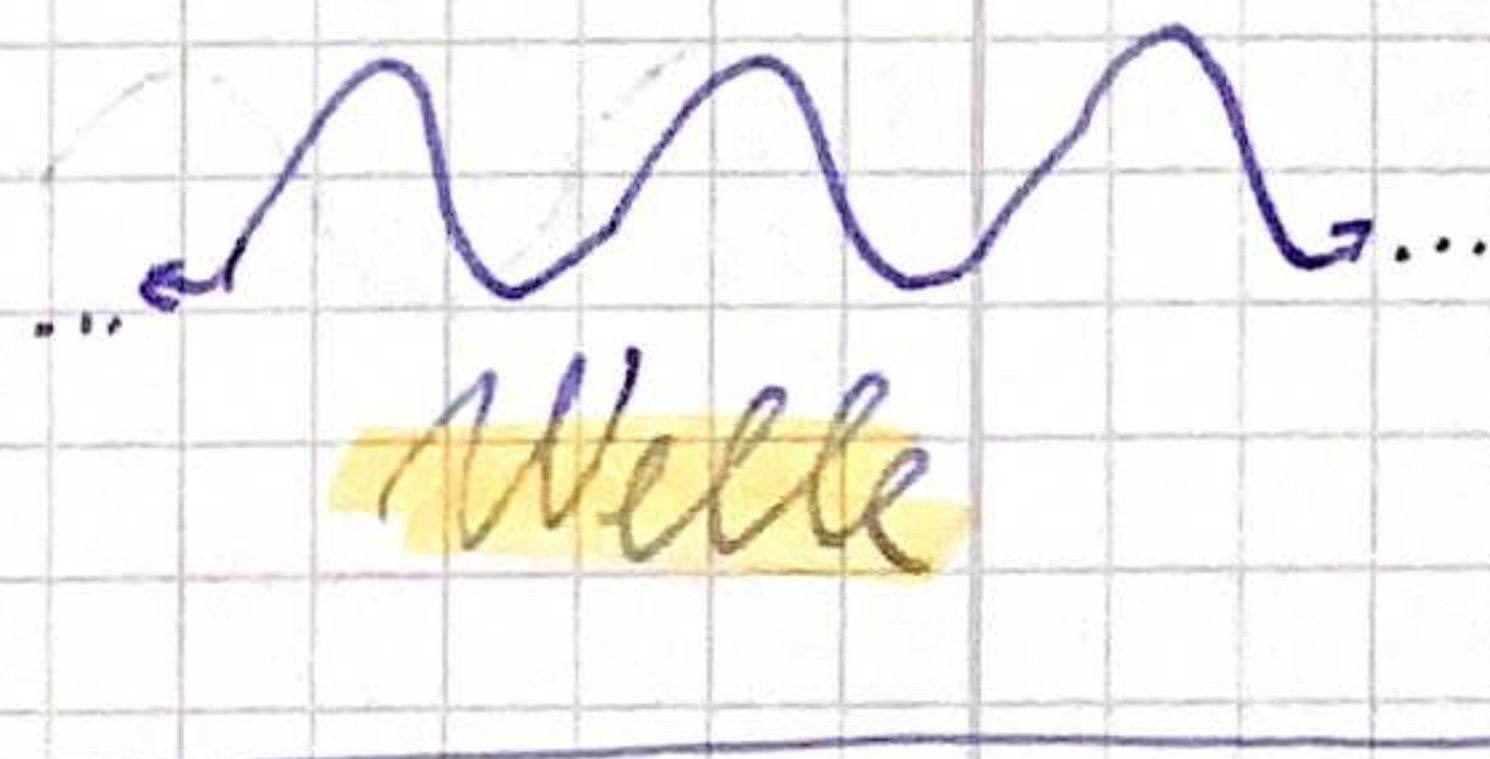
Oszillatoren: einzelne Träger, Übertragung der Schwingung (Energie) durch Kopplung untereinander



Störung



Wellenzug



Welle

c = Ausbreitungsgsw. - const.

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

T = Periodendauer

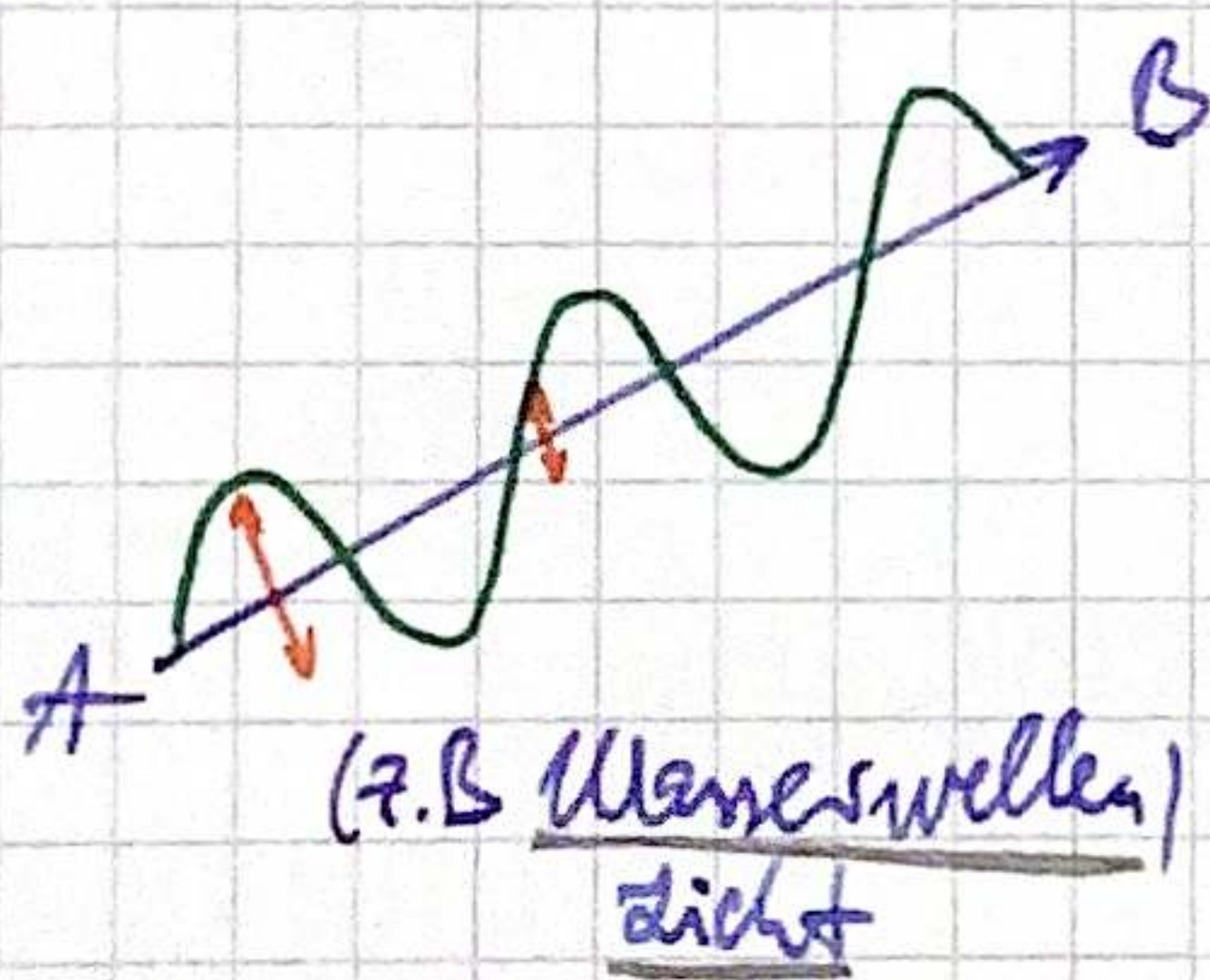
f = Frequenz

λ = Wellenlänge

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

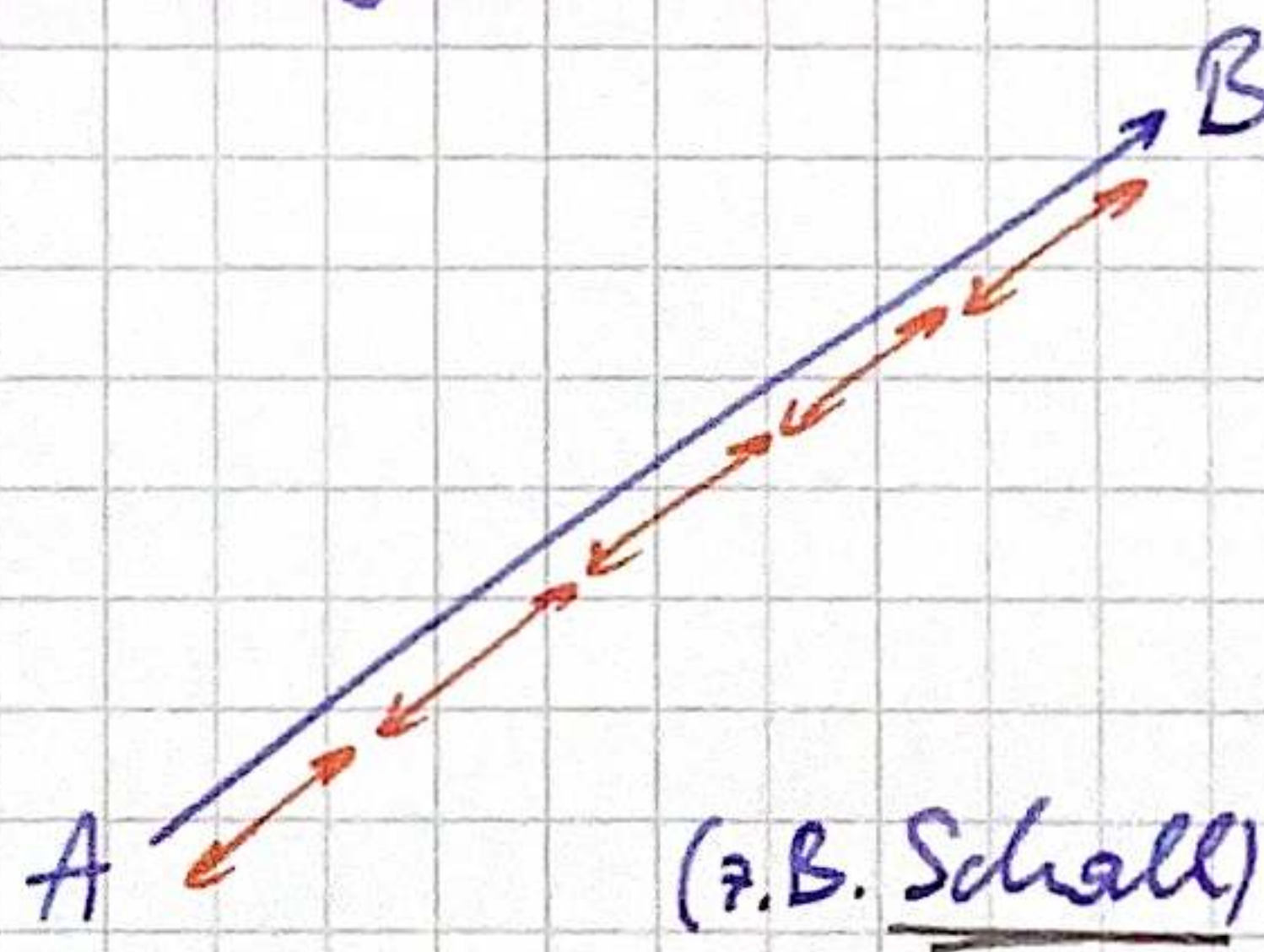
$$c = \lambda \cdot f$$

transversal



Swg \perp Ausbreitung
polarisierbar

longitudinal



Swg \parallel Ausbreitung
nicht polarisierbar

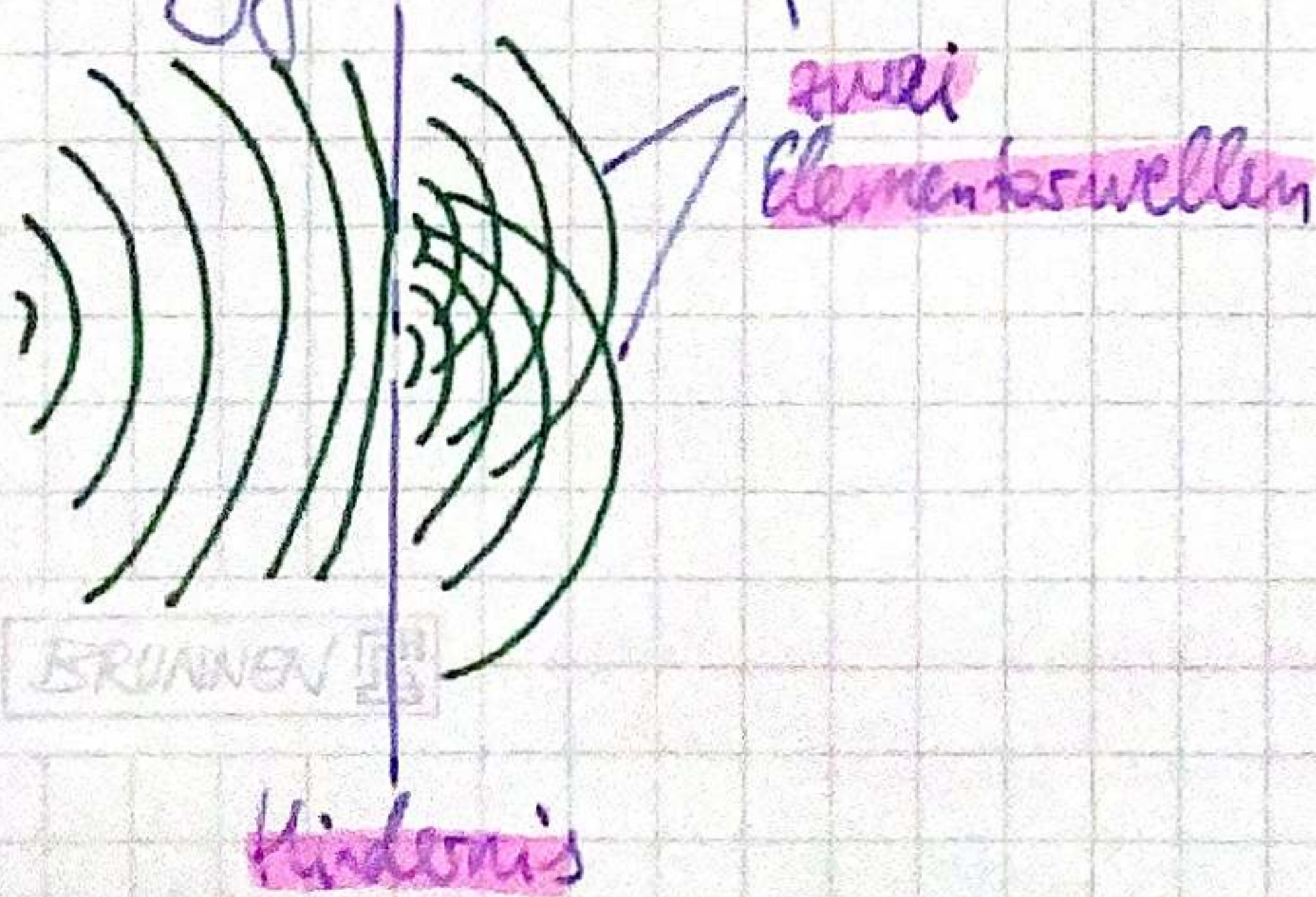
sichtbares Licht:

780nm rot

...

400nm violett

Huygens-Prinzip



kohärent: const. Phasenbeziehung

monochromatisch: einfarbig

in Phase / phasengleich:



Beugung:



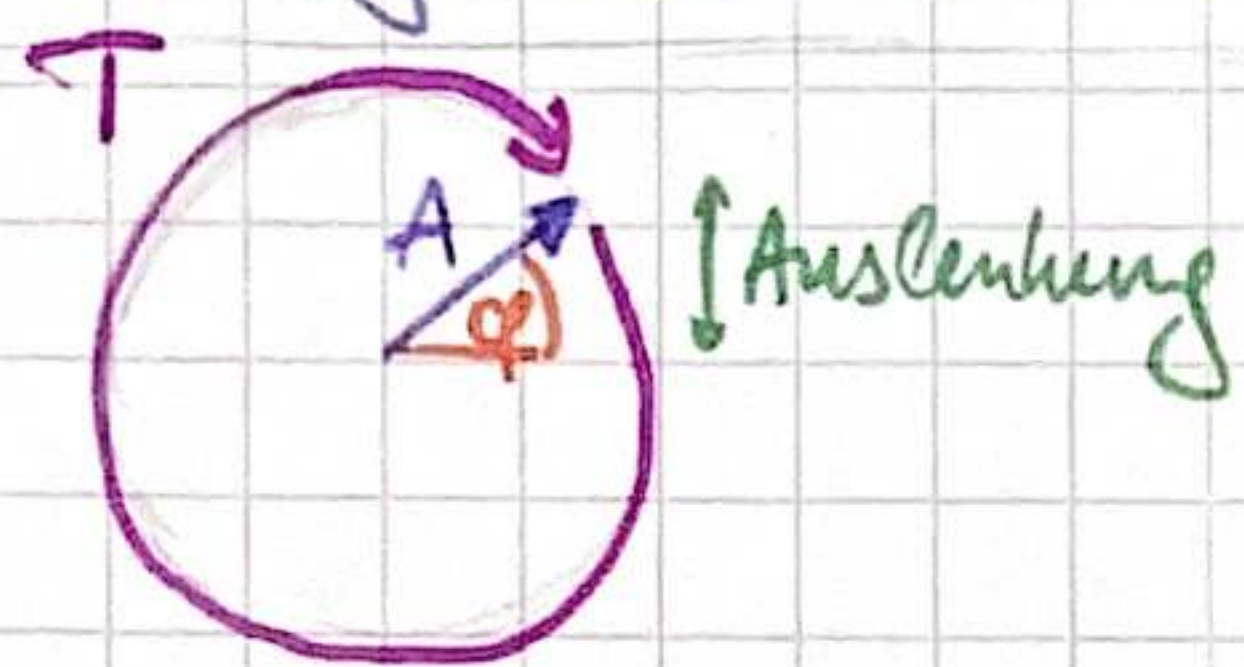
Reflektion

hartes Ende \rightarrow ohne Phasensprung

weiches Ende \rightarrow mit Phasensprung

Wellen: Sinuskurven und Zeigermodell

Zeigermodell (Feynmann)

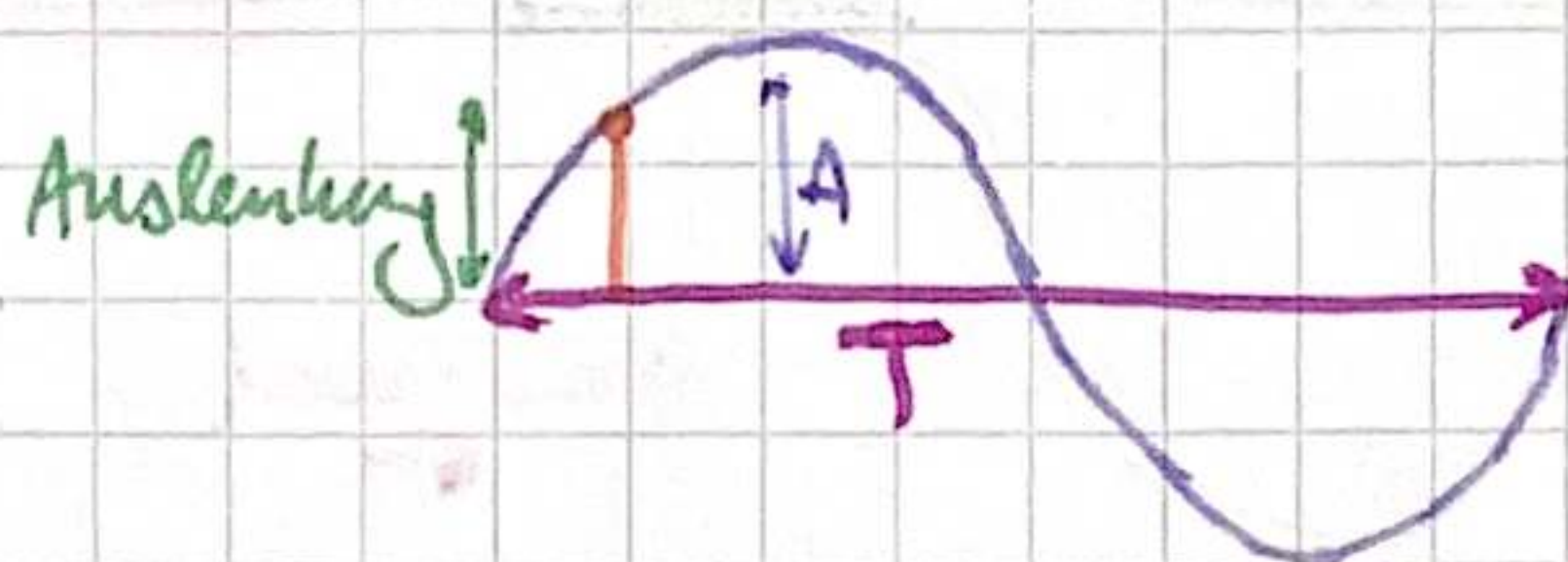


$$s(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

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

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

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 _____ Amplitude

Phase der Sinuskurve - 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

→ immer steigende Amplitude

→ stabiler Zustand mit const. Amplitude } je nach Verlusten
oder
Resonanzkatastrophe -> heisst