

DISCLAIMER

Ich übernehme keine Haftung über mögliche Fehler in den Notizen. Es hat sicherlich ein paar drinnen.

Fehler können per Mail an jirruh@ethz.ch gemeldet werden.

Serie 1

Aufgabe 1

a) $F = m \cdot \frac{d^2 s}{dt^2} = -mg \cdot \sin(\varphi) \quad || \quad s = l\varphi$

$m l \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -mg \cdot \sin(\varphi) \quad || \quad x \ll L \Rightarrow \text{kleine Auslenkungen} \Rightarrow \frac{d^2 \varphi}{dt^2} \approx -\frac{g}{L} \varphi$

$F_{\text{Pendel}} = -mg \varphi$

$F_{\text{Feder}} = -k_F x$

$F_{\text{Ges}} = F_{\text{Pendel}} + F_{\text{Feder}} = -mg \varphi - k_F x = -mg \cdot \frac{x}{L} - k_F x$

$m \ddot{x} + mg \cdot \frac{x}{L} + k_F x = 0$

b) $x(t) = A \cdot \cos(\omega t) + B \cdot \sin(\omega t) \quad || \text{Einsetzen in die Bewegungsgleichung}$

$\dot{x}(t) = -A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$

$\ddot{x}(t) = -A \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t) - B \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad || \text{Einsetzen in die Bewegungsgleichung}$

~~$-m A \omega^2 \cos(\omega t) - m B \omega^2 \sin(\omega t) + mg \cdot \frac{A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t)}{L} + k_F \cdot A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) = 0$~~

$\left(-m A \omega^2 + \frac{mg A}{L} + k_F A \right) \cdot \cos(\omega t) + \left(-m B \omega^2 + \frac{mg B}{L} + k_F B \right) \sin(\omega t) = 0$

$\left(-m A \omega^2 + A \cdot \left[\frac{mg}{L} + k_F \right] \right) \cdot \cos(\omega t) + \left(-m B \omega^2 + B \cdot \left[\frac{mg}{L} + k_F \right] \right) \sin(\omega t) = 0$

$-m A \omega^2 + A \cdot \left[\frac{mg}{L} + k_F \right] = 0$

$-m B \omega^2 + B \cdot \left[\frac{mg}{L} + k_F \right] = 0$

$\sin(\omega t)$ und $\cos(\omega t)$ können nicht 0 sein, da die Gleichung für $\forall t$ gelten muss.

$A \cdot \left(-m \omega^2 + \left[\frac{mg}{L} + k_F \right] \right) = 0$

A kann nicht 0 sein, da die Gleichung $x(0) = B \cdot \sin(\omega t)$ nicht gilt. (Anfangsbedingung!)

$-m \omega^2 + \left[\frac{mg}{L} + k_F \right] = 0$

$\omega = \sqrt{\frac{\frac{mg}{L} + k_F}{m}}$

Anfangsbedingungen! $x(0) = x_0$ und $\dot{x}(0) = 0 \Rightarrow A$ und B

$\Rightarrow x(t) = x_0 \cos(\omega t)$

$\omega = \sqrt{\frac{g}{L} + \frac{k_F}{m}}$

Aufgabe 1

$$c) T_{\text{Pendel}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} = 2$$

$$L = \frac{g}{\pi^2}$$

$$T_{\text{Ges}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{L} + k_F}} = 1$$

$$1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{\frac{g}{\pi^2}} + k_F}}$$

$$\frac{1}{4\pi^2} = \frac{m}{\frac{mg}{\frac{g}{\pi^2}} + k_F}$$

$$\frac{1}{4\pi^2} = \frac{m}{m\pi^2 + k_F}$$

$$4\pi^2 = \frac{m\pi^2 + k_F}{m}$$

$$k_F = 4\pi^2 m - m\pi^2 = 3\pi^2$$

$$\underline{k_F = 29.61 \frac{N}{m}} \quad \checkmark$$

Aufgabe 2

$$a) U_C + U_L = 0$$

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad \parallel \text{ in Gleichung einsetzen}$$

$$\frac{Q}{C} + L \cdot \frac{d(\frac{dQ}{dt})}{dt} = 0 \quad \parallel \begin{array}{l} I \text{ ist negativ weil der Strom} \\ \text{aus dem Kondensator fließt.} \end{array} \Rightarrow \text{Stimmt nicht, ist positiv}$$

$$\frac{Q}{C} + L \cdot \frac{d^2 Q}{dt^2} = 0$$

$$\underline{\underline{-L \ddot{Q} + \frac{1}{C} Q = 0}} \quad \underline{\underline{L \ddot{Q} + \frac{1}{C} Q = 0}}$$

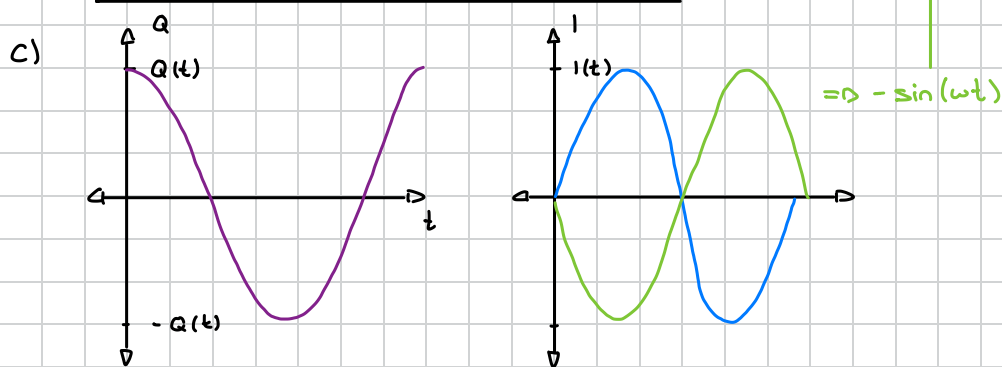
$$b) L = -mg$$

$$\frac{1}{C} = \frac{mg}{L} + k_F$$

$$Q = x$$

$Q(t) = Q_0 \cdot \cos(\omega t)$ // Gleichung für die allgemeine harmonische Schwingung

$$I(t) = -\frac{dQ}{dt} = \dot{Q}(t) = Q_0 \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$



Aufgabe 3

a) $F_{\text{links}} - F_{\text{rechts}} = F_{\text{ges}}$ // F_{rechts} ist negativ, da F_{rechts} gegen F_{links} wirkt.

$$\pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot \left(h_0 + \frac{\Delta h}{2}\right) \cdot g - \pi \cdot R^2 \cdot \rho \cdot \left(h_0 - \frac{\Delta h}{2}\right) \cdot g = m \cdot \ddot{h}$$

$$m \ddot{h} - \pi R^2 \rho \cdot \left(h_0 + \frac{\Delta h}{2}\right) \cdot g + \pi R^2 \rho \cdot \left(h_0 - \frac{\Delta h}{2}\right) \cdot g = 0$$

$$m \ddot{h} - 2\pi R^2 \rho \frac{\Delta h}{2} g = 0$$

$$\underline{m \ddot{h} - \pi R^2 \rho \Delta h g = 0} \quad // \text{ da } m = \rho V \rightarrow \ddot{h} = -\frac{g}{h_0} h$$

$$h(t) = \frac{\Delta h}{2} \cdot \cos(\omega t) \quad // \text{ Allgemeine Gleichung einer harmonischen Schwingung}$$

$$\dot{h}(t) = -\frac{\Delta h}{2} \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\ddot{h}(t) = -\frac{\Delta h}{2} \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega t) \quad // \text{ Einsetzen in Bewegungsgleichung}$$

$$-m \cdot \frac{\Delta h}{2} \omega^2 \cos(\omega t) - \pi R^2 \rho \Delta h g = 0 \quad // \omega = 2\pi/T$$

$$-m \frac{\Delta h}{2} \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) - \pi R^2 \rho \Delta h g = 0$$

$$-2\pi R^2 \rho h_0 \cdot \frac{\Delta h}{2} \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) - \pi R^2 \rho \Delta h g = 0$$

$$-\pi R^2 \rho h_0 \Delta h \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) - \pi R^2 \rho \Delta h g = 0$$

Wenn $h(t) = 0$ dann ist entweder Δh oder $\cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) = 0$ Keine Ahnung ob das stimmt

$$-\pi R^2 \rho h_0 \frac{4\pi^2}{T^2} - \pi R^2 \rho g = 0$$

$$\pi R^2 \rho \left(h_0 \frac{4\pi^2}{T^2} + g \right) = 0 \quad \parallel \pi R^2 \rho \text{ kann nicht 0 sein}$$

$$h_0 \frac{4\pi^2}{T^2} + g = 0$$

$$\underline{\underline{h_0 = -\frac{g \cdot T^2}{4\pi^2} = -0.1 \text{ m}}}$$

Die Höhe ist negativ da wir die Oberfläche der Flüssigkeit während dem Gleichgewicht als 0-Punkt betrachten.

$$b) \frac{\Delta h^*}{2} = 0.0015 \text{ m} = h(t)$$

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

$$h(t) = \pm \frac{\Delta h}{2} \cdot \cos(\omega t) \quad \parallel \pm \frac{\Delta h}{2} \Rightarrow 2 \text{ Ergebnisse}$$

$$\underline{\underline{t = \frac{\arccos\left(\frac{\pm \Delta h}{2h(t)}\right)}{\omega} = 0.14 \text{ s} / 0.17 \text{ s} \quad (\text{Periodisch!})}}$$

Aufgabe 1

a) $V_0 = \frac{1}{T}$ || $T \sim 0.95s$ (Sollte man das vom Graph abschätzen?)

$$\underline{V_0 = \frac{1}{0.95} = 1.05 \text{ Hz}}$$

$x(t) = A e^{-\gamma t} \cdot \cos(\omega t)$ || Allgemeine Gleichung für harmonische Schwingungen mit schwacher Dämpfung; $A = 0.4$; bei Amplituden ist $\cos(\omega t) = 1$
 $x(t) = A e^{-\gamma t}$ || $t = 1.95s \rightarrow x(t) = 0.1m$

$$0.1 = 0.4 \cdot e^{-1.95\gamma}$$

$$\ln(0.25) = -1.95\gamma$$

$$\underline{-m \cdot \frac{\ln(0.25)}{1.95} = \gamma = 0.427}$$

|| Verbesserung für Serie, bitte einheitlich. Entweder γ oder b

$\omega_0 = \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ || kann man $\omega = \omega_0$ behaupten?

$$k = \omega_0^2 m$$

$$\underline{\omega_0 = V_0 \cdot 2\pi = 1.05 \cdot 2\pi = 6.60}$$

$$\underline{k = 6.60^2 \cdot 0.6 = 26.1}$$

$$Q = \omega_0 \cdot \tau$$

$$\tau = \frac{1}{\gamma} = \frac{m}{k} = \frac{0.6}{0.427} = 1.41$$

$$\underline{Q = 6.60 \cdot 1.41 = 9.28}$$

b) $\ddot{x}(t) + \gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos(\Omega t)$

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F_0 \cos(\Omega t)$$

$x(t) = X_0 \cdot \cos(\Omega t)$ || Gleichung für harmonische Schwingung im Gleichgewicht.

$$\dot{x}(t) = -X_0 \cdot \Omega \cdot \sin(\Omega t)$$

$$\ddot{x}(t) = -X_0 \cdot \Omega^2 \cdot \cos(\Omega t)$$

$$-m \cdot X_0 \Omega^2 \cos(\Omega t) - b \cdot X_0 \Omega \sin(\Omega t) + k \cdot X_0 \cos(\Omega t) = F_0 \cos(\Omega t)$$

$(kX_0 - mX_0\Omega^2) \cos(\Omega t) - bX_0\Omega \sin(\Omega t) = F_0 \cos(\Omega t)$ || Da das Endresultat nicht von $\sin(\Omega t)$ abhängt, muss es 0 sein
 $\Rightarrow F_0 = kX_0 - mX_0\Omega^2$

Aufgabe 1

$$\Omega = \sqrt{\frac{F_0}{k x_0 - m x_0}} = \sqrt{\frac{0.5}{26.1 \cdot 0.08 - 0.6 \cdot 0.08}} = 0.495$$

$$\begin{aligned} c) \quad \delta &= \arctan\left(\frac{-\gamma \Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}\right) \quad \parallel \quad \gamma = \frac{b}{m} = 0.427 \\ &= \arctan\left(\frac{-0.427 \cdot 0.495}{6.6^2 - 0.495^2}\right) = -0.299^\circ \end{aligned}$$

Aufgabe 2

$$a) \quad \ddot{x}_1(t) = -\omega_0^2 x_1 - \frac{k}{m} (x_1 - x_2)$$

$$\ddot{x}_2(t) = -\omega_0^2 x_2 - \frac{k}{m} (x_2 - x_1)$$

$$b) \quad \begin{aligned} z_1 &= x_1 - x_2 \\ z_2 &= x_1 + x_2 \end{aligned} \quad \left\{ \begin{aligned} x_1 &= \frac{z_1 + z_2}{2} \\ x_2 &= \frac{z_2 - z_1}{2} \end{aligned} \right. \quad \text{Einsetzen}$$

$$\frac{1}{2} (\ddot{z}_1 + \ddot{z}_2) = -\omega_0^2 \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} - \frac{k}{m} \left(\frac{z_1 + z_2}{2} - \frac{z_2 - z_1}{2} \right)$$

$$\frac{1}{2} (\ddot{z}_1 + \ddot{z}_2) = -\omega_0^2 \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} - \frac{k}{m} z_1$$

$$\frac{1}{2} (\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) = -\omega_0^2 \cdot \frac{z_2 - z_1}{2} - \frac{k}{m} \left(\frac{z_2 - z_1}{2} - \frac{z_1 + z_2}{2} \right)$$

$$\frac{1}{2} (\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) = -\omega_0^2 \cdot \frac{z_2 - z_1}{2} + \frac{k}{m} z_1$$

Addieren oder subtrahieren

$$\text{Addition: } \ddot{z}_2 = -\omega_0^2 z_2$$

$$\text{Subtraktion: } \ddot{z}_1 = -\omega_0^2 z_1 - 2 \frac{k}{m} z_1$$

$$c) \quad z_1 = 0 \quad \parallel \Rightarrow x_1 = x_2$$

$\Rightarrow x_1(0) = x_2(0) \rightarrow$ Beide Pendeln sind zu jeden Zeitpunkt an der gleichen Position. Daraus folgt, dass die Kreisfrequenz gleich ist. $\omega = \omega_0$

$$z_2 = 0 \quad \parallel \Rightarrow x_1 = -x_2$$

$\Rightarrow x_1(0) = -x_2(0) \rightarrow$ Die Positionen der Pendel ist unterschiedlich
 $\omega = \sqrt{\omega_0^2 + 2 \frac{k}{m}}$

Aufgabe 3

Aufgabe 3 ist sehr assoziell ü

a) $V = \frac{3}{2\pi} \left\| \right. \text{Hätte ich hier auch nur mit Variablen rechnen sollen?}$

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{\text{eff}}}{m_{\text{eff}}}}$$

$$k_{\text{eff}} = \frac{3 \cdot E \cdot l}{L^3}$$

$$I = \frac{H^3 W}{12} = \frac{(200 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (50 \cdot 10^{-6})}{12} = 3.33 \cdot 10^{-26}$$

$$k_{\text{eff}} = \frac{3 \cdot 170 \cdot 10^9 \cdot 3.33 \cdot 10^{-26}}{(120 \cdot 10^{-6})^3} = 9.84 \cdot 10^{-3}$$

$$m_0 = \rho \cdot L \cdot W \cdot H = 2320 \cdot 120 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 10^{-9} = 2.78 \cdot 10^{-12}$$

$$m_{\text{eff}} = \frac{3}{16} m_0 = \frac{3}{16} \cdot 2.78 \cdot 10^{-12} = 5.22 \cdot 10^{-13}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k_{\text{eff}}}{m_{\text{eff}}}} = \sqrt{\frac{9.84 \cdot 10^{-3}}{5.22 \cdot 10^{-13}}} = 137060$$

$$V = \frac{137060}{2\pi} \approx 21800 \text{ Hz}$$

$$L = \frac{9}{4\pi^2 V^2} = \frac{9.84}{4 \cdot \pi^2 \cdot (21800)^2} = 0.521 \text{ nm}$$

b) $V = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\text{eff}}}{m_{\text{eff}}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\text{eff}}}{\frac{3}{16} m_0}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{16 k_{\text{eff}}}{3 m_0}}$

$$\Rightarrow V = \frac{C}{\sqrt{m}} \quad \text{mit} \quad C = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{16 k_{\text{eff}}}{3}}$$

Taylorreihe:

$$V(m_0 + \Delta m_0) \approx V(m_0) + \left(\frac{dV}{dm} \right)_{m_0} \cdot \Delta m_0$$

$$\frac{dV}{dm} = -\frac{C}{2} \cdot m^{-3/2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{dV}{dm} \right)_{m_0} = -\frac{C}{2} \cdot m_0^{-3/2}$$

$$\Delta V = V(m_0 + \Delta m_0) - V(m_0) \quad \parallel \text{Approximation einsetzen}$$

Aufgabe 3

$$\Delta V = \left(\frac{dV}{dm} \right)_{m_0} \cdot \Delta m_0$$

$$\Delta m_0 = - \frac{2}{c \cdot m_0^{-3/2}} \cdot \Delta V$$

$$= - \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{16 \text{ kg}}{3}} \cdot m_0^{-3/2}} \cdot \Delta V$$



Kommt das an der Prüfung?

c) Ich habe kein Plan... ʘ



Aufgabe 1

$$a) \quad v = \sqrt{\frac{F_s}{m}} = \sqrt{\frac{90}{0,25}} = \sqrt{360} \text{ m s}^{-1}$$

$$v = \frac{\tau}{T} = \frac{120}{1} = 120 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad || \quad k = \frac{\omega}{v}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\frac{\omega}{v}} = \frac{v}{f} = \frac{18,9}{120} = 1,58 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$\tilde{v} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1,58 \cdot 10^{-1}} = 6,33$$

$$A_0 = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$b) \quad \xi(x, t) = \xi_0 \cdot \sin(kx - kv t) \quad || \quad \omega = 2\pi \cdot 120 = 240\pi$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = -\xi_0 \cdot kv \cdot \cos(kx - kv t)$$

$$\frac{\partial \xi^2}{\partial t^2} = -\xi_0 \cdot (kv)^2 \cdot \sin(kx - kv t)$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} = \xi_0 \cdot k \cdot \cos(kx - kv t)$$

$$\frac{\partial \xi^2}{\partial x^2} = -\xi_0 \cdot k^2 \cdot \sin(kx - kv t)$$

$$\frac{\partial \xi^2}{\partial t^2} = v^2 \cdot \frac{\partial \xi^2}{\partial x^2}$$

$$-\xi_0 \cdot (kv)^2 \cdot \sin(kx - kv t) = v^2 \cdot (-\xi_0 \cdot k^2 \cdot \sin(kx - kv t))$$

$$c) \quad \sin(\phi) = 0$$

$$\Rightarrow \phi = 0, \pi$$

Aufgabe 2

a) $\Delta u = -L' dx \cdot \frac{\partial I}{\partial t}$ // Negativ \rightarrow Lenzsche Regel

$$\Delta u = u(x+dx, t) - u(x, t)$$

$$\Rightarrow u(x+dx, t) - u(x, t) = -L' dx \cdot \frac{\partial I}{\partial t}$$
 // durch dx dividieren und $dx \rightarrow 0$ damit wir die charakteristische Gleichung

$$\underline{\underline{\frac{\partial u}{\partial x} = -L' \cdot \frac{\partial I}{\partial t}}}$$

$$\frac{df}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

$$\Delta I = C' dx \cdot \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\Delta I = I(x, t) - I(x+dx, t)$$

$$\Rightarrow I(x, t) - I(x+dx, t) = C' dx \cdot \frac{\partial u}{\partial t}$$
 // durch dx dividieren und $dx \rightarrow 0$ wie oben

$$\underline{\underline{-\frac{\partial I}{\partial x} = C' \frac{\partial u}{\partial t}}}$$

Telegraphengleichung

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -L' \frac{\partial I}{\partial t}$$

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -C' \frac{\partial u}{\partial t}$$

b) $\frac{\partial u}{\partial x} = -L' \frac{\partial I}{\partial t}$

$$\frac{\partial u^2}{\partial x^2} = -L' \frac{\partial I^2}{\partial t \partial x}$$
 // Abgeleitet nach x

$$\frac{\partial u^2}{\partial x \partial t} = -L' \frac{\partial I^2}{\partial t^2}$$
 // Abgeleitet nach t

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -C' \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\frac{\partial I^2}{\partial x \partial t} = -C' \frac{\partial u^2}{\partial t^2}$$
 // Abgeleitet nach t

$$\frac{\partial I^2}{\partial x^2} = -C' \frac{\partial u^2}{\partial t \partial x}$$
 // Abgeleitet nach x

$$\underline{\underline{\frac{\partial u^2}{\partial x^2} = C' L' \frac{\partial u^2}{\partial t^2}}}$$

$$\underline{\underline{\frac{\partial I^2}{\partial x^2} = C' L' \frac{\partial I^2}{\partial t^2}}}$$

c) $\frac{\partial \xi^2}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial \xi^2}{\partial x^2} \Leftrightarrow \frac{\partial u^2}{\partial t^2} = \frac{1}{L' C'} \frac{\partial u^2}{\partial x^2}$

$$\Rightarrow v = \frac{1}{\sqrt{L' C'}} \Rightarrow \text{NUS II Berechnung Frequenz Spannungs/Stromquelle}$$

Aufgabe 3

$$a) \quad v_e = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad || \quad E = \frac{\sigma l}{\Delta l}$$

$$v_i = \sqrt{\frac{\sigma l}{\Delta l \rho}} \quad || \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{LA}$$

$$v_i = \sqrt{\frac{\sigma l^2 A}{\Delta l m}} \quad || \quad \text{Rückstellkraft } F_R = \sigma A$$

$$v_i = \sqrt{\frac{F_R l^2}{\Delta l m}} \quad || \quad \frac{F_R}{\Delta l} = k$$

$$v_i = l \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \square$$

$$b) \quad F_R = k(l - l_0) \quad || \quad l_0 \rightarrow 0$$

$$F_R \approx kl$$

$$v_t = \sqrt{\frac{F_R}{\mu}} \quad || \quad \mu = \frac{m}{l} \rightarrow \text{wurde nicht in der Vorlesung besprochen glaube ich :)$$

$$v_t = \sqrt{\frac{kl^2}{m}} = l \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \square$$

Wenn $l \gg l_0$ dann ist $v_t = v_i$. Ist $l \ll l_0$, so ist die $v_i \gg v_t$.

Seite 4

Aufgabe 1

$$a) \quad v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{160 \cdot 10^9}{10000}} = \underline{\underline{4000 \text{ ms}^{-1}}}$$

$$b) \quad f(x, t) = A \cdot \cos(kx - \omega t)$$

$$k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow f(x, t) = A \cdot \cos\left(\frac{\omega}{v} \cdot x - \omega t\right)$$

$$c) \quad k = \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi \cdot 5000}{4000} = \underline{\underline{2.5\pi \text{ rad m}^{-1}}}$$

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

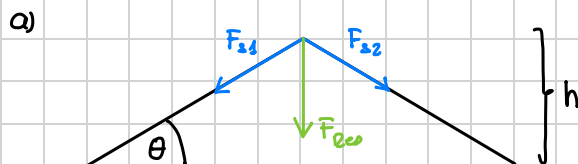
$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{2.5\pi} = \underline{\underline{0.8 \text{ m}}}$$

$$d) \quad \langle I \rangle = \frac{1}{2} \rho \frac{\omega^3}{k} A^2 = \frac{1}{2} \cdot 10000 \cdot \frac{(2\pi \cdot 5000)^3}{2.5\pi} \cdot (2 \cdot 10^{-4})^2 = \underline{\underline{7.90 \cdot 10^4 \text{ W m}^{-2}}}$$

$$\langle I \rangle = \frac{\langle P \rangle}{A_D}$$

$$\Rightarrow \langle P \rangle = \langle I \rangle \cdot A_D = 7.90 \cdot 10^4 \cdot 0.0001 = \underline{\underline{7.90 \text{ W}}}$$

Aufgabe 2



$$\tan = \frac{h}{L/2} = \frac{2h}{L}$$

$$F_{s1} = F_{s2}$$

$$F_{ew} = \sin(\theta) \cdot F_{s1} + \sin(\theta) \cdot F_{s2} = 2 \cdot \sin(\theta) \cdot F_s \quad \parallel \text{ Identität } \Rightarrow \text{ Für kleine Winkel gilt: } \sin(\theta) = \tan(\theta) = 2h/L$$

$$\Rightarrow F_{ew} = \frac{4hF}{L} \Rightarrow 4F \cdot \int_0^h \frac{h}{L} = 4F \cdot \left[\frac{h^2}{2L} \right]_0^h = 4F \cdot \frac{h^2}{2L}$$

$$E_{pot} = F \cdot s = F_{ew} \cdot h = \frac{4h^2 F}{L} = \frac{4 \cdot 0.005^2 \cdot 10}{0.5} = \underline{\underline{2 \cdot 10^{-3} \text{ J}}}$$

$$b) \quad P = \frac{E}{t} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5} = \underline{\underline{4 \cdot 10^{-4} \text{ W}}}$$

$$I = \frac{P}{A_D} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{4\pi \cdot 10^1} = \underline{\underline{3.16 \cdot 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}}} \quad \parallel 4\pi \cdot r^2 = \text{Fläche einer Kugel}$$

$$IP = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \parallel I_0 = 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$$

$$= 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{3.16 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} \right) = 55 \text{ dB} = \underline{\underline{52 \text{ dB}}}$$

Aufgabe 3

$$I = \frac{P}{A_D} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{\frac{P}{4\pi I}}$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{10^{-6}}{4\pi \cdot 10^{-12}}} = 282 \text{ m}$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{10^{-5}}{4\pi \cdot 10^{-12}}} = 892 \text{ m}$$

! Der Schall breitet sich in eine Kugel aus. Distanzen durch 2 dividieren.

Entfernung $\approx \underline{\underline{181 - 446 \text{ m}}}$

Aufgabe 1

$$a) \quad r := \frac{A_2}{A_{in}} \quad t := \frac{A_T}{A_{in}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{E_1}{\rho_1}} = \sqrt{\frac{191 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^{-2}}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{E_2}{\rho_2}} = \sqrt{\frac{80 \cdot 10^9}{20 \cdot 10^{-3}}}$$

$$\xi_{in}(0, t) + \xi_2(0, t) = \xi_T(0, t)$$

$$\Rightarrow A_{in} e^{-i\omega t} + A_2 e^{-i\omega t} = A_T e^{-i\omega t}$$

$$A_{in} + A_2 = A_T$$

Hook'sche Gesetz:

$$\sigma = E \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad || \quad \sigma_1 = \sigma_2 \Rightarrow \text{Kräfteübertragung}$$

$$\Rightarrow E_1 \cdot \frac{\partial \xi_{in}}{\partial x} + E_1 \cdot \frac{\partial \xi_2}{\partial x} = E_2 \cdot \frac{\partial \xi_T}{\partial x}$$

$$E_1 \cdot \frac{i\omega}{v_1} \cdot A_{in} e^{i\omega(\frac{x}{v_1} - t)} - E_1 \cdot \frac{i\omega}{v_1} \cdot A_2 e^{i\omega(\frac{x}{v_1} - t)} = E_2 \cdot \frac{i\omega}{v_2} \cdot A_T e^{i\omega(\frac{x}{v_2} - t)}$$

↳ Minus von der Ableitung

$$\Rightarrow E_1 \cdot (A_{in} - A_2) = E_2 \cdot \frac{v_1}{v_2} \cdot A_T$$

$$E_1 \cdot (A_{in} - A_2) = E_2 \cdot \frac{v_1}{v_2} \cdot (A_{in} + A_2)$$

$$E_1 \cdot A_{in} - E_1 \cdot A_2 = E_2 \cdot \frac{v_1}{v_2} \cdot A_{in} + E_2 \cdot \frac{v_1}{v_2} \cdot A_2$$

$$A_{in} \cdot \left(E_1 - \frac{E_2 v_1}{v_2} \right) = A_2 \cdot \left(\frac{E_2 v_1}{v_2} + E_1 \right)$$

$$\Rightarrow A_2 = \frac{E_1 - \frac{E_2 v_1}{v_2}}{\frac{E_2 v_1}{v_2} + E_1} \cdot A_{in} \quad || \quad \text{Werte einsetzen}$$

$$A_2 = -\frac{1}{19} A \quad \rightarrow \quad r = -\frac{1}{19}$$

$$A_T = \frac{18}{19} A \quad \rightarrow \quad t = \frac{18}{19}$$

Aufgabe 1

b) $I = A^2$ || I proportional zu A^2

$$I_{in} = A_{in}^2 = 1$$

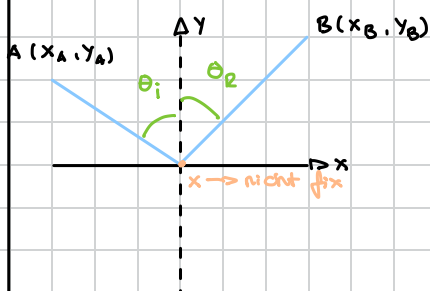
$$I_e = A_e^2 = \frac{1}{361}$$

$$IP = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{361}\right) = -10 \cdot \log(361) \quad || 361 \approx 2^8$$

$$= -80 \cdot \log(2) = \underline{\underline{-24dB}}$$

Aufgabe 2

$$\frac{dt_{tot}}{dx} \stackrel{!}{=} 0$$



$$t_{tot} = \frac{\sqrt{y_A^2 + (x - x_A)^2}}{v} + \frac{\sqrt{y_B^2 + (x_B - x)^2}}{v}$$

$$\frac{dt_{tot}}{dx} = \frac{1}{v} \frac{2x - 2x_A}{\sqrt{y_A^2 + (x - x_A)^2}} - \frac{1}{v} \frac{2x - 2x_B}{\sqrt{y_B^2 + (x_B - x)^2}} \quad \rightarrow \text{Minus von der Ableitung}$$

$$= \frac{\sin(\theta_i)}{v} - \frac{\sin(\theta_r)}{v} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow \theta_i = \theta_r$$

Aufgabe 3

$$\theta_{in} = \frac{v_1}{v_2} \quad || v_2 \text{ muss klein sein}$$

\Rightarrow Gummi würde sich am besten eignen

Form:

