

Disclaimer: Diese Bearbeitung der Prüfung ist ein Lösungsvorschlag.
Es besteht keine Garantie auf Korrektheit !

Bitte schreibe mir eine E-Mail falls du einen Fehler bemerkst:

ldewindt@ethz.ch

Lina De Windt

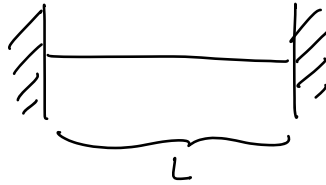
Vielen Dank an Aaron Griesser für das Korrekturlesen !

Aufgabe 1

$\mu = 0.1 \text{ kg/m}$

$F_s = 10000 \text{ N}$

$L = 10 \text{ m}$



a) Seilwelle: $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}} = \sqrt{\frac{F_s}{\mu}} = \sqrt{\frac{10000 \text{ N}}{0.1 \text{ kg/m}}} \approx \underline{\underline{316 \text{ m/s}}}$

$$S = \frac{F_s}{A}, \quad \rho = \frac{\mu}{A}$$

b) Wir haben stehende Wellen, wobei beide Seiten fest sind.

$$\Rightarrow \xi_n(x,t) = A \sin(k_n x) \sin(\omega_n t)$$

Randbedingungen: $\xi_n(0,t) = A \sin(0) \sin(\omega_n t) = 0 \stackrel{!}{=} 0 \quad \checkmark$

$$\xi_n(L,t) = A \sin(k_n L) \sin(\omega_n t) \stackrel{!}{=} 0 \quad \forall t$$

$$\Rightarrow \sin(k_n L) \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Leftrightarrow k_n L = n\pi$$

$$\Leftrightarrow \frac{2\pi}{\lambda_n} L = n\pi$$

$$/ k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n}$$

Resonanzbedingung:

$$\Leftrightarrow \lambda_n = \frac{2L}{n}$$

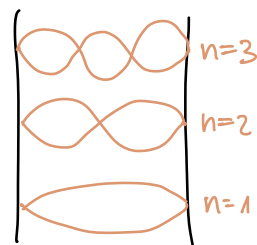
$$v = 316 \text{ m/s aus a)}$$

$$\Rightarrow \text{Grundschiwingung: } n=1 \Rightarrow \lambda_1 = 2L \Rightarrow f_0 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{316 \text{ m/s}}{2 \times 10 \text{ m}} = \underline{\underline{15.8 \text{ Hz}}}$$

$$\Rightarrow \text{1. Harmonische: } n=2 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2L}{2} = L \Rightarrow f_1 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{316 \text{ m/s}}{10 \text{ m}} = \underline{\underline{31.6 \text{ Hz}}}$$

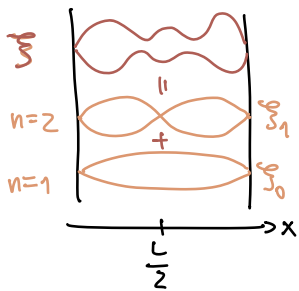
$$\Rightarrow \text{2. Harmonische: } n=3 \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{3} \Rightarrow f_2 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{316 \text{ m/s}}{\frac{2}{3} \times 10 \text{ m}} = \underline{\underline{47.4 \text{ Hz}}}$$

Achtung: $f_0, \omega_0 \leftrightarrow n=1$
 $f_1, \omega_1 \leftrightarrow n=2$
 $\vdots$



c) Nur Grundschwingung & 1. Harmonische $\rightarrow$ Ansatz: $\xi(x,t) = \xi_0(x,t) + \xi_1(x,t)$

$$\xi(x, t=0) = 0 \quad \forall x$$



Maximale Auslenkung: $A \begin{cases} \text{bei } x = \frac{L}{2} & , t = \frac{1}{4f_0} \\ \text{bei } x = \frac{L}{4} & , t = \frac{1}{8f_0} \end{cases}$

Wellenfunktion?

$$\Rightarrow \xi(x,t) = \underbrace{\xi_0(x,t)}_{\text{Grundschwingung}} + \underbrace{\xi_1(x,t)}_{\text{1. Harmonische}} = A_0 \overset{k=\frac{2\pi}{\lambda} \text{ bekannt}}{\sin(k_0 x)} \overset{\text{bekannt}}{\sin(\omega_0 t)} + A_1 \overset{\text{bekannt}}{\sin(k_1 x)} \overset{\text{bekannt}}{\sin(\omega_1 t)}$$

$$\Rightarrow \zeta(x = \frac{L}{2}, t = \frac{1}{4f_0}) = A_0 \sin(k_0 \cdot \frac{L}{2}) \sin(\omega_0 \cdot \frac{1}{4f_0}) + A_1 \sin(k_1 \cdot \frac{L}{2}) \cdot \sin(\omega_1 \cdot \frac{1}{4f_0}) \stackrel{!}{=} A$$

$$\begin{cases} k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} = \frac{2\pi}{2L} = \frac{\pi}{L} \\ k_1 = \frac{2\pi}{\lambda_1} = \frac{2\pi}{L} \\ \omega_0 = 2\pi f_0 \\ \omega_1 = 2\pi f_1 = 2\pi - 2f_0 \end{cases} \Leftrightarrow A_0 \underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{L} \cdot \frac{L}{2}\right)}_{=\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)=1} \underbrace{\sin\left(\frac{2\pi f_0}{4f_0}\right)}_{=\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)=1} + A_1 \underbrace{\sin\left(\frac{2\pi}{L} \cdot \frac{L}{2}\right)}_{=\sin(\pi)=0} \cdot \sin\left(\frac{4\pi f_0}{4f_0}\right) \stackrel{!}{=} A$$

$$\Leftrightarrow A_0 = A$$

$$\Rightarrow \varphi \left(x = \frac{L}{4}, t = \frac{1}{8f_0} \right) = A_0 \sin \left(k_0 \cdot \frac{L}{4} \right) \sin \left(\omega_0 \cdot \frac{1}{8f_0} \right) + A_1 \sin \left(k_1 \cdot \frac{L}{4} \right) \sin \left(\omega_1 \cdot \frac{1}{8f_0} \right) \stackrel{!}{=} A$$

$$= A_0 \underbrace{\sin\left(\frac{\pi}{L} \cdot \frac{L}{4}\right)}_{\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)} \underbrace{\sin\left(\frac{2\pi f_0}{8 f_0}\right)}_{\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)} + A_1 \underbrace{\sin\left(\frac{2\pi}{L} \cdot \frac{L}{4}\right)}_{\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)} \underbrace{\sin\left(\frac{4\pi f_0}{8 f_0}\right)}_{\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)} \stackrel{!}{=} A$$

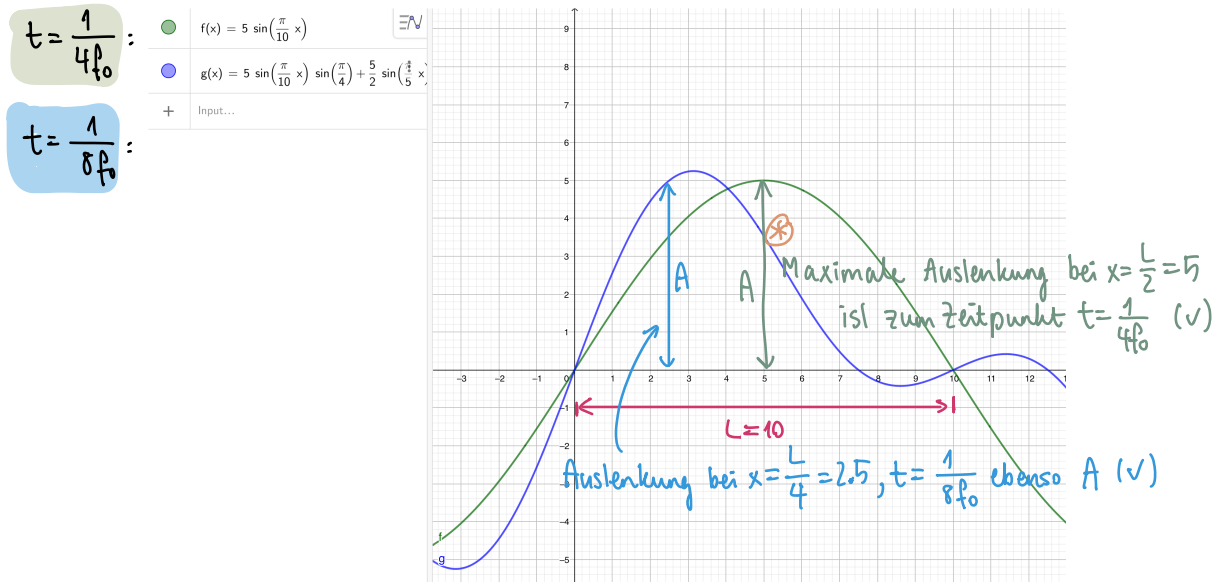
$$\Rightarrow \frac{1}{2} A_0 + A_1 = A \quad / \quad A_0 = A$$

$$\Leftrightarrow A_1 = A - \frac{1}{2} A = \frac{1}{2} A$$

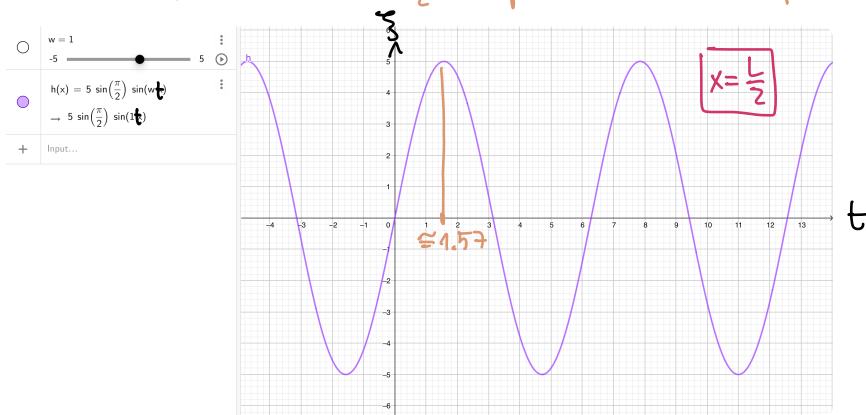
$$\Rightarrow \xi(x,t) = A \left(\sin(k_0 x) \sin(\omega_0 t) + \frac{1}{2} \sin(k_1 x) \sin(\omega_1 t) \right) \quad \left/ \begin{array}{l} k_{0,1} \quad \omega_{0,1} \\ \text{mit "bekannten"} \\ \text{Größen ersetzen} \end{array} \right.$$

$$= A \left(\sin\left(\frac{\pi}{L} x\right) \sin(2\pi f_0 t) + \frac{1}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{L} x\right) \sin(4\pi f_0 t) \right)$$

Tatsächlich, wenn man es plottet: (Im Plot habe ich $A=5$, $L=10$ verwendet.)



⊗ tatsächlich, wenn man $x = \frac{L}{2} = 5$ fixiert und nach t plottet:



↪ habe $\omega_0=1$ gewählt $\rightarrow$ tatsächlich wird das maximum A bei $x=\frac{L}{2}$ zum Zeitpunkt $t = \frac{1}{4f_0} = \frac{2\pi}{4\omega_0} \approx 1,57$ erreicht!

d) Komische Aufgabe, sehr ungenau gestellt.

① Das Gewicht der Person wird die Seilspannung erhöhen.

Da $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ ^{wird erhöht}, wird sich dadurch auch die Grundschnwingung f_0 erhöhen.

② Je nach dem, wie schwer die Person ist im gegensatz zur Seilkraft und wie fest sie das Seil runtergedrückt und ob sie mitschwingt oder nicht, können verschiedene Aussagen gemacht werden.

Zum einen kann man sagen, dass durch das Gewicht der Person die Seillänge L erhöht wird



↑ Wird gedehnt & verlängert!

Dann erhöht sich auch λ . (Da $\lambda \propto L$ bei stehenden Wellen).

↳ Unter der Annahme, dass die Person mitschwingt

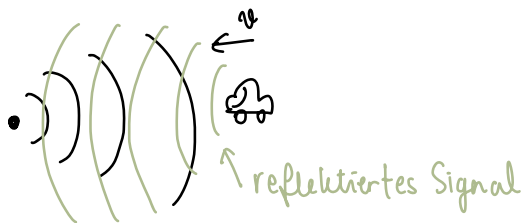
Folglich haben wir $f = \frac{v}{\lambda}$ ^{→ erhöht} $\Rightarrow f_0$ verringert sich.

Jedoch kann es auch sein, dass die Person das Seil so fest beansprucht, dass sie nun wie 2 getrennte Seile betrachtet werden kann. (Die Person wirkt wie ein festes Ende). Dann haben wir 2 Systeme von stehenden Wellen.

Wirklich keine Ahnung, was sie in dieser Aufgabe wollten! :(

Aufgabe 2: $f_t = 20 \text{ GHz} = 20 \times 10^9 \text{ Hz}$

a) $\varphi = 0$, $v = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$



$\Rightarrow$ Das Auto empfängt die Frequenz

$$f_E = f_A \cdot \frac{c_s + v_E}{c_s} = 20 \times 10^9 \text{ Hz} \times \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s} + 15 \text{ m/s}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} \approx 20000001000 \text{ Hz}$$

(Quelle in Ruhe, Empfänger bewegt sich in Richtung der Quelle)

$\Rightarrow$ Da Reflexion die Frequenz einer Welle nicht ändert, kann das Auto nun betrachtet werden als eine Quelle, die ein Signal mit der Frequenz f_E aussendet. Nun haben wir eine bewegende Quelle und der Empfänger (= Radar) in Ruhe:

$$f_{\text{detektiert}} = f_E \cdot \frac{c_s}{c_s - v} = 20000001000 \cdot \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^8 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s}} = \text{in T.R.}$$

$$\Rightarrow \Delta f = f_{\text{detektiert}} - f_{\text{ausgesendet}} = \text{grün} - 20 \text{ GHz} \approx \underline{\underline{2 \text{ kHz}}}$$

b) res. Signal: $\xi_{\text{ausgesendet}} \cdot \xi_{\text{detektiert}} \cdot \text{TP}$
 $\uparrow$
Tiefpass

$$\Leftrightarrow A \cos(k_1 x + \omega_1 t) \cdot A \cos(k_2 x - \omega_2 t) \cdot \text{TP}$$

$$\cos(\alpha) \cdot \cos(\beta) = \frac{1}{2} (\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta))$$

$\rightarrow$ konstant
Bem: Phase ist egal, da wir nur im zeitlichen Verlauf von I interessiert sind.

$$\Leftrightarrow A^2 \cdot \frac{1}{2} (\cos(k_1 x + \omega_1 t - k_2 x + \omega_2 t) + \cos(k_1 x + \omega_1 t + k_2 x - \omega_2 t)) \cdot \text{TP}$$

$$\Leftrightarrow A^2 \cdot \frac{1}{2} \cos((k_1 - k_2)x + \underbrace{(\omega_1 + \omega_2)}_{\text{TP}} t) + \cos((k_1 + k_2)x + (\omega_1 - \omega_2)t) \cdot \underline{\underline{TP}}$$

$f > 10 \text{ GHz} \Rightarrow \text{wird vom Tiefpass unterdrückt}$

$$\Rightarrow \text{Signal} = \underbrace{\frac{1}{2} A^2}_{:= \bar{A}} \cos((k_1 + k_2)x + \underbrace{(\omega_1 - \omega_2)}_{\Delta \omega} t)$$

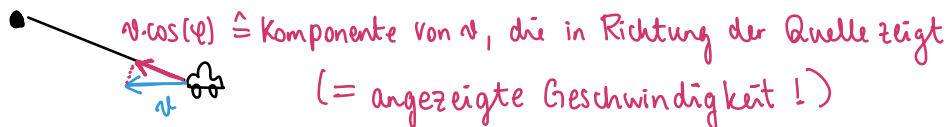
$\Rightarrow$ Wir sind nur am zeitlichen Verlauf interessiert $= \bar{A} \cos(\Delta \omega t)$
(d.h. x ignorieren)

$$\text{Da } I \propto \xi^2 \Rightarrow I \propto \underbrace{\bar{A}^2}_{:= I_0} \cos^2(\Delta \omega t) \quad / \cos^2(\alpha) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2\alpha)$$

$:= I_0$ ($\hat{=}$ Amplitude der Intensität)

$$= I_0 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2\Delta \omega t) \right) = \underline{\underline{\frac{I_0}{2} \cdot (1 + \cos(2 \cdot 2\pi \cdot \Delta f \cdot t))}}$$

c) $\varphi = 0,1 \text{ rad}$

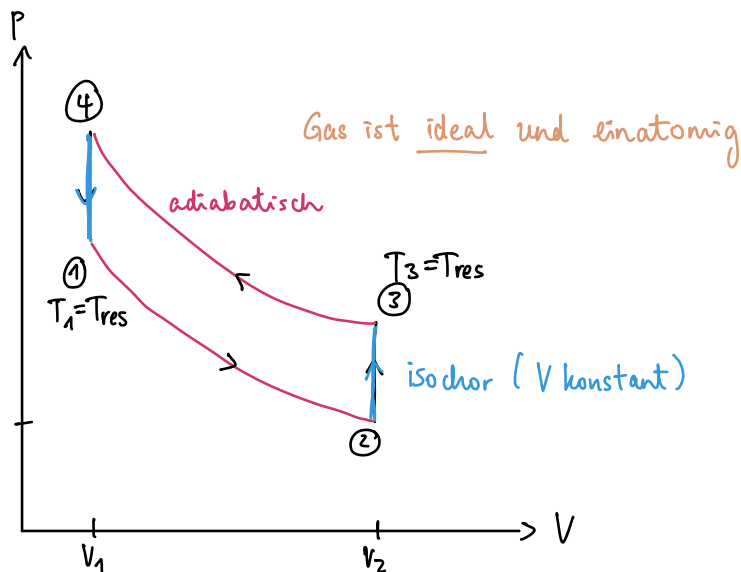


$$1 - \frac{v \cos(\varphi)}{v} \approx 0,005$$

$\Rightarrow$ Die angezeigte Geschwindigkeit wird um etwa 0,5% niedriger sein. //

Aufgabe 3

Stoffmenge ($\tilde{n}$) = ν



a) Adiabatenkoeffizient κ bestimmen:

Verwende Definition: $\kappa = \frac{f+2}{f} = \frac{3+2}{3} = \frac{5}{3}$

Innere Energie U_1 bestimmen:

$f=3$, da wir ein einatomiges Gas haben.

Benutze Hinweis: Gleichverteilungssatz: $U = \frac{f}{2} pV = \frac{f}{2} \tilde{n} RT$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{f}{2} \tilde{n} RT_1 = \frac{3}{2} \nu RT_{\text{Tres}}$$

b) T_2, T_4 in Abhängigkeit von T_{Tres}, V_1 und V_2

$\Rightarrow$ Wir verwenden die Poisson'schen Gleichungen (für adiabatische Prozesse):

$$\begin{aligned} 1 \rightarrow 2: T_1 V_1^{K-1} &= T_2 V_2^{K-1} \\ \Leftrightarrow T_2 &= T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{5}{3}-1} = T_{\text{Tres}} \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} = \underline{\underline{T_{\text{Tres}} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \rightarrow 4: T_3 V_3^{K-1} &= T_4 V_4^{K-1} \\ \Leftrightarrow T_4 &= T_3 \cdot \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{K-1} = T_{\text{Tres}} \cdot \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\frac{2}{3}} \xrightarrow{V_3=V_2, V_4=V_1} \underline{\underline{T_{\text{Tres}} \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{2}{3}}}} \end{aligned}$$

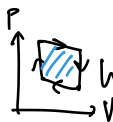
c) $W_{1 \rightarrow 2}^{\leftarrow}$? ← Umgebung an dem Gas

$$W_{1 \rightarrow 2}^{\leftarrow} = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{adiabatisch}}}{\tilde{n} c_v \Delta T} = \nu \cdot \frac{f}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R \left(T_{\text{res}} \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} - T_{\text{res}} \right) =$$

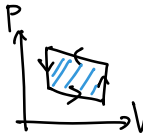
$$= \underline{\underline{\frac{3}{2} \nu R T_{\text{res}} \left(\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right)}}$$

$W^{\leftarrow}$ während eines gesamten Zyklus:

Die im Uhrzeigersinn orientiert eingeschlossene Fläche im pV-Diagramm entspricht der Arbeit, welche das Gas in die Umgebung verrichtet.

D.h.  $W^{\rightarrow} > 0, W^{\leftarrow} < 0$ Da $W^{\leftarrow} = - \int_{V_A}^{V_E} p dV$

Da wir hier eine im Gegenuhreigersinn eingeschlossene Fläche haben, dreht sich das Vorzeichen um:

 $W^{\rightarrow} < 0, W^{\leftarrow} > 0$

Folglich hat hier die Arbeit, welche die Umgebung am Gas während eines gesamten Zyklus verrichtet ein positives Vorzeichen.

d) $Q_{2 \rightarrow 3}^{\leftarrow}$?

Isochore Zustandsänderung: $\Delta Q = \tilde{n} c_v \Delta T$

$$\Rightarrow Q_{2 \rightarrow 3}^{\leftarrow} = \underset{\substack{\uparrow \\ c_v = \frac{f}{2} R}}{\tilde{n} c_v} (T_3 - T_2) = \nu \cdot \frac{f}{2} R \left(T_{\text{res}} - T_{\text{res}} \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} \right) = \underline{\underline{\frac{3}{2} \nu R T_{\text{res}} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} \right)}}$$

e) ΔS während eines gesamten Zyklus?

Zusammenfassung:

Art der Zustandsänderung:	ΔS_{System}	$\Delta S_{\text{Umgebung (= Reservoir)}}$
Allgemein	$\int \frac{dQ^{\leftarrow}(T_{\text{sys}})}{T_{\text{sys}}}$ ↖ Variable	$-\frac{1}{T_{\text{umg}}} \int dQ(T_{\text{umg}})$ ↖ Konstante, Endtemperatur

$$\Delta S = \cancel{\Delta S_{1 \rightarrow 2}} + \Delta S_{2 \rightarrow 3} + \cancel{\Delta S_{3 \rightarrow 4}} + \Delta S_{4 \rightarrow 1} =$$

adiabatische Prozesse haben $\Delta S = 0$

$$= -\frac{1}{T_{\text{res}}} \int dQ_{\text{umg}} - \frac{1}{T_{\text{res}}} \int dQ_{\text{umg}} \quad (\Delta Q = \tilde{n} c_v \Delta T)$$

Temperatur der Umgebung (konstant)

$$= -\frac{1}{T_{\text{res}}} \int_{T_2}^{T_3} \tilde{n} c_v dT - \frac{1}{T_{\text{res}}} \int_{T_4}^{T_1} \tilde{n} c_v dT$$

$$= -\tilde{n} c_v \frac{T_3 - T_2}{T_{\text{res}}} - \tilde{n} c_v \frac{T_1 - T_4}{T_{\text{res}}} = -\tilde{n} c_v \left(\frac{T_{\text{res}} - T_{\text{res}} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{5}}}{T_{\text{res}}} + \frac{T_{\text{res}} - T_{\text{res}} \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\frac{2}{5}}}{T_{\text{res}}} \right) =$$

$$T_1 = T_3 = T_{\text{res}}$$

$$T_2 = T_{\text{res}} \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{5}}$$

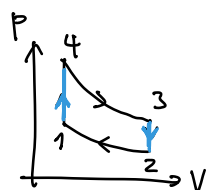
$$T_4 = T_{\text{res}} \cdot \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$= -\tilde{n} c_v \cdot \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} + 1 - \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{\frac{2}{3}} \right) = -\tilde{n} c_v \left(2 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{2}{3}} \right) =$$

$V_1 = V_4$
 $V_2 = V_3$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\Delta S_{\text{umg}} = \frac{3}{2} \nu R \left\{ \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{2}{3}} - 2 \right\}}}$$

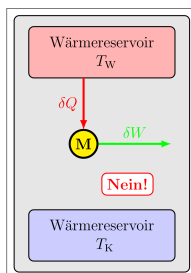
f) Ziel:



mit 1 Wärmereservoir:

Das ist das pV-Diagramm einer Wärmekraftmaschine!

Nein, wegen dem Prinzip von Thompson, wie im Skript gesehen:



1. Thomson:

Es gibt keine periodisch wirkende Vorrichtung (Maschine M), die es gestattet, einem Körper (Wärmereservoir) Wärme (δQ) zu entziehen und in Arbeit zu verwandeln, ohne dass Veränderungen im System oder in der Umgebung zurückbleiben.

Bem: mit einem 2. Reservoir würde es gut funktionieren:

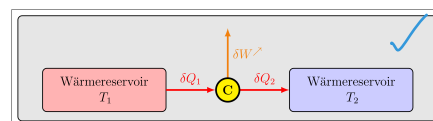
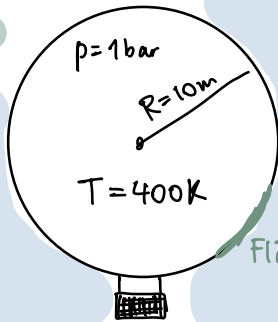


Abbildung 3.18: Prinzip einer Wärmekraftmaschine C.

Aufgabe 4:



Luft: ideales Gas,

Massendichte 1.2 kg/m^3 bei $T=300 \text{ K}$

$p=1 \text{ bar}$

$T=300 \text{ K}$

Umgebung

Flächendichte $\rho_A = 0.1 \text{ kg/m}^2$

$$V_{\text{Ballon}} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

a) Auftriebskraft $F_A = M_{\text{verdrängt}} \cdot g = \rho_{\text{Luft}} \cdot V_{\text{verdrängt}} \cdot g =$

$$= 1.2 \text{ kg/m}^3 \times \frac{4}{3} \pi (10 \text{ m})^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 = \underline{\underline{49 \text{ kN}}}$$

Kugelvolumen

b) $m_{\text{Gesamt}} = m_{\text{Gas}} + m_{\text{Hülle}}$

$$m_{\text{Hülle}} = \rho_{\text{Hülle}} \cdot A_{\text{Ballon}} = 0.1 \text{ kg/m}^2 \times 4 \pi (10 \text{ m})^2 = 125 \text{ kg}$$

Kugeloberfläche $= 4 \pi R^2$

m_{Gas} : Wir haben $pV = \tilde{n}RT$ (ideales Gas)

Im Ballon: $\frac{\tilde{n}}{V_{\text{Ballon}}} = \frac{p_{\text{Ballon}}}{RT_{\text{Ballon}}} = \frac{10^5 \text{ Pa}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400 \text{ K}} = 30 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$

In Umgebung: $\frac{\tilde{n}}{V} = \frac{p_{\text{Luft}}}{RT_{\text{Luft}}} = \frac{10^5 \text{ Pa}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}} = 40 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$

Die Massendichte von Luft ist $1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ bei 300 K :

d.h. in Umgebung: $\rho_{\text{Luft}} = \frac{m}{V} = 1.2 \text{ kg/m}^3$

$$\Rightarrow M = \frac{m}{\tilde{n}} = \frac{m}{V} \cdot \frac{V}{\tilde{n}} = 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1}{40 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}} = 30 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

Molare Masse (Materialkonstante!)

Also erhalten wir: $m_{\text{Gas}} = M \cdot \tilde{n} = M \cdot \tilde{n} \times \frac{V_{\text{Ballon}}}{V_{\text{Ballon}}} = M \times \frac{\tilde{n}}{V_B} \times V_B =$

*1-Trick

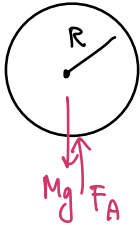
$$= 30 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \times 30 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \times \frac{4}{3} \pi \times (10 \text{ m})^3 = 3.77 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Gesamt}} = m_{\text{Gas}} + m_{\text{Hülle}} = 3.77 \times 10^3 \text{ kg} + 125 \text{ kg} \approx \underline{\underline{3895 \text{ kg}}}$$

kleine Korrektur: hier war die Gewichtskraft gefragt

$$\rightarrow F_G = m_{\text{gesamt}} \cdot g = \underline{\underline{38.2 \text{ kN}}}$$

c) gerade schweben = im Gleichgewicht $\Rightarrow \sum_i \vec{F}_i \stackrel{!}{=} 0$ $pV = \tilde{n}RT$



$$Mg \stackrel{!}{=} F_A = 49 \text{ kN} \quad (M = m_{\text{Gas}} + m_{\text{Hülle}} + 900 \text{ kg})$$

$$\Rightarrow Mg = (m_{\text{Gas}} + m_{\text{Hülle}} + 900 \text{ kg}) \cdot g \stackrel{!}{=} 49 \text{ kN}$$

$$\Leftrightarrow m_{\text{Gas}} \cdot g \stackrel{!}{=} 49 \text{ kN} - (900 \text{ kg} + 125 \text{ kg}) \cdot g = 38.9 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Gas}} \stackrel{!}{=} \frac{38.9 \text{ kN}}{g} \approx 4000 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \text{ideales Gas: } pV = \tilde{n}RT = \frac{m_{\text{Gas}}}{M} RT$$

$$\Leftrightarrow T = \frac{pVM}{m_{\text{Gas}} R} = \frac{1 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{4}{3} \pi (10 \text{ m})^3 \times 30 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{4000 \text{ kg} \times 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = \underline{\underline{378 \text{ K}}}$$