



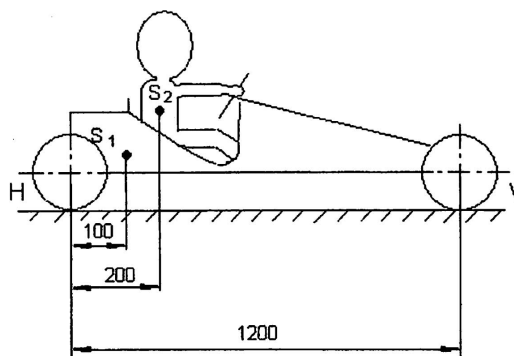
tgtm HP 2010/11-1: Rennkart

(Pflichtaufgabe)

1 Rennkart (vereinfacht)

Die Masse des Rennkarts m_K wird im Schwerpunkt S_1 mit 90 kg und die des Fahrers m_F im Schwerpunkt S_2 mit 80 kg angegeben.

Skizze des Rennkarts (4 Räder)



1.1 Zeichnen Sie den freigemachten Rennkart zur Berechnung der Achskräfte.

3,0

1.2 Berechnen Sie die Radkräfte.

4,0

1.3 Ein Hinterrad kann maximal die Kraft von 900 N und ein Vorderrad maximal die Kraft von 150 N aufnehmen.

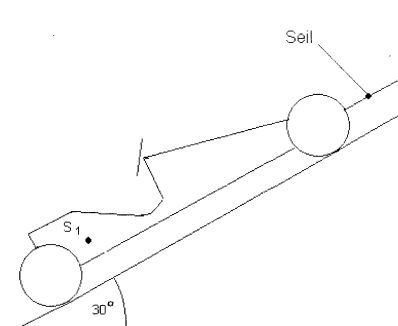
4,0

Entwickeln Sie einen Lösungsweg zur Ermittlung der maximalen Masse des Fahrers.

2 Messe – Präsentation

Der Rennkart wird bei einer Messepräsentation auf einer schiefen Rampe ausgestellt.

Rennkart auf der Rampe



2.1 Zeichnen Sie den freigemachten Rennkart zur Berechnung der Seilkraft.

1,0

2.2 Berechnen Sie die Zugkraft in dem Befestigungsseil.

2,0

2.3 Die Marketingabteilung plant aus optischen Gründen eine Befestigung durch zwei Kunststoffseile (PA 66). Die geforderte Sicherheit beträgt 1,5 bei einer Zugkraft von 450 N.

4,0

Dimensionieren Sie den erforderlichen Durchmesser eines Kunststoffseiles.

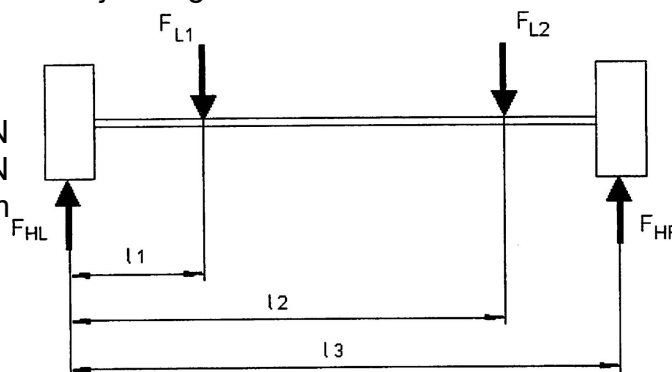
3 Konstruktion der Hinterradachse

4,0

Das Konstruktionsbüro plant entsprechend der jeweiligen Kundenwünsche die Gestaltung der Hinterradachse.

Hinterachsbelastung infolge von Rad- und Lastkräften

F_{HL}	=	878 N	F_{HR}	=	822 N
F_{L1}	=	825 N	F_{L2}	=	875 N
l_1	=	120 mm	l_2	=	695 mm
l_3	=	860 mm			



Ein Kunde wünscht den Einsatz eines Rundstahls aus S275 mit einem Durchmesser von 30 mm. Für die auftretende schwelende Biegebelastung soll eine Sicherheit von 4,5 garantiert werden.

Überprüfen Sie, ob die geforderte Sicherheit gewährleistet ist.



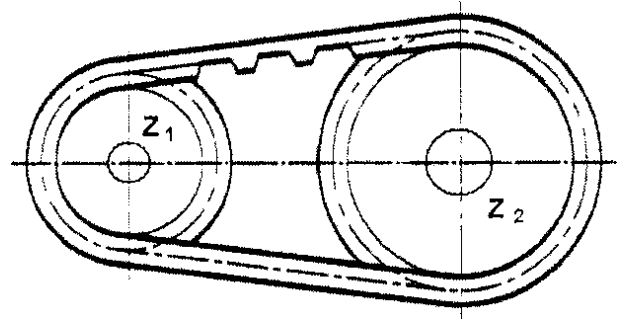
4 Zahnriementrieb

Der Antrieb der Hinterräder mit einem Durchmesser von $d_H = 280 \text{ mm}$ auf der Welle von z_2 erfolgt über einen Motor mit einer Drehzahl von $n_{\max} = 5900 \text{ min}^{-1}$.

Zahnriementrieb mit Riemenscheiben
(unmaßstäblich)

$$z_1 = 11$$

$$z_2 = 66$$



- | | | |
|-----|--|-----|
| 4.1 | Nennen Sie zwei Vorteile eines Riementrieb gegenüber einem Zahnradtrieb. | 2,0 |
| 4.2 | Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit des Rennkarts. | 3,0 |
| 4.3 | Untersuchen Sie, welche Riemenscheibenpaarung geeignet ist, wenn eine maximale Geschwindigkeit von 75 km/h erreicht werden darf. | 3,0 |

Zur Auswahl stehen:

Riemenscheibe 1: $z_1=13$

Riemenscheibe 2: $z_2= 40, 45, 50$ oder 55

5 Antrieb des Rennkarts

Aus Marketinggründen plant die Firma mit einer Sonderedition ihres Rennkarts an den Start eines Rennens zu gehen.

Hierzu wird der Rennkart mit einem 4-Zylinder Otto-Viertaktmotor mit Schaltgetriebe ausgestattet. Der Prozess besteht aus zwei Isochoren und zwei Adiabaten.

- | | | |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Vergleichen Sie einen Otto- und einen Dieselmotor bezüglich der Zündung. | 2,0 |
| 5.2 | Stellen Sie den idealisierten Prozess des Ottomotors (ohne Ladungswechselschleife) in einem p-V-Diagramm dar. | 2,0 |
| 5.3 | Benennen Sie die Eckpunkte fortlaufend (Ziffer 1 bei Verdichtungsbeginn). | 1,0 |
| 5.4 | Kennzeichnen Sie die Nutzarbeit im Diagramm. | 1,0 |
| 5.5 | Der Motor besitzt einen Gesamthubraum von 390 cm^3 . Er saugt Luft bei einer Temperatur von 18°C und 0,85 bar an. Das Verdichtungsverhältnis $\epsilon = 10$. Berechnen Sie die angesaugte Luftmasse pro Zylinder. | 2,0 |

Hinweis: Verdichtungsverhältnis $\epsilon = \frac{V_U}{V_O}$

- | | | |
|-----|--|-----|
| 5.6 | Entwickeln Sie einen Lösungsweg zur Bestimmung der fehlenden Zustandsgrößen im Prozesspunkt 2. | 2,0 |
|-----|--|-----|

$\Sigma=40$

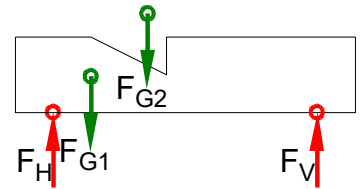


Lösungen

Statik (14 P): Benannte BG freimachen; Aufstandskräfte; zulässige Last berechnen;
 Festigkeit (8 P): Kunststoffseil (Zug), Biegung;
 Getriebe (8 P): Verständnisfrage Riementrieb / Zahnradtrieb
 Energie (10 P): Verständnisfrage Otto / Diesel, p,V-Diagramm (Otto) skizzieren und ausfüllen; Luftmasse; Zustandsgrößen berechnen

1 Rennkart (vereinfacht)

1.1 Lageskizze Rennkart (siehe rechts)



$$1.2 \quad \Sigma M_H = 0 = -F_{G1} \cdot 100 \text{ m} - F_{G2} \cdot 200 \text{ m} + F_V \cdot 1200 \text{ m} \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{G1} \cdot 100 \text{ m} + F_{G2} \cdot 200 \text{ m}}{1200 \text{ m}} = \frac{900 \text{ N} \cdot 100 \text{ m} + 800 \text{ N} \cdot 200 \text{ m}}{1200 \text{ m}} = 208,3 \text{ N}$$

$$F_{VRad} = \frac{F_V}{2} = \frac{208,3 \text{ N}}{2} = 104 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_H - F_{G1} - F_{G2} + F_V \Rightarrow$$

$$F_H = +F_{G1} + F_{G2} - F_V = 900 \text{ N} + 800 \text{ N} - 208,3 \text{ N} = 1491,7 \text{ N}$$

$$F_{HRad} = \frac{F_H}{2} = \frac{1491,7 \text{ N}}{2} = 746 \text{ N}$$

$$1.3 \quad \Sigma M_H = 0 = -F_{G1} \cdot 100 \text{ mm} - F_{G2max} \cdot 200 \text{ mm} + 2 \cdot F_{VRadmax} \cdot 1200 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$F_{G2max} = \frac{-F_{G1} \cdot 100 \text{ mm} + 2 \cdot F_{VRadmax} \cdot 1200 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = \frac{-900 \cdot 100 \text{ mm} + 2 \cdot 150 \text{ N} \cdot 1200 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}$$

$$= 1350 \text{ N}$$

$$m_{2max} = \frac{F_{G2max}}{g} = \frac{1350 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 135 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_V = 0 = 2 \cdot F_{HRadmax} \cdot 1200 \text{ mm} - F_{G1} \cdot (1200 - 100) \text{ mm} - F_{G2max} \cdot (1200 - 200) \text{ mm} \Rightarrow$$

$$F_{G2max} = \frac{2 \cdot F_{HRadmax} \cdot 1200 \text{ mm} - F_{G1} \cdot (1200 - 100) \text{ mm}}{(1200 - 200) \text{ mm}}$$

$$= \frac{2 \cdot 900 \text{ mm} \cdot 1200 \text{ mm} - 900 \text{ N} \cdot 1100 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = 1170 \text{ N}$$

$$m_{2max} = \frac{F_{G2max}}{g} = \frac{1170 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 117 \text{ kg}$$

Der Fahrer darf max. 117 kg wiegen.

2 Messe – Präsentation

2.1 Lageskizze Rennkart auf der schiefen Ebene (siehe rechts)

$$2.2 \quad \Sigma F_x = 0 = -F_{G1x} + F_S \Rightarrow$$

$$F_S = F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin 30^\circ = 900 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 450 \text{ N}$$

2.3 $R(\text{PA66}) = 55 \text{ N/mm}^2$ (\rightarrow [EuroTabM] „Kunststoffe“, „Thermoplaste“

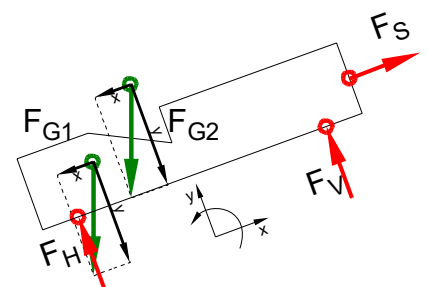
$$\frac{R_m}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{\nu} = \frac{55 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 36,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_S}{2 \cdot \sigma_{zzul}} = \frac{450 \text{ N}}{2 \cdot 36,67 \text{ N/mm}^2} = 6,14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{Serf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,14 \text{ mm}^2}{\pi}} = 2,8 \text{ mm}$$

gewählt: $d_s = 3 \text{ mm}$





Hinweis 1: Die Zugfestigkeit wurde hier durch die "Streckspannung" angenähert, da keine andere Festigkeit verfügbar ist.

3 Konstruktion der Hinterradachse

Maximales Biegemoment

$$M_{L1}(\text{links}) = |F_{HL} \cdot l_1| = 878 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm} = 105,36 \text{ Nm}$$

$$M_{L2}(\text{rechts}) = |F_{HR} \cdot (l_3 - l_2)| = 822 \text{ N} \cdot (860 - 695) \text{ mm} = 135,63 \text{ Nm} = M_{bmax}$$

Widerstandsmoment

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot (30 \text{ mm})^3}{32} = 2,65 \text{ cm}^3$$

Sicherheitszahl

$R_e = 275 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 330 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} = \frac{135,63 \text{ Nm}}{2,65 \text{ cm}^3} = 51,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_b} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{51,2 \text{ N/mm}^2} = 6,4$$

ist größer als die geforderte Sicherheitszahl 4,5, also ausreichend.

4 Zahnriementrieb

4.1 Vorteile eines Riementriebs gegenüber einem Zahnradtrieb: laufruhiger, schwingungsdämpfend, preisgünstiger, toleranter gegen Fehlern in der Lage der Achsen, größere Achsabstände möglich, geringeres Gewicht.

$$4.2 \quad i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{66}{11} = 6$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{ab} = \frac{n_{max}}{i} = \frac{5900 \text{ min}^{-1}}{6} = 983,3 \text{ min}^{-1}$$

$$v = \pi \cdot n_{ab} \cdot d_H = \pi \cdot 983,3 \text{ min}^{-1} \cdot 280 \text{ mm} = 14,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 865 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 51,9 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$4.3 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{ab} = \frac{v}{\pi \cdot d_H} = \frac{75 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{\pi \cdot 280 \text{ mm}} = \frac{75 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}}{\pi \cdot 280 \text{ mm}} = \frac{20,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi \cdot 280 \text{ mm}} = 23,7 \text{ s}^{-1} = 1421 \text{ min}^{-1}$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{5900 \text{ min}^{-1}}{1421 \text{ min}^{-1}} = 4,15$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow z_2 = z_1 \cdot i = 13 \cdot 4,15 = 54$$

gewählt: $z_2 = 55$

Hinweis 2: Eine kleinere Riemenscheibe 2 würde eine Geschwindigkeit über 75 km/h möglich machen und damit nicht der Anforderung entsprechen.



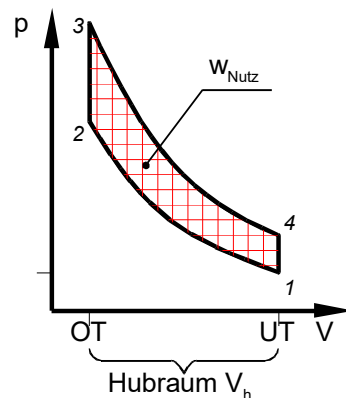
5 Antrieb des Rennkarts

5.1 Ottomotoren werden fremdgezündet, i.d.R. mithilfe von Zündkerzen.
 Dieselmotoren werden selbstgezündet durch die Temperatur, die beim Verdichten der Luft entsteht.

5.2

5.3 → 5.2

5.4 → 5.2



5.5
$$V_h = \frac{V_H}{z} = \frac{390 \text{ cm}^3}{4} = 97,5 \text{ cm}^3$$

$$p \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \Rightarrow$$

$$m_h = \frac{p_1 \cdot V_h}{R_i \cdot T_1} = \frac{0,85 \text{ bar} \cdot 97,5 \text{ cm}^3}{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+18) \text{ K}} = \frac{0,85 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 97,5 \cdot (0,01 \text{ m})^3}{287 \text{ Nm} \cdot 291} \text{ kg} = 0,099 \text{ g}$$

5.6 Zustandsgrößen sind Volumen, Druck und Temperatur. Es handelt sich um eine adiabatische Zustandsänderung:

$$\epsilon = \frac{V_{UT}}{V_{OT}} = \frac{V_{OT} + V_h}{V_{OT}} = 1 + \frac{V_h}{V_{OT}} \Rightarrow$$

$$V_{OT} = \frac{V_h}{\epsilon - 1} = \frac{97,5 \text{ cm}^3}{10 - 1} = 10,8 \text{ cm}^3 = V_2$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1005 \text{ J/kgK}}{718 \text{ J/kgK}} = 1,40$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1}$$

$$\Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = p_1 \cdot \epsilon^{\kappa} = 0,85 \text{ bar} \cdot 10^{1,40} = 21,4 \text{ bar} = p_2$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left[\frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} = T_1 \cdot \epsilon^{\kappa-1} = (273+18) \text{ K} \cdot 10^{1,40-1} = 731 \text{ K} = T_2$$

Hinweis 3:

- Sie machen Ihrem Korrektor die Entscheidung leichter, wenn Sie nicht nur den Lösungsweg entwickeln, sondern auch noch die Lösung berechnen ;-)
- Gelegentlich vereinfacht man die Berechnungen und setzt den Hubraum V_h und den größten Brennraum V_{UT} gleich. Richten Sie sich auch hier nach den Vorgaben Ihres Korrektors.

Damit wäre
$$V_{OT} = \frac{V_h}{\epsilon} = \frac{97,5 \text{ cm}^3}{10} = 9,75 \text{ cm}^3 = V_2$$