

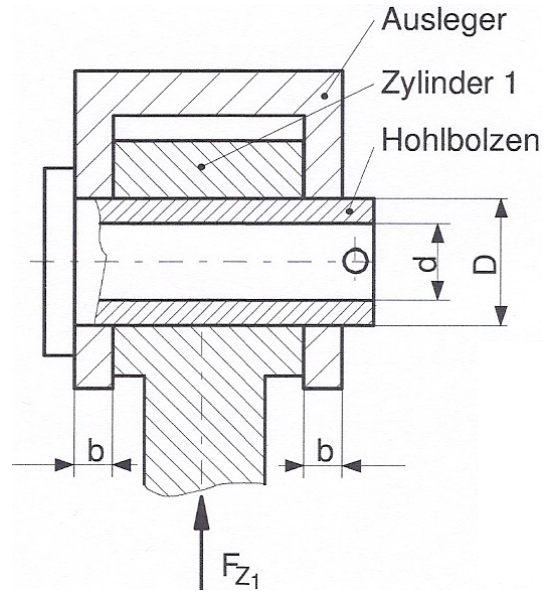


# HP 2009/10-2: Holztransporter

3 Der Zylinder 1 ist über einen Hohlbolzen mit dem Ausleger verbunden.

Daten

Zylinderkraft  $F_{Z1} = 85 \text{ kN}$   
 Stegbreite  $b = 10 \text{ mm}$   
 Außendurchmesser  $D = 40 \text{ mm}$   
 Bolzenwerkstoff E 295



3.1 Bestimmen Sie den erforderlichen Innendurchmesser  $d$  des Hohlbolzens bei 5-facher Sicherheit gegen Abscheren.

3,0

3.2 Überprüfen Sie die Abmessungen des Auslegers, wenn die zulässige Flächenpressung von  $p_{zul} = 75 \text{ N/mm}^2$  nicht überschritten werden darf. Begründen Sie eventuell notwendige Konstruktionsänderungen.

3,5

4 Der Greifarm kann über Zylinder 2 aus- und eingefahren werden.

Zylinderkraft

$$F_{Z2Ein} \approx F_{Z2Aus} = 8 \text{ kN}$$

Maximale Ausladung

$$l_{11} = 2500 \text{ mm}$$

$$l_{12} = 300 \text{ mm}$$

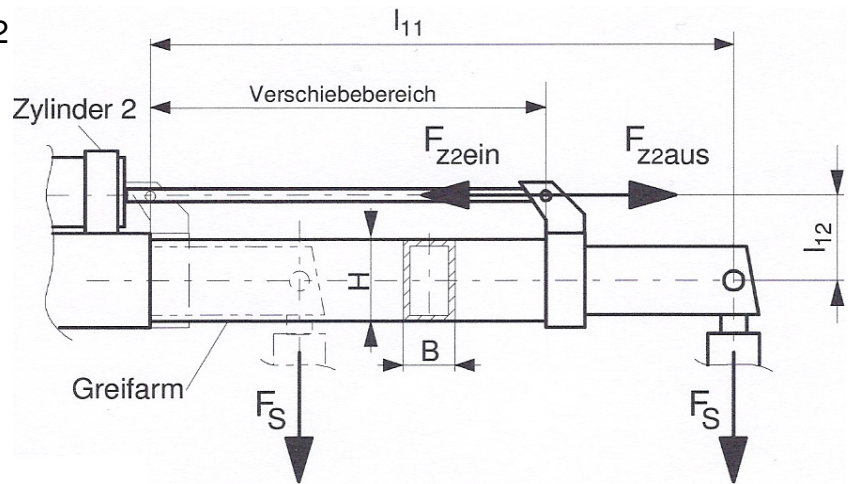
$$F_S = 10 \text{ kN}$$

Rechteckprofil

$$H = 160 \text{ mm}$$

$$B = 100 \text{ mm}$$

Werkstoff des Rechteckprofils  
S275



4.1 Bestimmen Sie das erforderliche axiale Widerstandsmoment für eine 3-fache Sicherheit.

4,5

4.2 Das Rechteckprofil ist in folgenden Wandstärken lieferbar:

$$s_1 = 5 \text{ mm}; \quad s_2 = 8 \text{ mm}; \quad s_3 = 12 \text{ mm}$$

4,0

Ermitteln Sie die erforderliche Wandstärke des Rechteckprofils.

5 Die Hydraulikpumpe des Verladekrans wird vom Dieselmotor über ein Getriebe angetrieben.

3,0

Daten:

Erforderliches Antriebsmoment der Hydraulikpumpe  $M_P = 300 \text{ Nm}$

Drehzahl der Hydraulikpumpe  $n_P = 800 \text{ min}^{-1}$

Übersetzungsverhältnis Getriebe  $i = 2,5$

Getriebewirkungsgrad  $\eta_G = 0,8$

Berechnen Sie die hierfür abgegebene Motorleistung  $P_M$  und die Motordrehzahl  $n_M$ .

$\Sigma = 30,0$

# HP 2009/10-2: Holztransporter

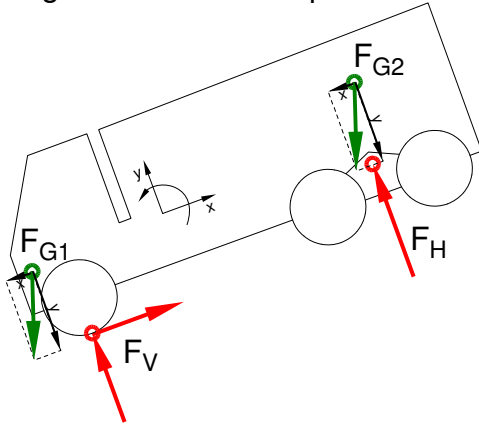
## Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

### 1 Lageskizze Holztransporter

6,0



$$F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin \alpha = 50 \text{ kN} \cdot \sin 7^\circ = 6,09 \text{ kN}$$

$$F_{G1y} = F_{G1} \cdot \cos \alpha = 50 \text{ kN} \cdot \cos 7^\circ = 49,63 \text{ kN}$$

$$F_{G2x} = F_{G2} \cdot \sin \alpha = 120 \text{ kN} \cdot \sin 7^\circ = 14,64 \text{ kN}$$

$$F_{G2y} = F_{G2} \cdot \cos \alpha = 120 \text{ kN} \cdot \cos 7^\circ = 119,11 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_V = 0 = +F_{G1x} \cdot l_4 + F_{G1y} \cdot l_1 + F_{G2x} \cdot l_5 - F_{G2y} \cdot l_3 + F_H \cdot l_2 \Rightarrow$$

$$F_H = \frac{-F_{G1x} \cdot l_4 - F_{G1y} \cdot l_1 - F_{G2x} \cdot l_5 + F_{G2y} \cdot l_3}{l_2}$$

$$= \frac{-6,09 \text{ kN} \cdot 1100 \text{ mm} - 49,63 \text{ kN} \cdot 500 \text{ mm} - 14,64 \text{ kN} \cdot 1900 \text{ mm} + 119,11 \text{ kN} \cdot 4400 \text{ mm}}{4000 \text{ mm}}$$

$$= 116,19 \text{ kN} \quad (\text{Hinterachskräfte gesamt})$$

$$F_{HAchse} = \frac{F_H}{2} = \frac{116,19 \text{ kN}}{2} = 58,1 \text{ kN} \quad (\text{je hinterer Achse})$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_{G1x} - F_{G2x} + F_{Vx} \Rightarrow$$

$$F_{Vx} = +F_{G1x} + F_{G2x} = +6,09 \text{ kN} + 14,64 \text{ kN} = +20,7 \text{ kN} \quad (\text{Bremskraft})$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1y} - F_{G2y} + F_{Vy} + F_H \Rightarrow$$

$$F_{Vy} = +F_{G1y} + F_{G2y} - F_H = 49,63 \text{ kN} + 119,11 \text{ kN} - 116,19 \text{ kN} = 52,6 \text{ kN} \quad (\text{Aufstandskraft})$$

$$F_V = \sqrt{F_{Vx}^2 + F_{Vy}^2} = \sqrt{(20,7 \text{ kN})^2 + (52,6 \text{ kN})^2} = 56,4 \text{ kN} \quad (\text{Achskraft vorne})$$

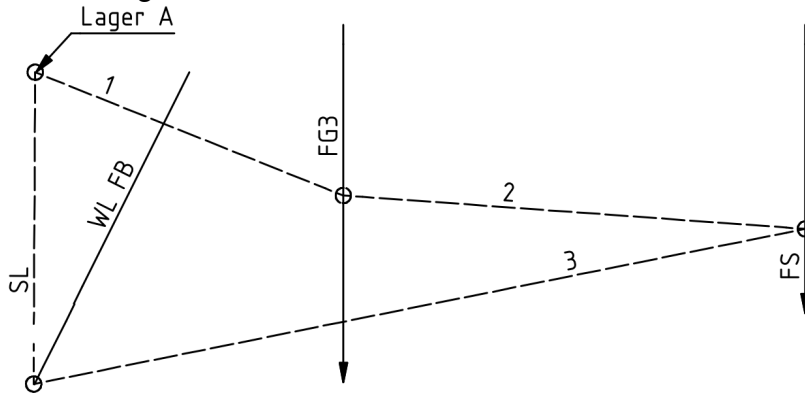
$$\alpha_V = \arctan \frac{F_{Vy}}{F_{Vx}} = \arctan \frac{52,6 \text{ kN}}{20,7 \text{ kN}} = 68,5^\circ \quad (\text{nach rechts oben gegen den Untergrund})$$

Statik (rechnerisch)

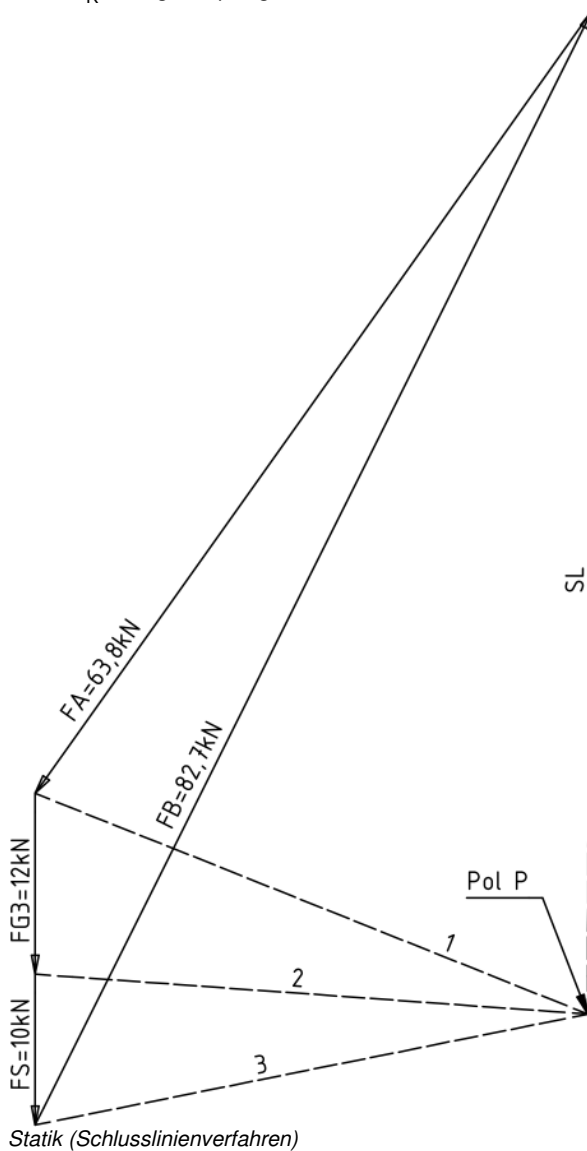
# HP 2009/10-2: Holztransporter

2 LP Ausleger  $M_L = 5000\text{mm} / 100\text{mm}$

6,0



KP  $M_K = 10\text{kN} / 20\text{mm}$



3

## 3.1 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren

3,0

$\tau_{aB} = 390 \text{ N/mm}^2$  (E295 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

$$\frac{\tau_{aB}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F_{Zl}}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{V} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{5} = 78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_{Zl}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{85 \text{ kN}}{2 \cdot 78 \text{ N/mm}^2} = 545 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{(40 \text{ mm})^2 - \frac{4 \cdot 545 \text{ mm}^2}{\pi}} = 30,1 \text{ mm} \quad \text{oder kleiner}$$

Scherfestigkeit (Hohlbolzen InnenØ)

## 3.2 $A = 2 \cdot b \cdot D = 2 \cdot 10 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm} = 800 \text{ mm}^2$

3,5

$$p_{zul} > p = \frac{F_{Zl}}{A}$$

$$75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \frac{85 \text{ kN}}{800 \text{ mm}^2} = 106 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow \text{Aussage ist falsch}$$

Da die vorhandene Flächenpressung größer als die zulässige ist, muss die Konstruktion geändert werden, z.B.

- Stegbreite b vergrößern
- Außendurchmesser D vergrößern
- Geeignete Buchse um den Bolzen legen

Konstruktive Maßnahmen mit dem Ziel, die Belastung des Bolzen zu verringern, sind nicht geeignet, wenn sie die Tragfähigkeit des Auslegers beeinträchtigen.

Flächenpressung prüfen

Alternativ kann man die erforderliche Stegbreite b oder den erforderlichen Durchmesser d ermitteln und daraus die Schlüsse ziehen:

$$p_{zul} > p = \frac{F_{Zl}}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_{Zl}}{p_{zul}} = \frac{85 \text{ kN}}{75 \text{ N/mm}^2} = 1133 \text{ mm}^2$$

$$A = 2 \cdot b \cdot D \Rightarrow$$

$$b_{erf} = \frac{A_{erf}}{2 \cdot D} = \frac{1133 \text{ mm}^2}{2 \cdot 40 \text{ mm}} = 14,2 \text{ mm}$$

oder

$$D_{erf} = \frac{A_{erf}}{2 \cdot b} = \frac{1133 \text{ mm}^2}{2 \cdot 10 \text{ mm}} = 56,7 \text{ mm}$$

# HP 2009/10-2: Holztransporter

4

- 4.1 Das maximale Biegemoment herrscht, wenn der Greifarm ausfährt (Zylinderkraft  $F_{Z2}$  und Last  $F_S$  wirken in die gleiche Richtung) und die äußerste Stellung erreicht (größter Hebelarm). Es wirkt am Austritt des Greifarms aus der Führung. 4,5

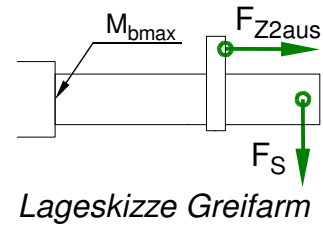
$$M_{bmax} = |-F_S \cdot l_{11} - F_{Z2aus} \cdot l_{12}| = 10\text{kN} \cdot 2500\text{mm} + 8\text{kN} \cdot 300\text{mm} = 27,4\text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{380\text{ N/mm}^2}{3} = 126,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{27,4\text{ kNm}}{126,7\text{ N/mm}^2} = 216,3\text{ cm}^3$$

Biegemoment ermitteln



- 4.2 Die erforderliche Wandstärke ist ein Problem der Art Nullstelle eines Polynoms 4. Grades, das man mit einem CAS-Rechner lösen kann : 4,0

$$W_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{B \cdot H^3 - (B - 2 \cdot s) \cdot (H - 2 \cdot s)^3}{6 \cdot H}$$

$$216316\text{ mm}^3 = \frac{100 \cdot 160^3 - (100 - 2 \cdot s) \cdot (160 - 2 \cdot s)^3}{6 \cdot 160} \text{ mm}^3 \Rightarrow s_{erf} = 11,2\text{ mm} \rightarrow \text{gewählt: } s = 12\text{ mm}$$

Oder man berechnet die Widerstandsmomente der lieferbaren Profile und vergleicht die Ergebnisse mit dem geforderten Wert. Zweckmäßig beginnt man mit der mittleren Wandstärke:

$$W(s_2 = 8\text{ mm}) = \frac{100 \cdot 160^3 - (100 - 2 \cdot 8) \cdot (160 - 2 \cdot 8)^3}{6 \cdot 160} \text{ mm}^3 = \frac{100 \cdot 160^3 - 84 \cdot 144^3}{6 \cdot 160} \text{ mm}^3 = 165,4\text{ cm}^3 < 216,3\text{ cm}^3$$

$$W(s_3 = 12\text{ mm}) = \frac{100 \cdot 160^3 - (100 - 2 \cdot 12) \cdot (160 - 2 \cdot 12)^3}{6 \cdot 160} \text{ mm}^3 = \frac{100 \cdot 160^3 - 76 \cdot 136^3}{6 \cdot 160} \text{ mm}^3 = 227,5\text{ cm}^3 > 216,3\text{ cm}^3$$

$s_2$  reicht nicht aus,  $s_3$  kann gewählt werden.

- 5  $P_p = 2\pi \cdot M_p \cdot n_p = 2\pi \cdot 300\text{ Nm} \cdot 800\text{ min}^{-1} = 2\pi \cdot 300\text{ Nm} \cdot 13,3\text{ s}^{-1} = 25,1\text{ kW}$  3,0

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_p}{P_M} \rightarrow P_M = \frac{P_p}{\eta} = \frac{25,1\text{ kW}}{0,8} = 31,4\text{ kW}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_M}{n_p} \Rightarrow n_M = i \cdot n_p = 2,5 \cdot 800\text{ min}^{-1} = 2000\text{ min}^{-1} = 33,3\text{ s}^{-1}$$

oder (Drehzahl  $n_M$  wie oben)

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_p}{M_M} \Rightarrow M_M = \frac{M_p}{i \cdot \eta} = \frac{300\text{ Nm}}{2,5 \cdot 0,8} = 150\text{ Nm}$$

$$P_M = 2\pi \cdot M_M \cdot n_M = 2\pi \cdot 150\text{ Nm} \cdot 2000\text{ min}^{-1} = 2\pi \cdot 150\text{ Nm} \cdot 33,3\text{ s}^{-1} = 31,4\text{ kW}$$

30,0