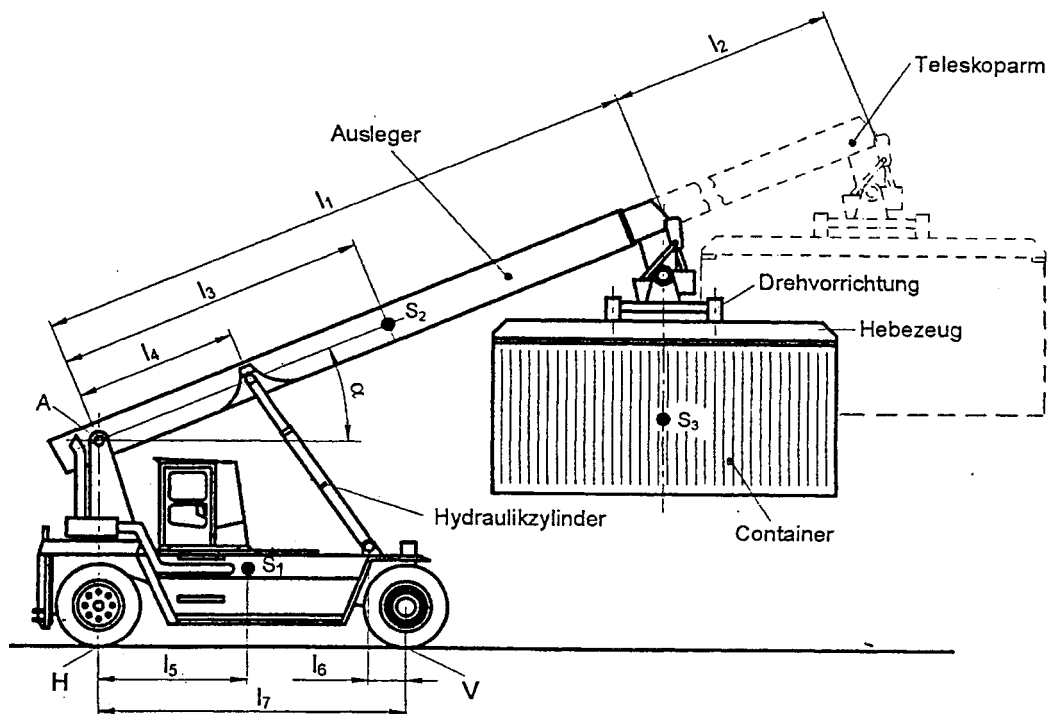


# HP 2003/04-1: Containerkran

## HP 2003/04-1: Containerkran

Mit Hilfe eines Containerkrans sollen Lastwagen be- und entladen werden.  
Der Ausleger kann durch einen Teleskoparm verlängert und mittels hydraulischer Zylinder in seiner Neigung verstellt werden.



$$\begin{aligned} l_1 &= 8000 \text{ mm} \\ l_2 &= 4000 \text{ mm} \\ l_3 &= 4100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4 &= 2700 \text{ mm} \\ l_5 &= 2200 \text{ mm} \\ l_6 &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_7 &= 4200 \text{ mm} \\ \alpha &= 20^\circ \end{aligned}$$

Gewichtskraft des Krans ohne Ausleger:  
Gewichtskraft des Auslegers mit Teleskoparm:  
Gewichtskraft des Containers:

$$\begin{aligned} F_{G1} &= 260 \text{ kN in } S_1 \\ F_{G2} &= 100 \text{ kN in } S_2 \\ F_{G3} &= 60 \text{ kN in } S_3 \end{aligned}$$

Teilaufgaben:		Punkte
1	Ermitteln Sie zeichnerisch die Achslasten $F_V$ und $F_H$ , wenn der Teleskoparm eingefahren ist.	6,0
2	Bei welcher Containerlast kippt das Fahrzeug, wenn der Teleskoparm in der gezeichneten Stellung ganz ausgefahren ist? Der Schwerpunkt $S_2$ ist dabei im Abstand $l_3 = 5 \text{ m}$ vom Gelenkpoint A anzunehmen.	3,0

# HP 2003/04-1: Containerkran

## 3 Lagerung des Hydraulikzylinders

Kolbenkraft:  $F_K = 250 \text{ kN}$

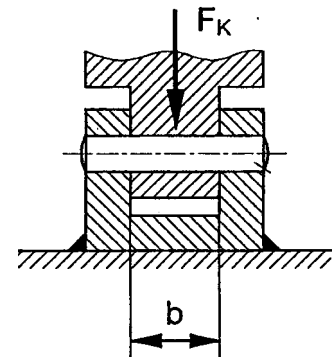
Zul. Flächenpressung:  $p_{zul} = 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$b = 150 \text{ mm}$

Sicherheit gegen Abscheren:  $v = 4,5$

Bolzenwerkstoff: C45E

Berechnen Sie den erforderlichen Bolzendurchmesser.



5,0

## 4 Bestimmen Sie für die Kolbenkraft $F_K = 250 \text{ kN}$ den Kolbendurchmesser des Hydraulikzylinders bei einem Öldruck von 120 bar und 30% Reibverlusten im Zylinder. (Verlustfrei gilt: $p = F/A$ )

2,0

## 5 Daten im Fahrbetrieb pro Rad:

Motormoment:  $M_M = 800 \text{ Nm}$

Fahrgeschwindigkeit:  $v = 12 \text{ km/h}$

Raddurchmesser:  $D = 800 \text{ mm}$

Getriebe:

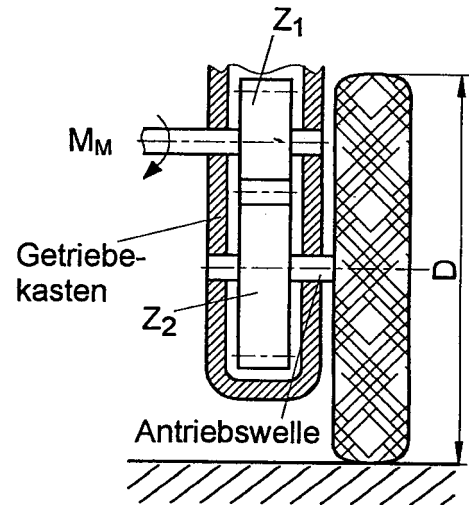
Wirkungsgrad:

$\eta = 0,9$

Zähnezahlen:  $z_1$

$= 24$

$z_2 = 36$



## 5.1 Die Antriebswelle der Räder soll als Hohlwelle ausgelegt werden.

4,5

Berechnen Sie die Wandstärke der Hohlwelle für einen Außendurchmesser von 80 mm und eine zulässige Torsionsspannung von 35 N/mm<sup>2</sup>.

## 5.2 Berechnen Sie die Antriebsleistung an einem Rad in kW.

2,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

# HP 2003/04-1: Containerkran

## Lösungsvorschlag

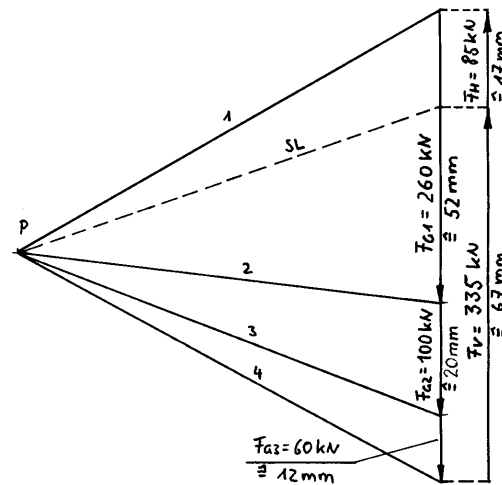
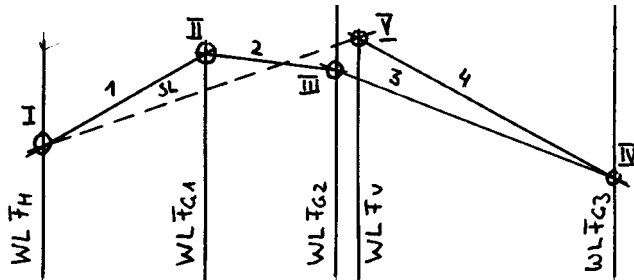
Teilaufgaben:

Punkte

1 LP Containerkran  $M_L = \frac{8000 \text{ mm}}{80 \text{ mm}}$

KP  $M_K = \frac{260 \text{ kN}}{52 \text{ mm}}$

6,0



Rechnerische Lösung (nicht gefordert):

LS Kran mit Container:

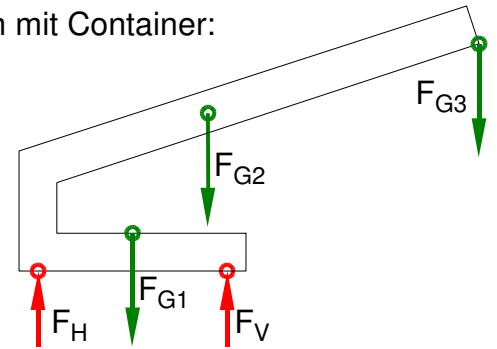
$$\sum M_H = 0 = F_V \cdot l_7 - F_{G1} \cdot l_5 - F_{G2} \cdot l_3 \cdot \cos \alpha - F_{G3} \cdot l_1 \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{F_{G1} \cdot l_5 + F_{G2} \cdot l_3 \cdot \cos \alpha + F_{G3} \cdot l_1 \cdot \cos \alpha}{l_7}$$

$$= \frac{260 \text{ kN} \cdot 2200 \text{ mm} + 100 \text{ kN} \cdot 4100 \text{ mm} \cdot \cos 20^\circ + 60 \text{ kN} \cdot 8000 \text{ mm} \cdot \cos 20^\circ}{4200 \text{ mm}} = 335 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0 = F_V + F_H - F_{G1} - F_{G2} - F_{G3} \Rightarrow$$

$$F_H = F_{G1} + F_{G2} + F_{G3} - F_V = 260 \text{ kN} + 100 \text{ kN} + 60 \text{ kN} - 335 \text{ kN} = 85 \text{ kN}$$



2 Rechnerische Lösung (Kippbedingung:  $F_H = 0$ ):

LS wie oben ohne  $F_H$

3,0

Das Vorzeichen für die Drehrichtung der Einzelmomente ergibt sich aus der Bemaßung.

$$\sum M_V = 0 = F_{G1} \cdot (l_7 - l_5) + F_{G2} \cdot (l_7 - l_3^* \cdot \cos \alpha) + F_{G3Kipp} \cdot (l_7 - (l_1 + l_2) \cdot \cos \alpha) \Rightarrow$$

$$F_{G3Kipp} = \frac{F_{G1} \cdot (l_7 - l_5) + F_{G2} \cdot (l_7 - l_3^* \cdot \cos \alpha)}{(l_1 + l_2) \cdot \cos \alpha - l_7}$$

$$= \frac{260 \text{ kN} \cdot (4200 - 2200) \text{ mm} + 100 \text{ kN} \cdot (4200 \text{ mm} - 5 \text{ m} \cdot \cos 20^\circ)}{(8000 + 4000) \text{ mm} \cdot \cos 20^\circ - 4200 \text{ mm}}$$

$$= \frac{260 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} + 100 \text{ kN} \cdot (4,2 \text{ m} - 5 \text{ m} \cdot \cos 20^\circ)}{12 \text{ m} \cdot \cos 20^\circ - 4,2 \text{ m}} = 66,4 \text{ kN}$$

# HP 2003/04-1: Containerkran

3 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren 5,0

$\tau_{aB} = 560 \text{ N/mm}^2$  (C45E → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{\sqrt{V}} = \frac{560 \text{ N/mm}^2}{4,5} = 124,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_K}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{250 \text{ kN}}{2 \cdot 124,4 \text{ N/mm}^2} = 1004 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1004 \text{ mm}^2}{\pi}} = 35,8 \text{ mm}$$

Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung:

$$p_{zul} = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{250 \text{ kN}}{30 \text{ N/mm}^2} = 8333 \text{ mm}^2$$

$$A = b \cdot d \Rightarrow d = \frac{A}{b} = \frac{8333 \text{ mm}^2}{150 \text{ mm}} = 55,6 \text{ mm}$$

Maßgeblich:  $d_{Berf} = 55,6 \text{ mm}$  (der größere der beiden Werte)

gewählt:  $d_B = 60 \text{ mm}$  (der nächstgrößere lieferbare BolzenØ → TabB)

BolzenØ

4 Verluste wirken immer so, dass die Ausgangsgröße verkleinert wird. Deshalb muss der Wirkungsgrad so in die gegebene Formel eingesetzt werden, dass die Kolbenkraft kleiner bzw. der KolbenØ größer wird als bei reibungsfreier Betrachtung: 2,0

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\eta \cdot p} = \frac{250 \text{ kN}}{(1 - 30\%) \cdot 120 \text{ bar}} = 0,02976 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02976 \text{ m}^2}{\pi}} = 195 \text{ mm}$$

Wirkungsgrad (zum selber denken)

5

5.1  $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{36}{24} = 1,5$  4,5

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_t}{M_M} \Rightarrow M_t = M_M \cdot i \cdot \eta = 800 \text{ Nm} \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 1080 \text{ Nm}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{\sqrt{V}} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{1080 \text{ Nm}}{43 \text{ N/mm}^2} = 30,9 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot (d_a^4 - d_i^4)}{16 \cdot d_a} \Rightarrow$$

$$d_{ierf} \leq \sqrt[4]{d_a^4 - \frac{16 \cdot d_a \cdot W_{perf}}{\pi}} = \sqrt[4]{(80 \text{ mm})^4 - \frac{16 \cdot 80 \text{ mm} \cdot 30857 \text{ mm}^3}{\pi}} = 73 \text{ mm}$$

Innendurchmesser eines Rohres

5.2  $M_{Antrieb} = M_t = F_{Antrieb} \cdot \frac{D}{2} \rightarrow F_{Antrieb} = \frac{2 \cdot M_t}{D} = \frac{2 \cdot 1080 \text{ Nm}}{800 \text{ mm}} = 2700 \text{ N}$  2,0

$$P_{Antrieb} = F \cdot v = 2700 \text{ N} \cdot 12 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 9 \text{ KW}$$

Zahlreiche weitere Lösungswege sind möglich.

Antriebsleistung

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$