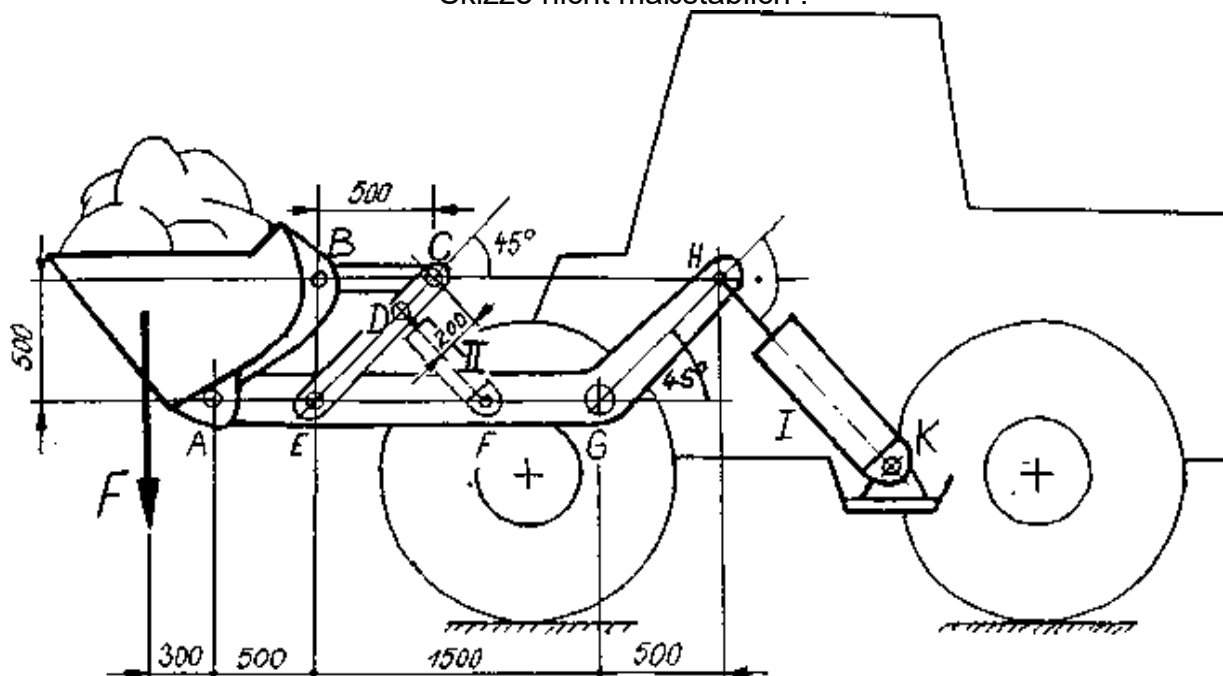




tgt HP 1990/91-2: Frontlader

Die Schaufel eines Frontladers ist mit der Kraft $F = 30 \text{ kN}$ belastet. F ist auf eine Auslegerseite bezogen. Der Ausleger kann mit dem Hydraulikzylinder I um den Drehpunkt G geschwenkt werden. Der Hydraulikzylinder II erlaubt das Kippen der Schaufel um A. Alle Auslegerbauteile einschließlich Schaufel werden als gewichtslos angenommen.

Skizze nicht maßstäblich !

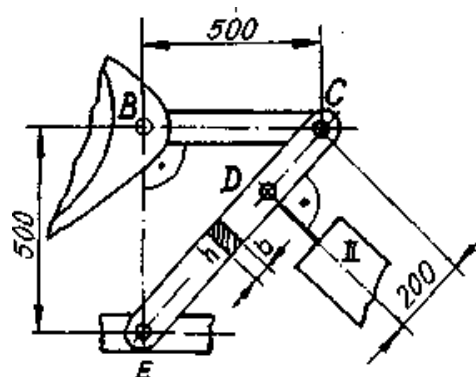


Teilaufgaben:

Punkte

- | | | |
|-----|--|-----|
| 1 | Ermitteln Sie zeichnerisch die Kräfte F_A und F_B in den Bolzenlagern A und B. | 2,0 |
| 2 | Berechnen Sie die Kraft F_I in der Kolbenstange des Hydraulikzylinders I. | 2,0 |
| 3 | Die Stangenkraft in der Stange BC betrage 18 kN. | |
| 3.1 | Berechnen Sie die Lagerkräfte F_E und F_D in den Lagerpunkten E und D. | 4,5 |
| 3.2 | Die Stange EDC hat einen aufrecht stehenden Rechteckquerschnitt mit den Abmessungen $b = 40 \text{ mm}$ und $h = 120 \text{ mm}$. | 4,5 |

Prüfen Sie rechnerisch, ob die angegebenen Querschnittsmaße bei der angegebenen Biegebelastung ausreichen.



Stangenwerkstoff

S235JR

Sicherheit gegen plast. Verformung $\nu = 4$

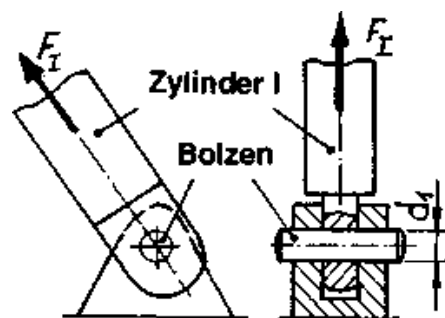
Die Querschnittsminderungen an den Lagerstellen C, D und E bleiben unberücksichtigt.



- 4 Der Befestigungsbolzen des Hydraulikzylinders I ist zu dimensionieren. Der Bolzen besteht aus C 45.

3,0

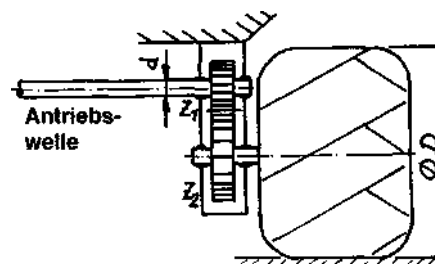
Berechnen Sie den mindestens erforderlichen Bolzendurchmesser d_1 für einen Sicherheitsfaktor von $v_1 = 4$ und eine Kolbenstangenkraft von $F_1 = 100$ kN.



- 5 Beim Anschieben von Erdmaterial wirkt je Rad eine maximale Vortriebskraft zwischen Rad und Untergrund von $F_V = 19$ kN.

3,0

Um eine große Bodenfreiheit zu erreichen, sind die Radantriebswellen (Vollwellen) über je ein einstufiges Zahnradgetriebe mit der Radachse gekoppelt.



Ermitteln Sie den erforderlichen Durchmesser d der Antriebswelle.
Die zulässige Torsionsspannung beträgt 30 N/mm².

Radantrieb:

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$z_1 = 24$$

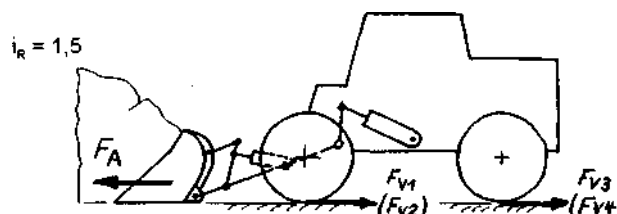
$$z_2 = 36$$

- 6 Welche Anschiebekraft F_A kann höchstens erreicht werden, wenn die Verteilung der Gesamtfortriebskraft $F_{V\text{ges}}$ gleichmäßig auf alle vier Räder erfolgt ($F_{V1} = F_{V2} = F_{V3} = F_{V4}$) und wegen der Grobstolligkeit der Reifen keine Durchrutschgefahr besteht?

3,5

Der Dieselmotor des Baufahrzeugs entwickelt ein maximales Drehmoment von 800 Nm. Der wirksame Reifendurchmesser beträgt $1,2$ m.

Der Gesamtwirkungsgrad zwischen Motorausgang und Antriebsrädern beträgt $\eta = 0,65$. Die Übersetzungen der zwischengeschalteten Getriebe beträgt jeweils:



Schaltgetriebe $i_S = 14$
Ausgleichsgetriebe $i_A = 4$
Radgetriebe $i_R = 1,5$

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

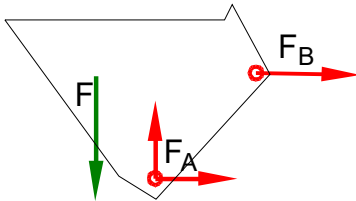


Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte
2,0

1 LS Schaufel



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$\Sigma M_A = 0 = + F \cdot 300 \text{ mm} - F_B \cdot 500 \text{ mm}$$

$$F_B = F \cdot \frac{300 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 30 \text{ kN} \cdot \frac{300 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 18 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ax} + F_B \Rightarrow F_{Ax} = -F_B = -18 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F + F_{Ay} \Rightarrow F_{Ay} = F = 30 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(-18 \text{ kN})^2 + (30 \text{ kN})^2} = 35,0 \text{ kN}$$

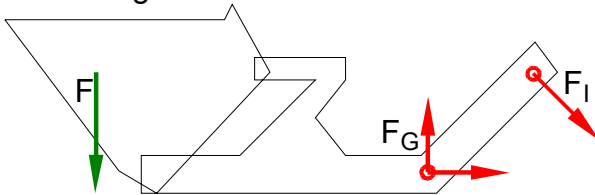
$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{30 \text{ kN}}{-18 \text{ kN}} = -59,0^\circ$$

$\alpha_A = 59,0^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 149,0^\circ$ gegen die positive x-Achse

Statik (Dreikräfteverfahren)

2 LS Ausleger



Rechnerische Lösung

$$\Sigma M_G = 0 = + F \cdot (300 + 500 + 1500) \text{ mm} - F_I \cdot \frac{500 \text{ mm}}{\sin 45^\circ}$$

$$F_I = 30 \text{ kN} \cdot \frac{(300 + 500 + 1500) \text{ mm} \cdot \sin 45^\circ}{500 \text{ mm}} = 97,6 \text{ kN}$$

Die weitere Rechnung ist nicht Teil der Aufgabe:

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Gx} + F_{Ix} \Rightarrow F_{Gx} = -F_I \cdot \cos 45^\circ = -97,6 \text{ kN} \cdot \cos 45^\circ = -69 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F + F_{Gy} - F_{Iy} \Rightarrow F_{Gy} = F + F_I \cdot \sin 45^\circ = 30 \text{ kN} + 97,6 \cdot \sin 45^\circ = 99 \text{ kN}$$

$$F_G = \sqrt{F_{Gx}^2 + F_{Gy}^2} = \sqrt{(-69 \text{ kN})^2 + (99 \text{ kN})^2} = 121 \text{ kN}$$

$$\alpha_G = \arctan \frac{F_{Gy}}{F_{Gx}} = \arctan \frac{99 \text{ kN}}{-69 \text{ kN}} = -55,1^\circ$$

$\alpha_G = 55,1^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_G = 145,1^\circ$ gegen die positive x-Achse

Hebelgesetz, rechnerische Statik (Dreikräfteverfahren)

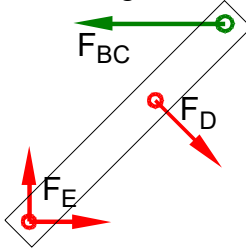
2,0



3

3.1 LS Stange EDC

4,5



Rechnerische Lösung

$$\Sigma M_E = 0 = + F_{BC} \cdot 500 \text{ mm} - F_D \cdot \left(\frac{500 \text{ mm}}{\cos 45^\circ} - 200 \text{ mm} \right)$$

$$F_D = 18 \text{ kN} \cdot \frac{500 \text{ mm}}{\frac{500 \text{ mm}}{\cos 45^\circ} - 200 \text{ mm}} = 17,75 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ex} + F_{Dx} - F_{BC} \Rightarrow$$

$$F_{Ex} = -F_D \cdot \cos 45^\circ + F_{BC} = -17,75 \cdot \cos 45^\circ + 18 \text{ kN} = 5,45 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Ey} - F_{Dy} \Rightarrow F_{Ey} = F_D \cdot \sin 45^\circ = 17,75 \cdot \sin 45^\circ = 12,55 \text{ kN}$$

$$F_E = \sqrt{F_{Ex}^2 + F_{Ey}^2} = \sqrt{(5,45 \text{ kN})^2 + (12,55 \text{ kN})^2} = 13,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_E = \arctan \frac{F_{Ey}}{F_{Ex}} = \arctan \frac{12,55 \text{ kN}}{5,45 \text{ kN}} = 66,5^\circ \text{ nach links oben gegen die positive x-Achse}$$

Statik (rechnerisch, Dreikräfteverfahren)

3.2 Vorhandenes Biegemoment:

4,5

$$M_{b(D)} = |F_{BC} \cdot 200 \text{ mm} \cdot \sin 45^\circ| = 180 \text{ kN} \cdot 200 \text{ mm} \cdot \sin 45^\circ = 2546 \text{ Nm}$$

oder, wesentlich umständlicher,

$$M_{b(D)} = |F_{Ex} \cdot (500 \text{ mm} \cdot \tan 45^\circ - 200 \text{ mm} \cdot \sin 45^\circ) - F_{Ey} \cdot (500 \text{ mm} - 200 \text{ mm} \cdot \cos 45^\circ)| \\ = (12,55 \text{ kN} - 5,45 \text{ kN}) \cdot 358,6 \text{ mm} = 2546 \text{ Nm}$$

Tabellenwert:

$\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

Erforderliches Widerstandsmoment

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{4} = 82,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{2546 \text{ Nm}}{82,5 \text{ N/mm}^2} = 30,9 \text{ cm}^3$$

Vorhandenes Widerstandsmoment

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{40 \text{ mm} \cdot (120 \text{ mm})^2}{6} = 96 \text{ cm}^3$$

$W_{erf} < W_{ist} \rightarrow$ Die Stange ist ausreichend dimensioniert.

Biegemoment ermitteln und Widerstandsmoment prüfen



4 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

3,0

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

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{\sqrt{v}} = \frac{560 \text{ N/mm}^2}{4} = 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_1}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{100 \text{ kN}}{2 \cdot 140 \text{ N/mm}^2} = 357,1 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 357,1 \text{ mm}^2}{\pi}} = 21,3 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen $\varnothing 22 \text{ mm}$ (→ TabB „Bolzen“)
Flächenpressung Scherfestigkeit (Bolzen \varnothing)

5

$$M_v = F_v \cdot \frac{D}{2} = 19 \text{ kN} \cdot 1,2 \frac{\text{m}}{2} = 11,4 \text{ kNm}$$

3,0

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

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_t = \frac{M_{ab}}{i \cdot \eta} = \frac{11,4 \text{ kNm}}{1,5 \cdot 1} = 7,6 \text{ kNm}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{7,6 \text{ kNm}}{30 \text{ N/mm}^2} = 253,3 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{253333 \text{ mm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 108,9 \text{ mm}$$

Antriebsmoment, Übersetzung, Torsionsmoment, Welle dimensionieren

6

$$i = i_S \cdot i_A \cdot i_R = 14 \cdot 4 \cdot 1,5 = 84$$

3,5

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_{ab} = M_{zu} \cdot i \cdot \eta = 800 \text{ Nm} \cdot 84 \cdot 0,65 = 43,68 \text{ kNm}$$

$$M_{ab} = F_K \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow F_A = \frac{2 \cdot M_{ab}}{D} = \frac{2 \cdot 43,68 \text{ kNm}}{1,2 \text{ m}} = 72,8 \text{ kNm}$$

Antriebskraft aus Motormoment über mehrere Räder

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$