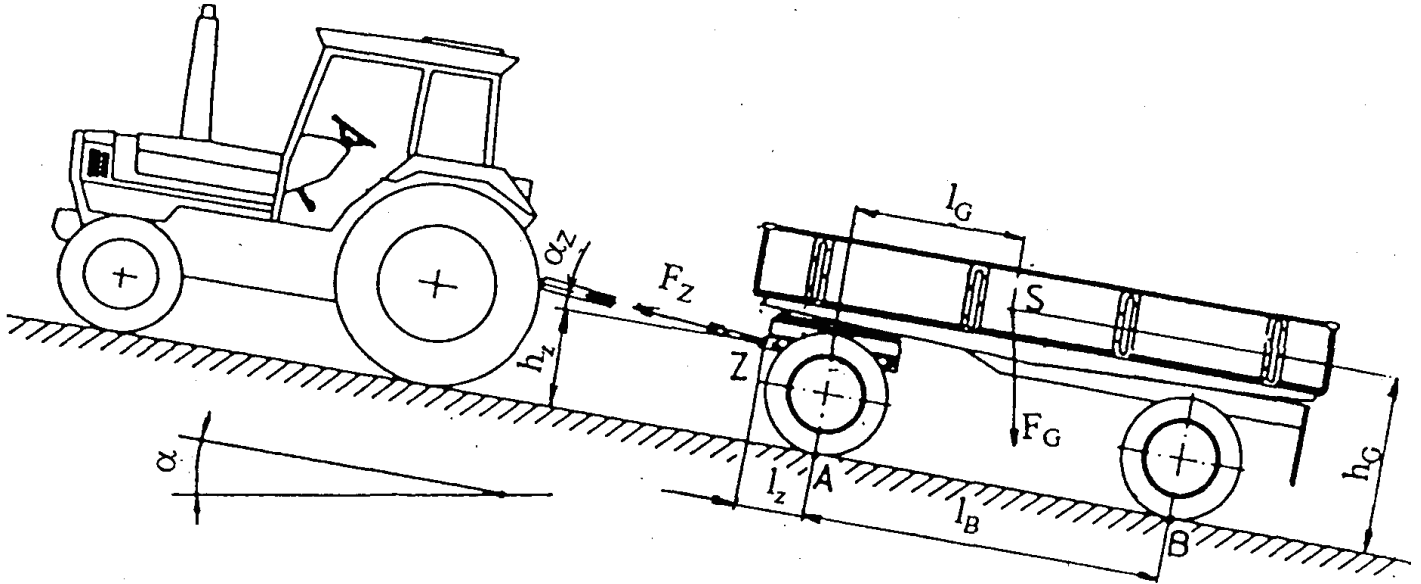


HP 1998/99-2: Zugmaschine mit Anhänger

HP 1998/99-2: Zugmaschine mit Anhänger

Ein Landwirt transportiert in einem Anhänger Schotter zur Befestigung eines Hofweges. Die Zugmaschine mit Anhänger steht beim Abladen auf einer Gefällstrecke. Die Gewichtskraft F_G (Anhänger und Nutzlast) greift im Schwerpunkt S an, die Zugkraft F_Z im Punkt Z.

Abb. 1



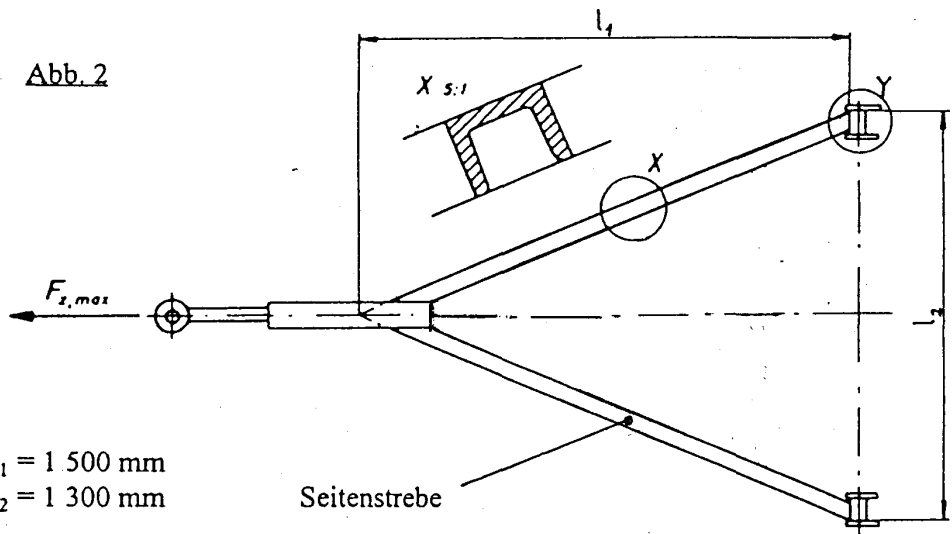
$F_G = 80 \text{ kN}$	$l_G = 1300 \text{ mm}$	$h_z = 800 \text{ mm}$
$\alpha = 12^\circ$	$h_G = 1400 \text{ mm}$	$l_B = 2800 \text{ mm}$
$\alpha_z = 6^\circ$	$l_z = 550 \text{ mm}$	

Teilaufgaben:

- | | | |
|---|--|--------|
| | | Punkte |
| 1 | Bestimmen Sie zeichnerisch die Achskräfte in A und B sowie die Zugkraft F_Z . (Der Anhänger ist ungebremst.) | 6,0 |
| 2 | Die Seitenstreben der Zuggabel sind aus U-Profil DIN 1026 - S235JR. Unter extremen Betriebsbedingungen kann eine maximale Zugkraft von $F_{Zmax} = 38 \text{ kN}$ auftreten. | 5,0 |

Bestimmen Sie den erforderlichen Profilquerschnitt für die Seitenstrebe bei 9-facher Sicherheit gegen plastische Verformung unter der Annahme, dass in den Seitenstreben ausschließlich Zugkräfte wirken.

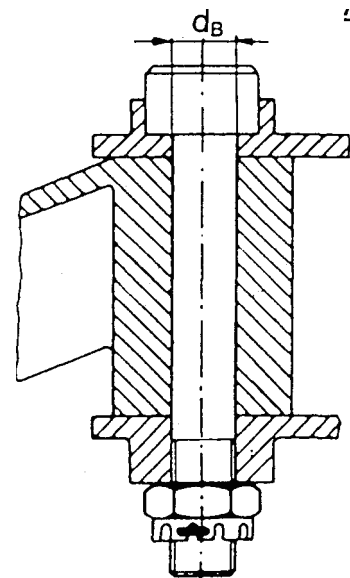
Abb. 2



$l_1 = 1\,500 \text{ mm}$
 $l_2 = 1\,300 \text{ mm}$

HP 1998/99-2: Zugmaschine mit Anhänger

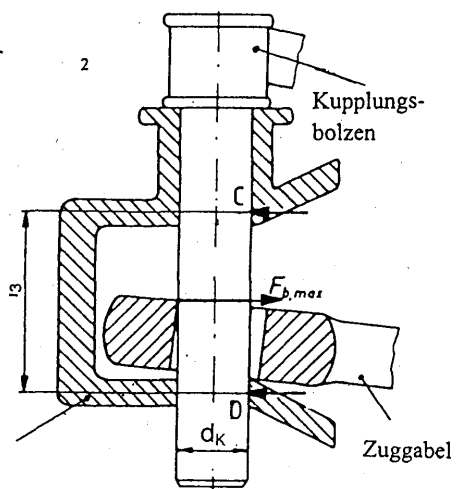
- 3 Der Befestigungsbolzen der Seitenstrebe in Abb. 3 (Einzelheit Y aus Abb. 2) ist aus C35 und hat einen Durchmesser von $d_B = 18$ mm. Wie groß ist die Sicherheit gegen Abscheren bei einer wirksamen Kraft von $F_W = 19$ kN?



3,5

- 4 Bestimmen Sie den Minstdurchmesser d_K des Kupplungsbolzens der Anhängerkupplung bei einer maximalen Kraft von $F_{bmax} = 40$ kN und einer zulässigen Biegespannung von $\sigma_{bzul} = 240$ N/mm².

Zur Berechnung soll angenommen werden, dass die Kräfte vom Kupplungsmaul auf den Bolzen an den Stellen C und D übertragen werden. Die Kraft F_{bmax} von der Zuggabel auf den Bolzen greift in der Mitte von $l_3 = 80$ mm an.



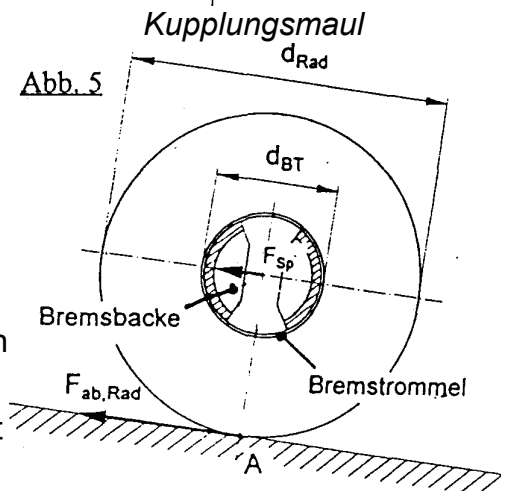
3,0

- 5 Der Anhänger wird auf der Gefällstrecke abgestellt und die auf die Räder der Vorderachse wirkende Feststellbremse angezogen. Es wirkt eine Hangabtriebskraft von $F_{ab} = 14$ kN auf beide Vorderräder. (Abb. 5)

$$d_{Rad} = 950 \text{ mm}$$

$$d_{BT} = 408 \text{ mm}$$

- 5.1 Berechnen Sie die notwendige Umfangskraft F_{BT} an der Bremstrommel eines Vorderrades.
- 5.2 An einer Bremsbacke soll die Hälfte der Bremskraft $F_{BT} = 16,3$ kN wirken. Die Reibungszahl zwischen Bremsbelag und Bremstrommel beträgt $\mu = 0,4$. Wie groß ist die erforderliche radiale Spannkraft F_{SP} ?



2,5

2,5

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma=30,0$

HP 1998/99-2: Zugmaschine mit Anhänger

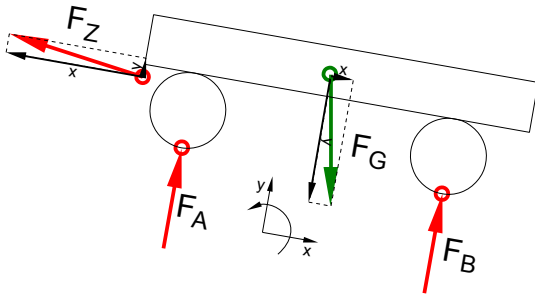
Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

1 LS Anhänger

6,0



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 80 \text{ kN} \cdot \sin 12^\circ = 16,6 \text{ N}$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 80 \text{ kN} \cdot \cos 12^\circ = 78,3 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_{Zx} + F_{Cx} \Rightarrow F_{Zx} = F_{Gx} = 16,6 \text{ kN} = F_Z \cdot \cos \alpha_Z \Rightarrow$$

$$F_Z = \frac{F_{Zx}}{\cos \alpha_Z} = \frac{16,6 \text{ kN}}{\cos 6^\circ} = 16,7 \text{ kN}$$

$$F_{Zy} = F_Z \cdot \sin \alpha_Z = 16,7 \text{ kN} \cdot \sin 6^\circ = 1,75 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0 = +F_{Zx} \cdot h_Z - F_{Zy} \cdot l_Z - F_{Gx} \cdot h_G - F_{Gy} \cdot l_G + F_B \cdot l_B \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{-F_{Zx} \cdot h_Z + F_{Zy} \cdot l_Z + F_{Gx} \cdot h_G + F_{Gy} \cdot l_G}{l_B}$$

$$= \frac{-16,6 \text{ kN} \cdot 800 \text{ mm} + 1,75 \text{ kN} \cdot 550 \text{ mm} + 16,6 \text{ kN} \cdot 1400 \text{ mm} + 78,3 \text{ kN} \cdot 1300 \text{ mm}}{2800 \text{ mm}} = 40,3 \text{ kN}$$

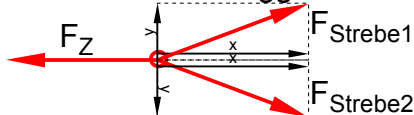
$$\Sigma F_y = 0 = F_{Zy} + F_A - F_{Gy} + F_B \Rightarrow$$

$$F_A = -F_{Zy} + F_{Gy} - F_B = -1,75 \text{ kN} + 78,3 \text{ kN} - 40,3 \text{ kN} = 36,3 \text{ kN}$$

Statik 4-Kräfteverfahren (ungewöhnliche rechnerische Lösung)

2 LS Knoten der Zuggabel

5,0



$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

Winkel α zwischen den Zugstreben:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{l_2}{2 \cdot l_1} \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = \arctan \frac{l_2}{2 \cdot l_1} = \arctan \frac{1300 \text{ mm}}{2 \cdot 1500 \text{ mm}} = 23,4^\circ$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_Z + 2 \cdot F_{Sx} = -F_Z + 2 \cdot F_S \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow F_S = \frac{F_{Zmax}}{2 \cdot \cos \alpha/2} = \frac{38 \text{ kN}}{2 \cdot \cos 23,4^\circ} = 20,7 \text{ kN}$$

$$\frac{\sigma_{zul}}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{9} = 26,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{\sigma_{zzul}} = \frac{20,7 \text{ kN}}{26,1 \text{ N/mm}^2} = 793 \text{ mm}^2$$

Gewählt wird ein U-Profil DIN 1026 – S235JO – U65 mit einem Querschnitt $S = 903 \text{ mm}^2$ (nicht Teil dieser Aufgabe).

HP 1998/99-2: Zugmaschine mit Anhänger

3 Sicherheit gegen Abscheren: 3,5

Wenn im TabB kein Wert für τ_{aB} gegeben ist, wird er aus R_m abgeschätzt.
 $R_m = 520 \text{ N/mm}^2$ (C35 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.133)

$$S = \frac{\pi \cdot d_B^2}{4} = \frac{\pi \cdot 18^2 \text{ mm}^2}{4} = 254,5 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{aB} = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 520 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 416 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\tau_a = \frac{F_K}{2 \cdot S} = \frac{19 \text{ kN}}{2 \cdot 254,5} = 37,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\tau_{aB}}{\tau_a} = \frac{416 \text{ N/mm}^2}{37,3 \text{ N/mm}^2} = 11,1$$

4 $\sigma_{bF} = 380 \text{ N/mm}^2$ (S275 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44) 3,0

$$M_b = \frac{F_{bmax} \cdot l_3}{4} = \frac{40 \text{ kN} \cdot 80 \text{ mm}}{4} = 800 \text{ Nm}$$

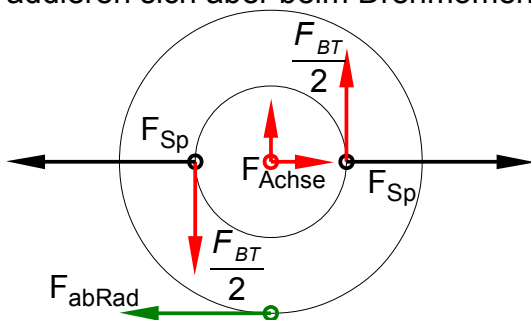
$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

$$W_{erf} = \frac{M_b}{\sigma_{bzul}} = \frac{800 \text{ Nm}}{240 \text{ N/mm}^2} = 3,33 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \Rightarrow d_K = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{erf}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 11,68 \text{ cm}^3}{\pi}} = 49,2 \text{ mm}$$

5

5.1 LS Rad mit Bremsstrommel: Die Normal- (F_{Sp}) und Reibkräfte ($F_{BT}/2$) werden von den beiden Bremsbacken auf die Bremsstrommel übertragen. F_{Sp} heben sich auf und spielen keine Rolle. Die Reibkräfte $F_{BT}/2$ heben sich kräftemäßig ebenfalls auf, addieren sich aber beim Drehmoment. 2,5



$$\Sigma M_{Achse} = 0 = -F_{abRad} \cdot \frac{d_{rad}}{2} + 2 \cdot \frac{F_{BT}}{2} \cdot \frac{d_{BT}}{2} \Rightarrow$$

$$F_{BT} = F_{abRad} \cdot \frac{d_{Rad}}{d_{BT}} = \frac{F_{ab}}{2} \cdot \frac{d_{Rad}}{d_{BT}} = \frac{14 \text{ kN}}{2} \cdot \frac{950 \text{ mm}}{408 \text{ mm}} = 16,3 \text{ kN}$$

Wer bei der Aufgabe mit der Formulierung Schwierigkeiten hatte, muss sich keine Gedanken machen, weder über sein Sprachverständnis noch über Punktabzüge ;-)

5.2 $F_R = F_N \cdot \mu \Rightarrow \frac{F_{Bt}}{2} = F_{Sp} \cdot \mu \Rightarrow F_{Sp} = \frac{F_{BT}}{2 \cdot \mu} = \frac{16,3 \text{ kN}}{2 \cdot 0,4} = 20,4 \text{ kN}$ 2,5

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 30,0$