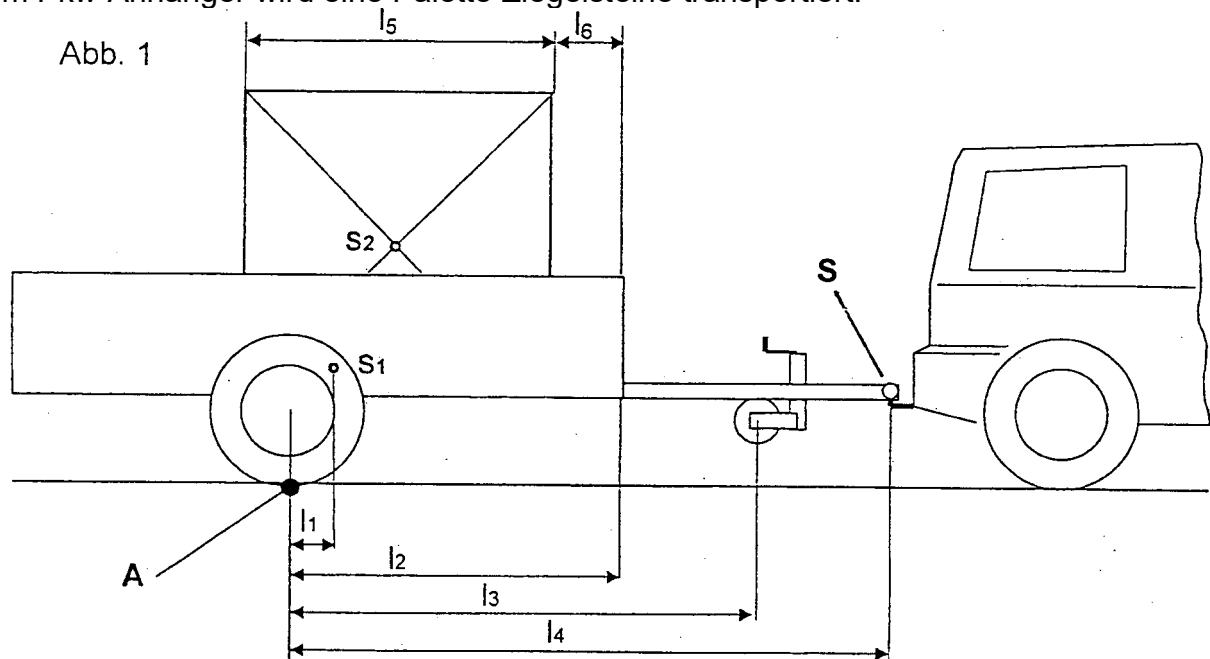




## tgt HP 2004/05-2: Pkw-Anhänger

Mit dem Pkw-Anhänger wird eine Palette Ziegelsteine transportiert.

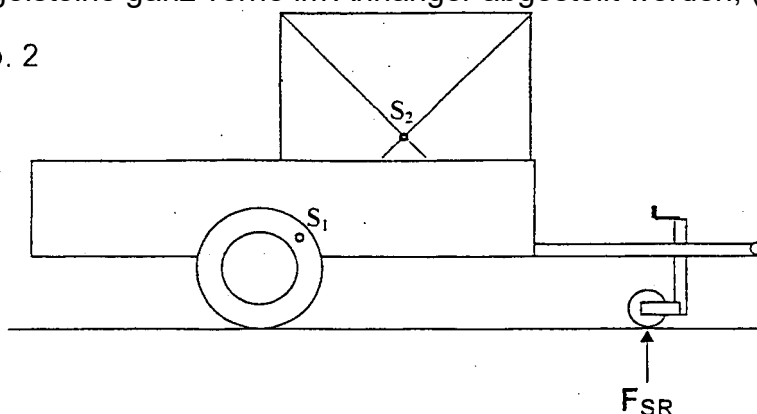


Daten	$m_1 = 150 \text{ kg}$ (in $S_1$ )	$l_1 = 100 \text{ mm}$	$l_4 = 1900 \text{ mm}$
	$m_2 = 500 \text{ kg}$ (in $S_2$ )	$l_2 = 1000 \text{ mm}$	$l_5 = 1000 \text{ mm}$
		$l_3 = 1300 \text{ mm}$	

### Teilaufgaben:

- |   |  | Punkte |
|---|--|--------|
| 1 | Die Stützlast $F_s$ auf die Anhängerkupplung bei S des Pkw darf maximal 750 N betragen. Berechnen Sie, wie groß das Maß $l_6$ (siehe Abb. 1) mindestens sein muss, damit dieser Wert nicht überschritten wird. | 4,0    |
| 2 | Ermitteln Sie zeichnerisch die Kraft $F_{SR}$ , die am Stützrad wirkt, wenn die Ziegelsteine ganz vorne im Anhänger abgestellt werden, (siehe Abb. 2)  | 6,0    |

Abb. 2



- |   |  |     |
|---|--|-----|
| 3 | Die Lagerung des Stützrades erfolgt über 2 angeschweißte Flachstäbe aus S235JR, die auf Biegung beansprucht werden. (s. Abb. 3) Bestimmen Sie die Abmessungen des Flachstahls nach Norm. | 5,0 |
|---|--|-----|

$$F_{SR} = 2,5 \text{ kN}$$

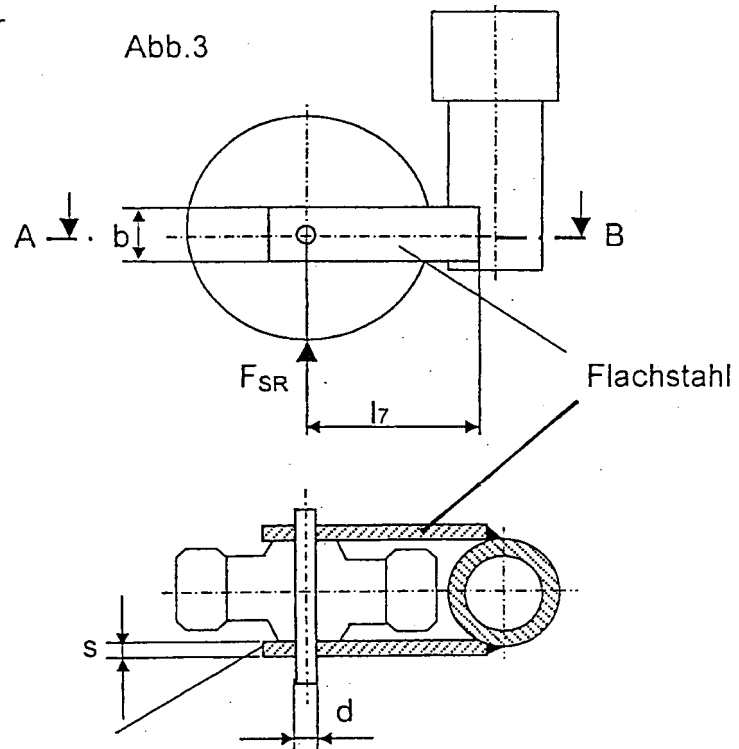
$$\text{Sicherheit gegen Verformung } \nu = 2,0$$

$$b/s = 10$$

$$l_7 = 180 \text{ mm}$$



- 4 Berechnen Sie den Durchmesser  $d$  des Lagerbolzens aus S235 bei einer 6-fachen Sicherheit gegen Abscherung.  
 $F_{SR} = 2,5 \text{ kN}$



4,0

- 5 Bergfahrt mit Anhänger bei 14% Steigung. Berechnen Sie die Zugkraft  $F_z$ , die der Pkw aufbringen muss, wenn ein zusätzlicher Rollwiderstand von 300 N angenommen wird.

3,5

- 6 Bergfahrt mit Anhänger bei einem Steigungswinkel von  $8^\circ$ :

- 6.1 Prüfen Sie rechnerisch nach, ob die Palette bei Bergfahrt nach hinten rutscht, wenn wegen der Erschütterung mit einem Reibwert  $\mu = 0,2$  zu rechnen ist.

2,5

- 6.2 Berechnen Sie die erforderliche Leistung  $P_M$ , die der Motor abgibt:

5,0

Fahrwiderstand des Fahrzeugs	$F_w = 800 \text{ N}$
Hangabtriebskraft des Pkw	$F_H = 2218 \text{ N}$
Erforderliche Zugkraft am Anhänger	$F_z = 1200 \text{ N}$
Gesamtwirkungsgrad	$\eta = 0,8$
Geschwindigkeit des Pkw	$v = 50 \text{ km/h}$

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 30$



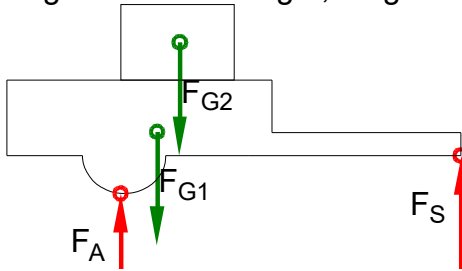
## Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte

1 Lageskizze: Anhänger, aufgestützt auf Anhängerkupplung

4,0



$$\sum M_A = 0 = -F_1 \cdot l_1 - F_2 \cdot (l_2 - l_6 - \frac{l_5}{2}) + F_S \cdot l_4$$

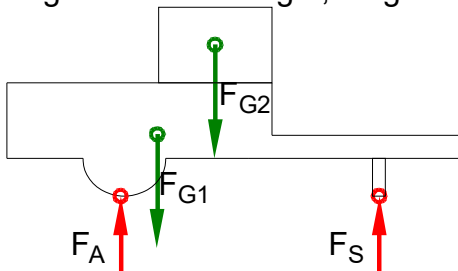
$$0 = -1500 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm} - 5000 \text{ N} \cdot (1000 \text{ mm} - l_6 - \frac{1000 \text{ mm}}{2}) + 750 \text{ N} \cdot 1900 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$l_6 = 245 \text{ mm}$$

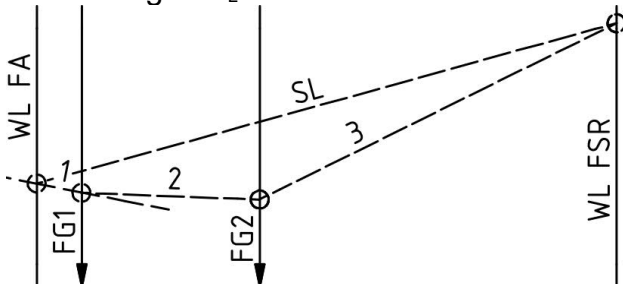
Statik rechnerisch (Schlusslinienverfahren)

2 Lageskizze: Anhänger, aufgestützt auf Stützrad

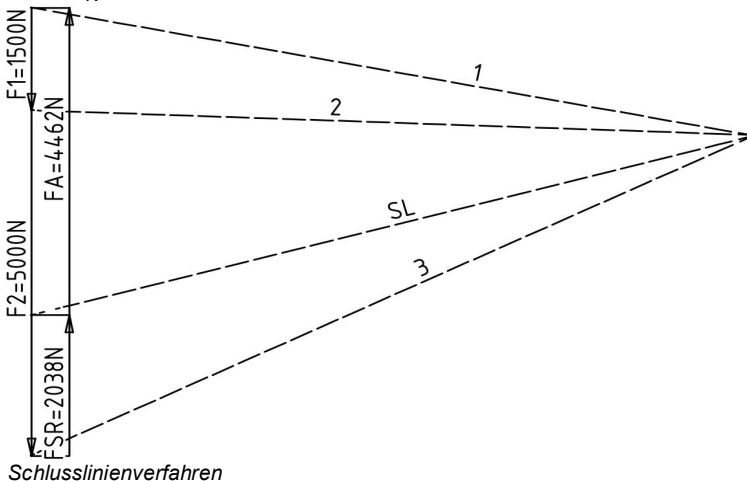
6,0



LP Anhänger  $M_L = 1\text{m}/50\text{mm}$



KP  $M_K = 1000\text{N}/10\text{mm}$



Schlusslinienverfahren



rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$\Sigma M_A = 0 = -F_1 \cdot l_1 - F_2 \cdot \left(l_2 - \frac{l_5}{2}\right) + F_{SR} \cdot l_3 \Rightarrow$$

$$F_{SR} = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot \left(l_2 - \frac{l_5}{2}\right)}{l_3} = \frac{1500 \text{ N} \cdot 100 \text{ mm} + 5000 \text{ N} \cdot \left(1000 \text{ mm} - \frac{1000 \text{ mm}}{2}\right)}{1300 \text{ mm}} = 2038 \text{ N}$$

- 3  $\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$  (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44) 5,0

$$M_b = \frac{F_{SR}}{2} \cdot l_7 = \frac{2,5 \text{ kN}}{2} \cdot 180 \text{ mm} = 225 \text{ Nm} \quad (\text{je Flachstahl})$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{2} = 165 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W = \frac{M_b}{\sigma_{bF}} = \frac{225 \text{ Nm}}{165 \text{ N/mm}^2} = 1,363 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{s \cdot b^2}{6} = \frac{s \cdot (10s)^2}{6} = \frac{100 \cdot s^3}{6} \Rightarrow s = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot W}{100}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1,363 \text{ cm}^3}{100}} = 4,34 \text{ mm}$$

$$b = 10 \cdot s = 10 \cdot 4,34 \text{ mm} = 43,4 \text{ mm}$$

gewählt Flachstahl FI 50x5

Flachstahl nach Biegung

- 4  $\tau_{aB} = 235 \text{ N/mm}^2$  (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 41. Auflage, S.40) 4,0

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{v} = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{6} = 39,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_{SR}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{2,5 \text{ kN}}{2 \cdot 39,2 \text{ N/mm}^2} = 31,9 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,9 \text{ mm}^2}{\pi}} = 6,4 \text{ mm}$$

gewählt:  $d_B = 8 \text{ mm}$  (der nächstgrößere lieferbare BolzenØ → TabB)

Scherfestigkeit (BolzenØ)

- 5  $\alpha = \arctan 14\% = 7,97^\circ$  3,5

$$F_Z = F_H + F_R = (F_1 + F_2) \cdot \sin \alpha + F_R = (1500 \text{ N} + 5000 \text{ N}) \cdot \sin 7,97^\circ + 300 \text{ N} = 1201 \text{ N}$$

Zugkraft bei Bergfahrt

6

- 6.1  $F_H = F_2 \cdot \sin \alpha = 5000 \text{ N} \cdot \sin 8^\circ = 696 \text{ N}$  2,5

$$F_R = F_N \cdot \mu = F_2 \cdot \cos \alpha \cdot \mu = 5000 \text{ N} \cdot \cos 8^\circ \cdot 0,2 = 990 \text{ N}$$

Die Ladung rutscht nicht, da die Hangabtriebskraft  $F_H$  nicht größer ist als die mögliche Reibungskraft  $F_R$ .

Rutschen

- 6.2  $P_{ab} = \frac{F_{ges}}{\eta} \cdot v = \frac{800 \text{ N} + 2218 \text{ N} + 1200 \text{ N}}{0,8} \cdot 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 73,2 \text{ kW}$  5

Erforderliche Leistung

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

30,0