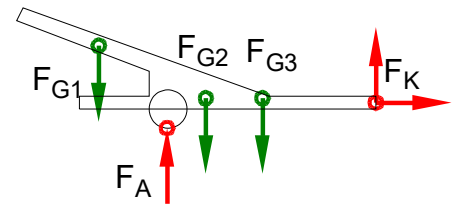


## Lösungsvorschläge

1

### 1.1 LS Säge-Förderzentrum:

$$\begin{aligned} 1.2 \quad \Sigma F_x = 0 &= F_{Kx} \\ \Sigma M_A = 0 &= F_{G1} \cdot l_1 - F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot l_3 + F_{Ky} \cdot l_4 \Rightarrow \\ F_{Ky} &= \frac{-F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 + F_{G3} \cdot l_3}{l_4} \\ &= \frac{-2900 \text{ N} \cdot 750 \text{ mm} + 3600 \text{ N} \cdot 250 \text{ mm} + 1250 \text{ N} \cdot 2030 \text{ mm}}{3430 \text{ mm}} = 368,1 \text{ kN} = F_K \end{aligned}$$

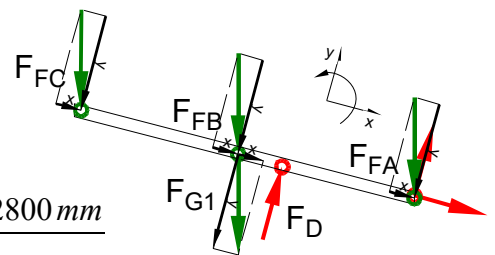


$$\begin{aligned} \Sigma F_y = 0 &= -F_{G1} + F_{Achse} - F_{G2} - F_{G3} + F_{Ky} \Rightarrow \\ F_{Achse} &= F_{G1} + F_{G2} + F_{G3} - F_{Ky} = 2900 \text{ N} + 3600 \text{ N} + 1250 \text{ N} - 368,1 \text{ N} = 7381,9 \text{ N} \\ F_{Rad} &= \frac{F_{Achse}}{2} = \frac{7381,9 \text{ N}}{2} = 3691 \text{ N} \end{aligned}$$

2

### 2.1 LS Säge-Förderband:

$$\begin{aligned} 2.2 \quad \Sigma M_A = 0 &= F_{FCy} \cdot l_7 + (F_{FB_y} + F_{G1y}) \cdot l_6 - F_D \cdot l_5 \Rightarrow \\ F_D &= \frac{F_{FC} \cdot \cos 30^\circ \cdot l_7 + (F_{FB} + F_{G1}) \cdot \cos 30^\circ \cdot l_6}{l_5} \\ &= \frac{900 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ \cdot 5600 \text{ mm} + (2900 \text{ N} + 900 \text{ N}) \cdot \cos 30^\circ \cdot 2800 \text{ mm}}{2100 \text{ mm}} \\ &= \frac{779,42 \text{ N} \cdot 5600 \text{ mm} + (779,42 \text{ N} + 2511,5 \text{ N}) \cdot 2800 \text{ mm}}{2100 \text{ mm}} = 6466,3 \text{ N} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 2.3 \quad \Sigma F_x = 0 &= (3 \cdot F_{Fx} + F_{G1x}) + F_{Ax} \Rightarrow \\ F_{Ax} &= -(3 \cdot F_F + F_{G1}) \cdot \sin 30^\circ = -(3 \cdot 900 \text{ N} + 2900 \text{ N}) \cdot \sin 30^\circ = -2800 \text{ N} \\ \Sigma F_y = 0 &= -(3 \cdot F_{Fy} + F_{G1y}) + F_D + F_{Ay} \Rightarrow \\ F_{Ay} &= (3 \cdot F_F + F_{G1}) \cdot \cos 30^\circ - F_D = (3 \cdot 900 \text{ N} + 2900 \text{ N}) \cdot \cos 30^\circ - 6466,3 \text{ N} = -1616,6 \text{ N} \\ F_A &= \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(-2800 \text{ N})^2 + (-1616,6 \text{ N})^2} = 3233 \text{ N} \\ \alpha_A &= \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{-1616,6 \text{ N}}{-2800 \text{ N}} = 30^\circ \end{aligned}$$

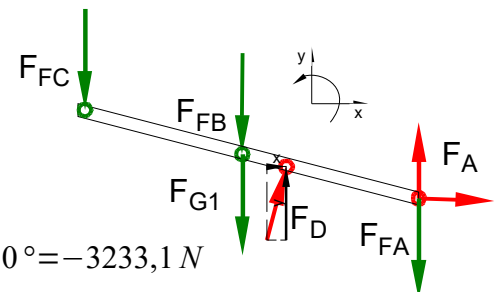
Winkel im Koordinatensystem parallel zum Förderband

$\alpha_A = 30^\circ$  nach links unten gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 210^\circ$  gegen die positive x-Achse

Winkel im Koordinatensystem waagrecht und senkrecht

$\alpha_A = 0^\circ$  waagrecht nach links



oder, einfacher, mit waagrechttem Koordinatensystem

$$\begin{aligned} \Sigma F_x = 0 &= F_{Dx} + F_{Ax} \Rightarrow F_{Ax} = -F_D \cdot \sin 30^\circ = -6466,3 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = -3233,1 \text{ N} \\ \Sigma F_y = 0 &= -3 \cdot F_F - F_{G1} + F_{Dy} + F_{Ay} \Rightarrow \\ F_{Ay} &= 3 \cdot F_F + F_{G1} - F_D \cdot \cos 30^\circ = 3 \cdot 900 \text{ N} + 2900 \text{ N} - 6466,3 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 0 \text{ N} \\ F_A &= |F_{Ax}| = 3233 \text{ N} \quad \text{und wirkt nach links} \end{aligned}$$

### 3 Förderbandrollen

### 3.1 Biegemoment, Lageskizze wie in Aufgabe 3.2

$$M_B(\text{links}) = |F_{FCy} \cdot (l_7 - l_6)|$$

$$= 900 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ \cdot (5600 - 2800) \text{ mm} = 2182,4 \text{ Nm}$$

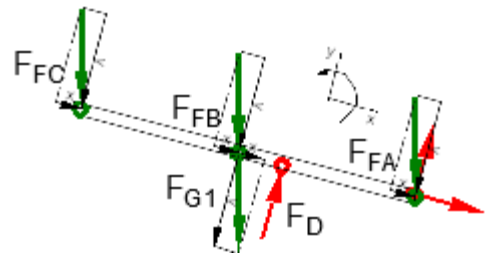
$$M_D(\text{links}) = |F_{FCy} \cdot (l_7 - l_5) + (F_{FB} + F_{G1}) \cdot (l_6 - l_5)|$$

$$= [900 \cdot (5,6 - 2,1) + (900 + 2900) \cdot (2,8 - 2,1)] \text{ Nm} \cdot \cos 30^\circ$$

$$= 5031,6 \text{ Nm}$$

$$M_{bmaxF} = 5031,6 \text{ Nm} \quad \text{für das ganze Förderband bzw.}$$

$$M_{bmaxU} = 2516 \text{ Nm} = 5031,6 / \text{Nm} \quad \text{für ein U-Profil}$$



### 3.2 $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 282 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\sqrt{v}} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{6} = 47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Lesart 1:  $M_{bmax}$  ist auf einen U-Stahl des Förderbands bezogen:

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{2516 \text{ Nm}}{47 \text{ N/mm}^2} = 53,53 \text{ cm}^3$$

gewählt: U-Profil DIN 1026 – U120 - S235JO mit  $W_x = 60,7 \text{ cm}^3$

Lesart 2:  $M_{bmax}$  ist auf das Förderband mit beiden U-Stählen bezogen:

$$W_{erf2} = \frac{M_{bmax}}{2 \cdot \sigma_{bzul}} = \frac{2516 \text{ Nm}}{2 \cdot 47 \text{ N/mm}^2} = 26,77 \text{ cm}^3$$

gewählt: U-Profil DIN 1026 – U100 - S235JO mit  $W_x = 41,2 \text{ cm}^3$

### 4 Bolzendurchmesser

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren des Bolzens:

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_{eBolzen} = 0,6 \cdot 340 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 204 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow \tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \frac{204 \text{ N/mm}^2}{2,5} = 81,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_D}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{6500 \text{ N}}{2 \cdot 81,6 \text{ N/mm}^2} = 39,8 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 39,8 \text{ mm}^2}{\pi}} = 7,1 \text{ mm}$$

Durchmesser gegen Flächenpressung: Da die Wangen die kleinste Auflagefläche und die niedrigste Festigkeit haben, genügt es, den Bolzendurchmesser für die Wangen zu dimensionieren.

$$p_{zul} = \frac{R_e}{3} = \frac{295 \text{ N/mm}^2}{3} = 98,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{6500 \text{ N}}{98,3 \text{ N/mm}^2} = 66,1 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot s \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{s} = \frac{66,1 \text{ mm}^2}{70 \text{ mm} - 40 \text{ mm}} = 2,2 \text{ mm}$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 7,1 mm, gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen  $\varnothing 8 \text{ mm}$  ( $\rightarrow$  TabB „Bolzen“)

5.1 Schnittleistung aus Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  und Schnittkraft  $F_c$ :

$$v_c = \pi \cdot n_s \cdot d_s = \pi \cdot 1500 \text{ min}^{-1} \cdot 700 \text{ mm} = 3299 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 54,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = 400 \text{ N} \cdot 54,98 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 21,99 \text{ kW}$$

Schnittleistung aus Moment und Drehzahl der Säge:

$$M_s = F_s \cdot \frac{d_s}{2} = 400 \text{ N} \cdot \frac{700 \text{ mm}}{2} = 140 \text{ Nm}$$

$$P_s = 2 \pi \cdot M_s \cdot n_s = 2 \pi \cdot 140 \text{ Nm} \cdot 1500 \text{ min}^{-1} = 21,99 \text{ kW}$$

Antriebsleistung aus Schnittleistung und Wirkungsgrad:

$$P_{An} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{21,99 \text{ kW}}{0,85} = 25,9 \text{ kW}$$

## 5.2 Gründe für einen Riementrieb:

- dämpft Schwingungen und Lastwechsel durch elastische Längenänderung des Riemens
- Überlastschutz, d.h. der Riemen kann durchrutschen, wenn sich das Sägeblatt plötzlich verhakt, statt die ganze Kraft an die Hand weiter zu geben
- große Übersetzungsverhältnisse möglich
- unempfindlich gegen Achsversatz
- preisgünstiger

Gründe für Stirnradgetriebe

- hoher Wirkungsgrad
- für hohe Leistungen und Drehzahlen geeignet
- kleine Bauart möglich

5.3  $R_e = 590..460 \text{ N/mm}^2$  (34Cr4 → [EuroTabM], 47.Auflage, S.138)

Schnittmoment der Säge:

$$M_s = F_s \cdot \frac{d_s}{2} = 400 \text{ N} \cdot \frac{700 \text{ mm}}{2} = 140 \text{ Nm}$$

erforderliches Widerstandsmoment

$$\tau_{tF} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 590..460 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 413..322 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{V} = \frac{413..322 \text{ N/mm}^2}{3} = 137,7..107,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{140 \text{ Nm}}{137,7..107,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1,017..1,30 \text{ cm}^3$$

Durchmesser aus Wandstärkeverhältnis  $D:d = 4:3$

$$W_p = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16D} = \frac{\pi \cdot \left[ \left( \frac{4}{3} \cdot d \right)^4 - d^4 \right]}{16 \cdot \frac{4}{3} \cdot d} = \frac{\pi \cdot \left[ \left( \frac{4}{3} \right)^4 - 1 \right] \cdot d^4}{\frac{64}{3} \cdot d} = 0,3182 \cdot d^3 \Rightarrow$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_p}{0,3182}} = \sqrt[3]{\frac{1,017..1,30 \text{ cm}^3}{0,3182}} = 1,47..1,60 \text{ cm} = 14,7..16,0 \text{ mm}$$

$$D = \frac{4}{3} \cdot d = \frac{4}{3} \cdot 14,7..16,0 \text{ mm} = 19,6..21,3 \text{ mm}$$

Gewählt:  $D:d = 20:15 \dots 24:18 \text{ mm/mm}$

#### 5.4 Wälzlagerauswahl nach Maßen

Gewählt: DIN 625 – 6004 (aus Reihe 60 mit  $d = 20 \text{ mm}$ )

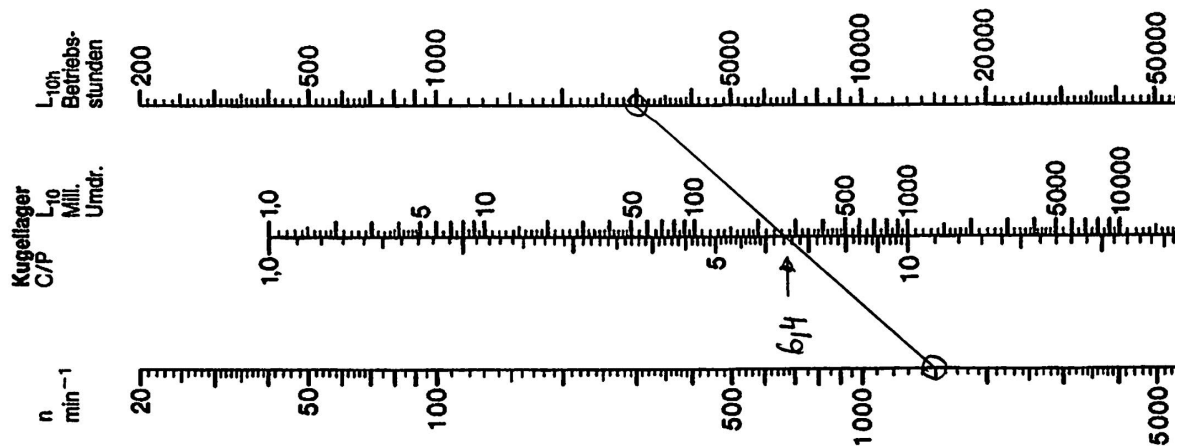
#### 5.5 Erforderliche Tragzahl

$$P = x \cdot F_r + y \cdot F_a = 1 \cdot 1200 \text{ N} + 0 \cdot F_a = 1200 \text{ N}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left( \frac{C}{P} \right)^p \Rightarrow \frac{C}{P} = \sqrt[p]{\frac{L_{10h} \cdot n}{16666}} = \sqrt[3]{\frac{3000 [h] \cdot 1500 [1/min]}{16666}} = 6,46$$

$$\frac{C}{P} = 6,46 \Rightarrow C = 6,46 \cdot P = 6,46 \cdot 1200 \text{ N} = 7,756 \text{ kN}$$

Alternativ: Verhältnis  $C/P$  aus der Leitertafel:



Das Lager 6004 hat nur eine Tragzahl von 7,35 kN und erreicht die Lebensdauer nicht. Hinweis: Die Lebensdauer eines einzelnen Wälzlagers ist nicht vorhersagbar. Die Lebensdauer  $L_{10h} = 3000h$  ist eine statistische Aussage und bedeutet, dass nach 3000h 10% der Wälzlager dieser Bauart ausgefallen sind.