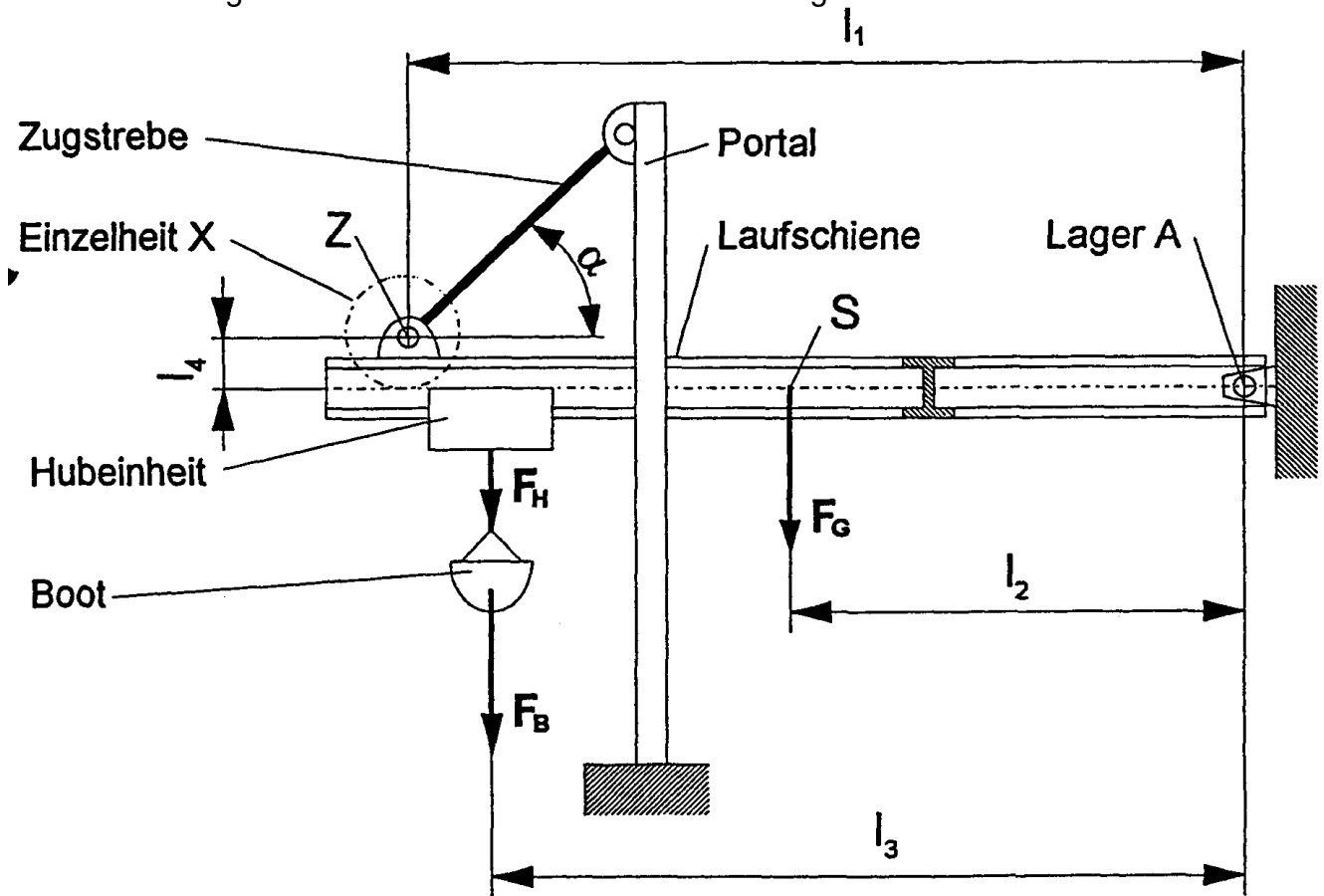




tgt HP 2002/03-1: Bootskran

Eine elektrisch angetriebene Hubeinheit trägt die Bootslast. Als Laufschiene wird ein I-Träger verwendet. Die Zugstrebe ist in der Mitte des Portals befestigt.



Daten:

$$l_1 = 7000 \text{ mm}$$

$$l_2 = 3500 \text{ mm}$$

$$l_3 = 6000 \text{ mm}$$

$$l_4 = 300 \text{ mm}$$

Boot: $F_B = 9 \text{ kN}$

Laufschiene: $F_G = 2,5 \text{ kN}$

Hubeinheit: $F_H = 1 \text{ kN}$

$$\alpha = 50^\circ$$

Laufschiene: I - Profil DIN 1025 - S235JR – IPE

Teilaufgaben:		Punkte
1	Ermitteln Sie zeichnerisch die Kraft F_Z in der Zugstrebe und die Lagerkraft F_A .	5,5
2	Die Hubeinheit befindet sich jetzt bei S.	
2.1	Berechnen Sie die Kräfte in den Lagern A und Z.	3,5
2.2	Bestimmen Sie den erforderlichen IPE- Träger bei 3- facher Sicherheit gegen Verformung.	2,5



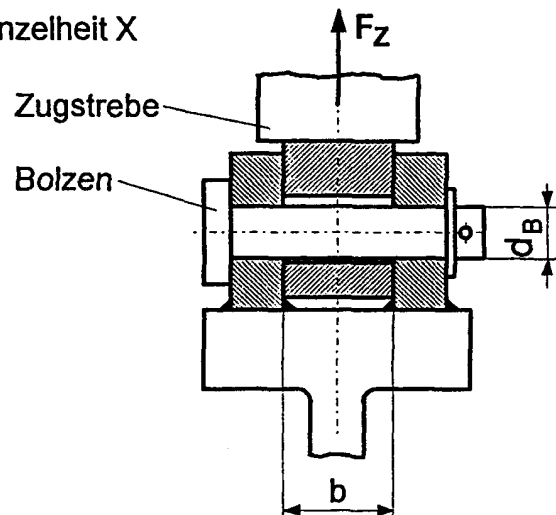
- 3 Die Zugstrebe ist in der dargestellten Weise Einzelheit X mit der Laufschiene verbunden.

3,0

Daten:

$$F_Z = 12,5 \text{ kN}$$

$$b = 12 \text{ mm}$$



- 3.1 Ermitteln Sie den erforderlichen Durchmesser d_B des Bolzens aus S235 bei 6-facher Sicherheit gegen Abscheren.

2,5

- 3.2 Welcher Durchmesser d_B ist für den Bolzen bei einer zulässigen Flächenpressung von $p_{zul} = 60 \text{ N/mm}^2$ zu wählen ?

2,5

- 4 Schematischer Aufbau der Hubeinheit:

Daten:

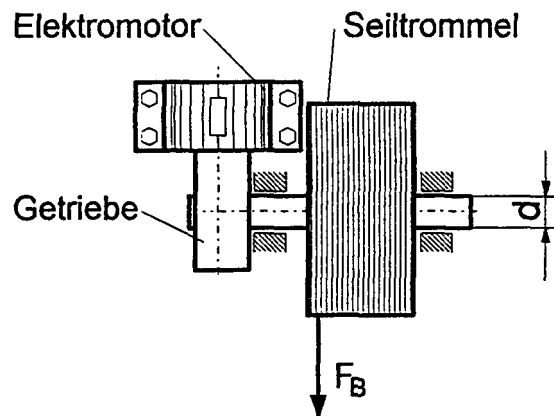
$$n_M = 1440 \text{ min}^{-1}$$

$$d = 32 \text{ mm}$$

$$V_{Hub} = 0,2 \text{ m/s}$$

$$\eta_G = 0,8 \text{ (Getriebe)}$$

$$F_B = 9 \text{ kN}$$



- 4.1 Welches maximale Drehmoment kann die Seiltrommelwelle bei $\tau_{tzul} = 30 \text{ N/mm}^2$ übertragen ?

3,0

- 4.2 Bestimmen Sie das erforderliche Drehmoment am Elektromotor der Hubeinheit.

3,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$



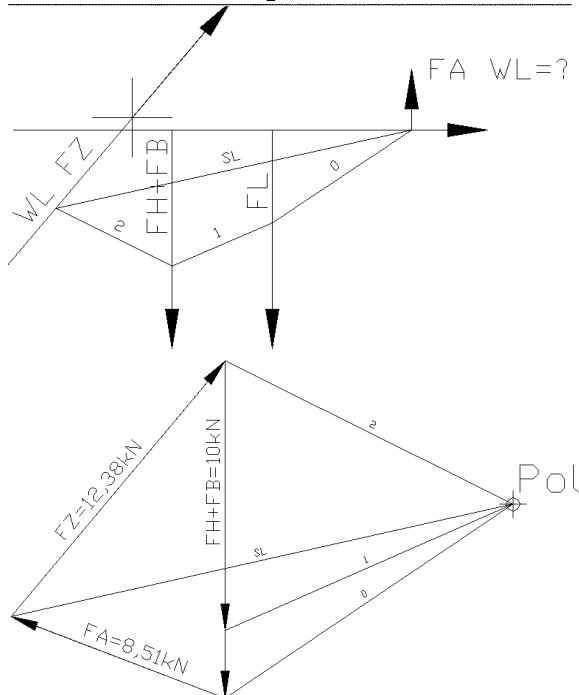
Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte
5,5

1 LP Laufschiene $M_L = \dots$

KP Kräftemaßstab $M_K = \dots$



Hinweis: Auch zwischen F_H und F_B kann ein Polstrahl gezeichnet werden. Der zugehörige Seilstrahl im Lageplan wird aber nicht sichtbar, weil er zwischen den identischen Wirklinien von F_H und F_B verläuft.

2

2.1 Rechnerische Lösung:

$$\begin{aligned} \Sigma M_A = 0 &= -F_Z \cdot l_1 - F_{Zx} \cdot l_4 + (F_G + F_H + F_B) \cdot l_2 \\ &= -F_Z \cdot \sin \alpha \cdot l_1 - F_Z \cdot \cos \alpha \cdot l_4 + (2,5 + 1 + 9) \text{ kN} \cdot 3500 \text{ mm} \\ F_Z &= \frac{(F_G + F_H + F_B) \cdot l_2}{\sin \alpha \cdot l_1 + \cos \alpha \cdot l_4} = \frac{(2,5 + 1 + 9) \text{ kN} \cdot 3500 \text{ mm}}{\sin 50^\circ \cdot 7000 \text{ mm} + \cos 50^\circ \cdot 300 \text{ mm}} \\ &= 7,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Zx} + F_{Ax} \Rightarrow F_{Ax} = -F_Z \cos \alpha = -7,876 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ = -5,062 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Zy} - F_G - F_H - F_B + F_{Ay} \Rightarrow F_{Ay} = F_G + F_H + F_B - F_Z \cdot \sin \alpha$$

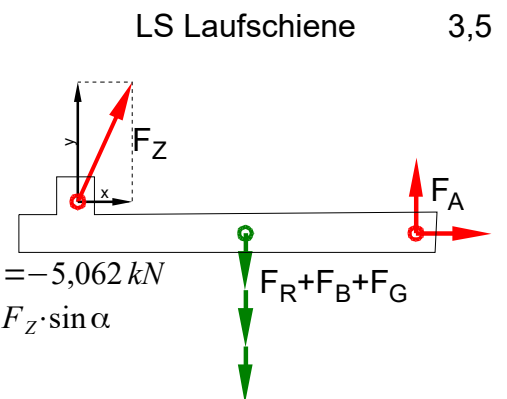
$$F_{Ay} = 2,5 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 9 \text{ kN} - 7,876 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ = 6,467 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(-5,062 \text{ kN})^2 + (6,467 \text{ kN})^2} = 8,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{6,467 \text{ kN}}{-5,062 \text{ kN}} = -51,9^\circ$$

$\alpha_A = 51,9^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 128,1^\circ$ gegen die positive x-Achse



2.2 Das maximale Biegemoment liegt bei S, weil dort der einzige innere Kräfteeinleitungspunkt ist. Die Berechnungen des Biegemomentes von rechts und von links sind alternativ, es genügt eine von beiden.

2,5



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

$$M_{bS}(\text{rechts}) = F_{Ay} \cdot l_2 = F_A \cdot \sin \alpha_A \cdot l_2 = 8,213 \text{ kN} \cdot \sin 51,95^\circ \cdot 3500 \text{ mm} = 22,6 \text{ kNm}$$

$$M_{bS}(\text{links}) = F_{Zy} \cdot (l_1 - l_2) + F_{Zx} \cdot l_4 = F_Z \cdot \sin \alpha \cdot (l_1 - l_2) + F_Z \cdot \cos \alpha \cdot l_4$$

$$= 7,786 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ \cdot (7000 - 3500) \text{ mm} + 7,876 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ \cdot 300 \text{ mm} = 22,6 \text{ kNm}$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{3} = 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{22,6 \text{ kNm}}{110 \text{ N/mm}^2} = 206 \text{ cm}^3$$

gewählt: I-Profil DIN1025 – S235JR – IPE 220 mit $W_x = 252 \text{ cm}^3$

I-Profil bei Biegung



3

2,5

3.1 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren

$\tau_{aB} = 290 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{V} = \frac{290 \text{ N/mm}^2}{6} = 48,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_D}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{12,5 \text{ kN}}{2 \cdot 48,3 \text{ N/mm}^2} = 129,3 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 129,3 \text{ mm}^2}{\pi}} = 12,8 \text{ mm}$$

3.2 Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung:

$$p_{zul} = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_Z}{p_{zul}} = \frac{12,5 \text{ N}}{60 \text{ N/mm}^2} = 208,3 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot b \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{b} = \frac{208,3 \text{ mm}^2}{12 \text{ mm}} = 17,4 \text{ mm}$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 17,4 mm, gewählt wird der nächstgrößere angebotene BolzenØ 18 mm (→ TabB „Bolzen“)

Flächenpressung und Scherfestigkeit (BolzenØ)

4

$$4.1 \quad W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 32^3 \text{ mm}^3}{16} = 6434 \text{ mm}^3 \quad 3,0$$

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

$$M_t = \tau_{tzul} \cdot W_p = 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 6434 \text{ mm}^3 = 193 \text{ Nm}$$

übertragbares Moment

$$4.2 \quad P_{ab} = F_B \cdot v_{Hub} = 9 \text{ kN} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1800 \text{ W} \quad 3,0$$

$$\eta_G = \frac{P_{ab}}{P_M} \Rightarrow P_M = \frac{P_{ab}}{\eta_G} = \frac{1800 \text{ W}}{0,8} = 2250 \text{ W}$$

$$P_M = 2\pi \cdot n_M \cdot M_M \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{2250 \text{ W}}{2\pi \cdot 1440 \text{ min}^{-1}} = 15 \text{ Nm}$$

erforderliches Moment

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$



Anlage 4: Kreditangebot der Hausbank:

....können wir Ihnen folgendes Kreditangebot unterbreiten:

Darlehensarten:

Abzahlungsdarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest jährliche Tilgung am Jahresende
Annuitätendarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest, Tilgung im 1.Jahr 97.444,97 €.

Zu Aufgabe 4.5.1:

Abzahlungsdarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			

Annuitätendarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			



Lösungen

CNC (20 P): Einstellwerte aus vorgegebenen Schnittdaten, Werkzeugauswahl, Arbeitsplan für Sonderfall, Teilkreiszyklus, Unterprogramm für Kontur

1 Einstelldaten

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{70 \text{ m/min}}{\pi \cdot 80 \text{ mm}} = 278 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 12 \text{ Zahn} \cdot 278 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 334 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

2 Gewinde

2.1 Werkzeuge (→ [EuroTabM] „Gewinde“)

T05: d = 14 mm (= BohrerØ für Gewindekernloch M16)

T07: f = 2 mm (= Steigung eines Gewindes M16)

2.2 Arbeitsplan

Normalfall	Sonderfall HM-Spiralbohrer und 90°-Senker (ist gegeben)
1) Zentrieren + Ansenken mit T08 Senker 2) Vorbohren Ø14 mit T05 Spiralbohrer 3) Gewindebohren M16 mit T07	1) Vorbohren Ø14 mit T05 2) Zentrieren mit T08 3) Gewindebohren M16 mit T07

Hinweis 1: Hartmetall-Spiralbohrer vertragen sich nicht mit 90°-Senkungen, deshalb wird bei dieser Kombination ohne Zentrieren vorgebohrt und danach gesenkt.

Ein Korrektor sollte m.E. die Bedeutung solchen fachspezifischen Spezialwissens für die Allgemeine Hochschulreife in die Bewertung einfließen lassen.

2.3 Gewindebohrung

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T08 S509 F71 M3 ; 90°-Kegelsenker
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 ;
 ; Z2 ;
 N.. G81 ZA-10 V2 ; Bohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T07 S219 F2 M3 ; Gewindebohrer
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 ;
 ; Z2 ;
 N.. G84 ZA-20 V2 ; Gewindebohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 M15 ; Heimflug

Bemerkungen:

Im Teilkreiszyklus G77 entfällt eine der Adressen AN205, AP115, AI45 oder O3. Statt des Teilkreiszyklus G77 kann man die Zyklen auch einzeln aufrufen:

Polare Zyklusaufrufe:

N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP205
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP160
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP115

Kartesische Zyklusaufrufe (Koordinaten müssen berechnet werden):

N.. G79 X50,153 Y77,756 Z0
 N.. G79 X48,317 Y118,811 Z0
 N.. G79 X76,756 Y149,847 Z0



- 3 Grundsätzlich sind für die Rechtecktasche 40x60 mit den Ecken R8 die Bohrnutenfräser Ø6 und der Schafffräser Ø12 geeignet. Die Bohrnutenfräser haben den Vorteil, dass sie senkrecht eintauchen können, aber das ist in der Rechtecktasche nicht zwingend erforderlich.

Das Werkzeug T04 aus HM erlaubt wegen der 2,7fach möglichen Vorschubgeschwindigkeit v_f etwas schnelleres Arbeiten als T02 Schafffräser mit dem doppelten Durchmesser, die kleinere Schnitttiefe spielt hier keine Rolle. Für T03 und insbesondere T02 sprechen der geringere Preis der Werkzeuge.

Hinweis 2: Bei solchen Fragen kommt es nicht darauf an, die einzig richtige Antwort zu geben, sondern eine vernünftige Begründung für seine Wahl zu finden, die mit der Aufgabe zusammenhängt. Welches die wirklich beste Wahl ist, stellt sich auch in der Praxis oft erst dann heraus, wenn die realen Probleme auftreten ...

4 Außenkontur

4.1 $P3_x = 100 + R70 \cdot \cos 46,40^\circ = 148,273 \text{ mm}$

$P3_y = 100 + R70 \cdot \sin 46,40^\circ = 150,692 \text{ mm}$

4.2

Hauptprogramm

```
N.. G00 X-10      Y-45      ; Verlängerung P1-P2
N.. G00                      Z1      ;
N.. G22 L100      H2        ; ruft 2x das Unterprogramm L100 auf
```

Unterprogramm L100 (hier in absoluten Werten, ist auch inkremental möglich)

```
N.. G41                      ; Bahnkorrektur links
N.. G00                      ZI-13   ; In 2 Schnitten von ZA1 auf ZA-25
N.. G01 X30      Y40          ; P1
N.. G01                      Y100    ; P2
N.. G02 X148,273 Y150,692 R70 ; P3
N.. G01 X170      Y130        ; P4
N.. G01                      Y40     ; P5
N.. G01 X-2       ; P6 und weiter
N.. G01 X-10      Y45        ; Startpunkt
N.. G40
N.. M17                      ; Unterprogramm Ende
```