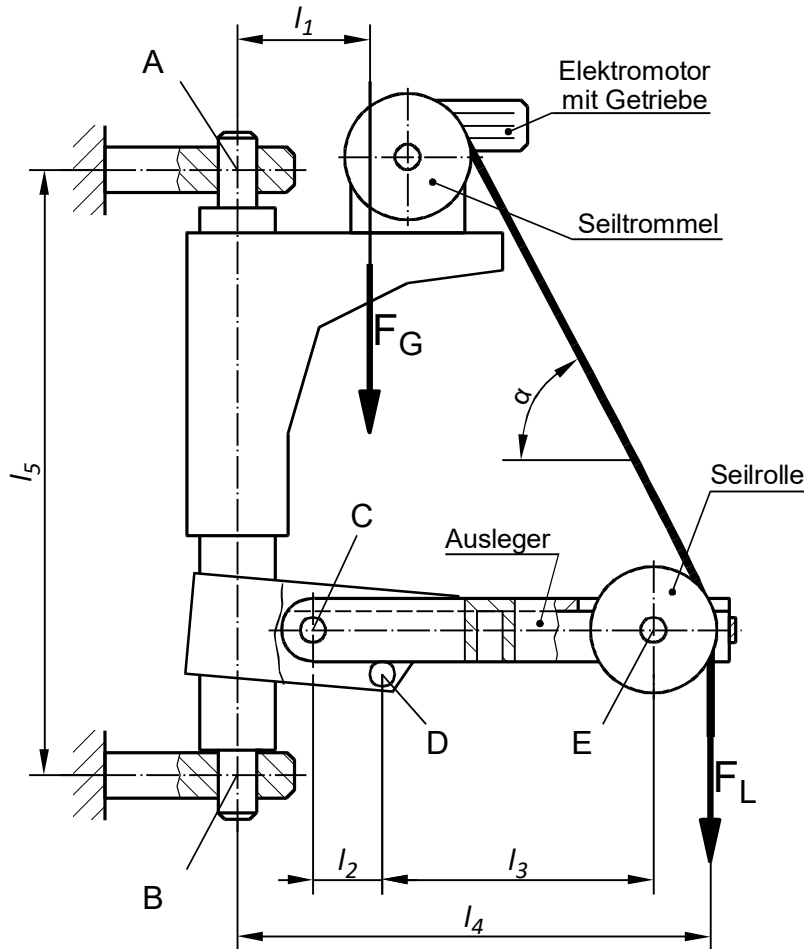




tgt HP 2010/11-2: Fenster- und Fassadenkran

Der Fenster- und Fassadenkran lässt sich in Einzelteile zerlegen und in kurzer Zeit betriebsbereit aufbauen.



Daten:

$$l_1 = 270 \text{ mm}$$

$$\text{Gewichtskraft: } F_G = 500 \text{ N}$$

$$l_2 = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Last: } F_L = 2500 \text{ N}$$

$$l_3 = 550 \text{ mm}$$

$$\alpha = 50^\circ$$

$$l_4 = 840 \text{ mm}$$

$$l_5 = 1000 \text{ mm}$$

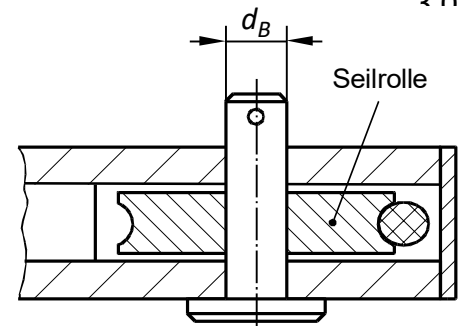
Teilaufgaben:

	Punkte
1 Bestimmen Sie die Lagerkräfte F_A und F_B bei angehängter Last.	4,0
2 Der Ausleger liegt beim Heben der Last im Punkt D auf.	
2.1 Bestimmen Sie zeichnerisch die Lagerkräfte F_C und F_D .	5,0
2.2 Bestimmen Sie das maximale Biegemoment im Ausleger.	3,0
2.3 Der Ausleger besteht aus einem U- Profil DIN 1026 - U100 - S235JO. Überprüfen Sie, ob im Ausleger eine Sicherheit von $v = 8$ vorhanden ist.	3,0



3 Die Seilrollenkraft im Punkt E beträgt $F_E = 1,7 \text{ kN}$.

Berechnen Sie den erforderlichen Bolzendurchmesser d_B bei einer Sicherheit von $v = 10$ gegen Abscheren.
Bolzenwerkstoff: E295

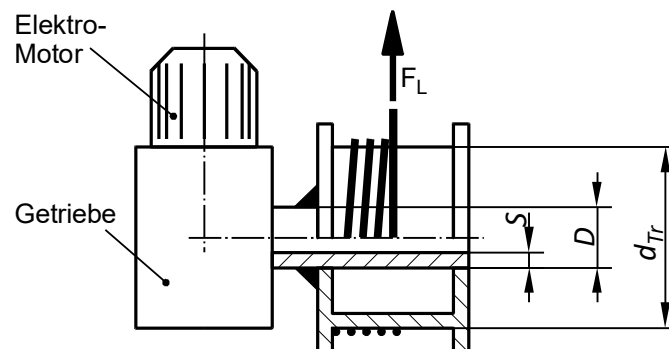


2,0

4 Das Zugseil besteht aus Einzeldrähten mit dem Durchmesser $d_D = 0,5 \text{ mm}$ und einer Zugfestigkeit von $R_m = 1570 \text{ N/mm}^2$. Berechnen Sie die erforderliche Anzahl von Einzeldrähten bei einer Sicherheit von $v = 8$ gegen Bruch.

3,0

5 Die Seiltrommel des Krans wird von einem Elektromotor über ein Getriebe angetrieben.



Daten:

Motorleistung	$P_M = 1,1 \text{ kW}$
Motordrehzahl:	$n_M = 710 \text{ U/min-1}$
Hubgeschwindigkeit:	$v_{\text{Hub}} = 16 \text{ m/min}$
Seiltrommeldurchmesser:	$d_{\text{Tr}} = 600 \text{ mm}$
Außendurchmesser:	$D = 45 \text{ mm}$
Getriebewirkungsgrad:	$\eta_G = 0,7$
Werkstoff der Hohlwelle:	46Cr2

5.1 Berechnen Sie das erforderliche Übersetzungsverhältnis des Getriebes.

2,0

5.2 Überprüfen Sie, ob bei der angegebenen Hubgeschwindigkeit die Last angehoben werden kann.

3,0

5.3 Die Seiltrommelwelle soll als Hohlwelle ausgeführt werden. Berechnen Sie die erforderliche Wandstärke s bei einer 4-fachen Sicherheit gegen Verdrehung.

4,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma=30,0$



Lösungsvorschläge

1 Rechnerische Lösung

$$\Sigma M_B = 0 = F_A \cdot l_5 - F_G \cdot l_1 - F_L \cdot l_4 \Rightarrow$$

$$F_A = \frac{F_G \cdot l_1 + F_L \cdot l_4}{l_5} = \frac{500 \text{ N} \cdot 270 \text{ mm} + 2500 \text{ N} \cdot 840 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = 2235 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_A + F_{Bx} \Rightarrow F_{Bx} = F_A = 2235 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{By} - F_G - F_L \Rightarrow$$

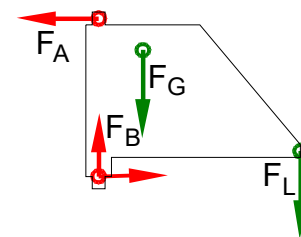
$$F_{By} = F_G + F_L = 500 \text{ N} + 2500 \text{ N} = 3000 \text{ N}$$

$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{(2235 \text{ N})^2 + (3000 \text{ N})^2} = 3741 \text{ N}$$

$$\alpha_B = \arctan \frac{F_{By}}{F_{Bx}} = \arctan \frac{3000 \text{ N}}{2235 \text{ N}} = 53,3^\circ$$

$\alpha_B = 53,3^\circ$ nach rechts oben gegen die x-Achse

Statik (rechnerisch oder zeichnerisch)



LS Kran

4,0

2

2.1 Rechnerische Lösung (nicht gefragt)

$$\Sigma M_C = 0 = F_D \cdot l_2 + (F_{Loy} - F_{Lu}) \cdot (l_2 + l_3)$$

$$= F_D \cdot l_2 + F_L \cdot (\sin \alpha - 1) \cdot (l_2 + l_3) \Rightarrow$$

$$F_D = F_L \cdot \frac{(1 - \sin \alpha) \cdot (l_2 + l_3)}{l_2}$$

$$= 2500 \text{ N} \cdot \frac{(1 - \sin 50^\circ) \cdot (120 + 550) \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 3266 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Cx} - F_{Lox} = F_{Cx} - F_L \cdot \cos \alpha \Rightarrow F_{Cx} = F_L \cdot \cos \alpha = 2500 \text{ N} \cdot \cos 50^\circ = 1607,0 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} + F_D - F_{Lu} + F_{Loy} = F_{Cy} + F_D - F_L + F_L \cdot \sin \alpha \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = -F_D + F_L \cdot (1 - \sin \alpha) = -3266 \text{ N} + 2500 \text{ N} \cdot (1 - \sin 50^\circ) = -2681,1 \text{ N}$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(1607,0 \text{ N})^2 + (-2681,1 \text{ N})^2} = 3125 \text{ N}$$

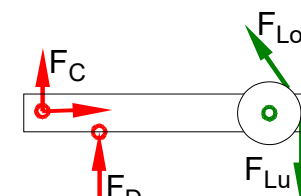
$$\alpha_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{-2681,1 \text{ N}}{1607,0 \text{ N}} = -59,1^\circ$$

$\alpha_C = 59,1^\circ$ nach rechts unten gegen die x-Achse bzw.

$\alpha_C = 300,9^\circ$ gegen die positive x-Achse

Hinweis: Wenn man eine Kraft parallel verschiebt, entsteht ein zusätzliches Drehmoment. Bei der Rollen heben sich die Drehmomente auf, wenn man beide Seilkräfte in den Mittelpunkt der Rolle verschiebt. Deshalb kann man hier den Durchmesser der Rolle vernachlässigen, aber nicht in Aufgabe 1.

Statik grafisch



LS Ausleger

5,0

2.2 Das max. Biegemoment kann nur bei D liegen, da es der einzige innere Kraft-einleitungspunkt ist. Es genügt eine der beiden folgenden Rechnungen:

$$M_{bD \text{ von links}} = |F_C \cdot l_2| = 2681,1 \text{ N} \cdot 120 \text{ mm} = 322 \text{ Nm}$$

$$M_{bD \text{ von rechts}} = |-F_L \cdot l_3 + F_L \cdot \sin \alpha \cdot l_3| = 2500 \text{ N} \cdot (1 - \sin 50^\circ) \cdot 550 \text{ mm} = 322 \text{ Nm}$$

Biegemoment ermitteln

3,0



- 2.3 $W_y = 8,49 \text{ cm}^3$ (DIN 1026 – U100 → TabB „DIN 1026“)
 $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von S235)

3,0

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

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

$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} = \frac{322 \text{ Nm}}{8,49 \text{ cm}^3} = 37,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_b} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{37,9 \text{ N/mm}^2} = 7,4$$

ist kleiner als die geforderte Sicherheitszahl 8, also nicht ausreichend
 Sicherheitszahl gegen Biegung (!)

- 3 $R_e = 295 \text{ N/mm}^2$ (aus der Bezeichnung von E295)

3,0

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 295 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_{aF}}{v} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F_E}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{v} = \frac{177 \text{ N/mm}^2}{10} = 17,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_E}{2 \cdot \tau_{aF}} = \frac{1,7 \text{ kN}}{2 \cdot 17,7 \text{ N/mm}^2} = 48,0 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 48,0 \text{ mm}^2}{\pi}} = 7,8 \text{ mm}$$

gewählt: $d = 8 \text{ mm}$ (die nächste Größe → TabB)
 BolzenØ

- 4 $S_{Draht} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,5 \text{ mm})^2}{4} = 0,196 \text{ mm}^2$

3,0

$$\frac{\sigma_{zlim}}{v} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{v} = \frac{1570 \text{ N/mm}^2}{8} = 196,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_L}{\sigma_{zzul}} = \frac{2500 \text{ N}}{196,25 \text{ N/mm}^2} = 12,7 \text{ mm}^2$$

$$n_{erf} = \frac{S_{erf}}{S_{Draht}} = \frac{12,7 \text{ mm}^2}{0,196 \text{ mm}^2} = 64,9 \approx 65$$

Drahtseil



5

5.1 Für die Hubgeschwindigkeit erforderlich:

2,0

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{ab} = \frac{v}{\pi \cdot d_{Tr}} = \frac{16 \text{ m/min}}{\pi \cdot 600 \text{ mm}} = 8,49 \text{ min}^{-1}$$

$$i_{erf} = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{710 \text{ min}^{-1}}{8,49 \text{ min}^{-1}} = 83,6$$

Für die Last erforderlich:

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{1,1 \text{ kW}}{2\pi \cdot 710 \text{ min}^{-1}} = 14,8 \text{ Nm}$$

$$M_L = F_L \cdot \frac{d_{Tr}}{2} = 2500 \text{ N} \cdot \frac{600 \text{ mm}}{2} = 750 \text{ Nm}$$

$$i_{ges} \cdot \eta_{ges} = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow i = \frac{M_L}{M_M \cdot \eta_{ges}} = \frac{750 \text{ Nm}}{14,8 \text{ Nm} \cdot 0,7} = 72,4$$

Gewählt: $i \approx 83,6$. Diese Übersetzung erreicht die Hubgeschwindigkeit und kann größere Lasten heben als $i = 72,4$.

Übersetzungsverhältnis

5.2 Ja, die Last kann angehoben werden, denn die Übersetzung ist größer als erforderlich und größere Übersetzungen erzeugen mehr Drehmoment (Rechnung siehe vorige Aufgabe). Es sind weitere Lösungen möglich, bei denen das Angebot und der Bedarf von Leistung oder Drehmoment verglichen wird.

3,0

5.3 Die Welle wird auf das größtmögliche Drehmoment ausgelegt, das mit der in 5.1 gewählten Übersetzung erreichbar ist.

4,0

$R_e = 550 \text{ N/mm}^2$ (46Cr2 <40mm \rightarrow [EuroTabM46], S.135)¹

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_{abmax} = M_M \cdot i \cdot \eta = 14,8 \text{ Nm} \cdot 83,6 \cdot 0,7 = 866 \text{ Nm}$$

$$\tau_{tF} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 550 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 385 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{V} = \frac{385 \text{ N/mm}^2}{4} = 96,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{866 \text{ Nm}}{96,25 \text{ N/mm}^2} = 8,997 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16D} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{16D \cdot W}{\pi}} = \sqrt[4]{(45 \text{ mm})^4 - \frac{16 \cdot 45 \text{ mm} \cdot 8,997 \text{ cm}^3}{\pi}} = 37,8 \text{ mm}$$

$$s = \frac{D - d}{2} = \frac{45 \text{ mm} - 37,8 \text{ mm}}{2} = 3,6 \text{ mm}$$

1 In der Originalaufgabe war $D=35\text{mm}$ angegeben, in den damaligen Tabellenbüchern $R_e=650\text{MPa}$. Da es mit dem neueren Tabellenwert $R_e=550\text{MPa}$ keine Lösung gibt, wurde hier der Außendurchmesser erhöht.



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
```