



tgtm HP 2019/20-1: Spritzgießwerkzeug

(Pflichtaufgabe)

Zum Ein- und Ausbau der Spritzgießwerkzeuge wird der Säulendrehkran eingesetzt. Er verfügt über einen Kranarm – bestehend aus einem Grundkörper, einem Ausleger mit Fahrwerk und einer Strebe – sowie über eine im Boden verankerte Säule.

Der Kranarm ist drehbar an den Punkten A und B in der Säule gelagert. Der Ausleger des Kranarms wird über die Strebe in der Horizontalen gehalten. An den Stellen C, D und E ist jeweils ein Bolzen zur Befestigung der einzelnen Kranteile montiert.

Das Fahrwerk kann längs des Auslegers verfahren werden.

Für die folgenden Berechnungen ist von der unten dargestellten Situation auszugehen.

Daten

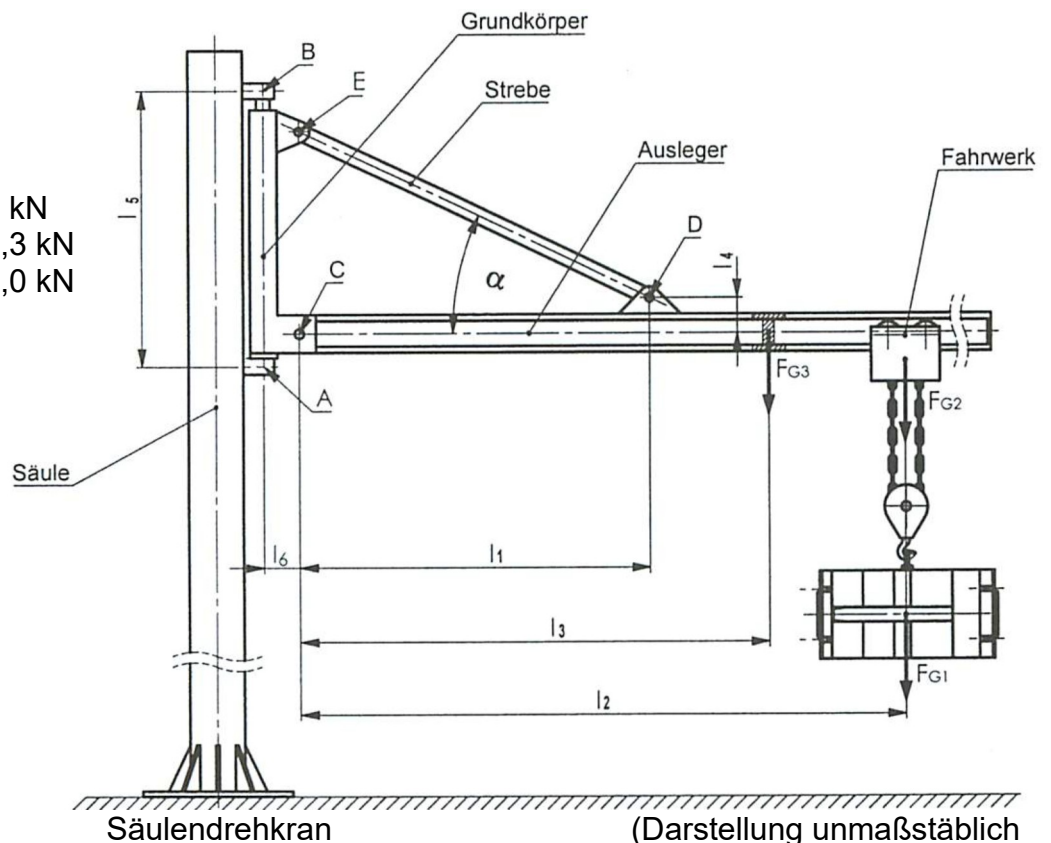
Gewichtskräfte:

Spritzgießwerkzeug:

	$F_{G1} = 32 \text{ kN}$
Fahrwerk	$F_{G2} = 0,3 \text{ kN}$
Ausleger	$F_{G3} = 1,0 \text{ kN}$

Abmessungen:

$l_1 = 1300 \text{ mm}$
$l_2 = 2250 \text{ mm}$
$l_3 = 1750 \text{ mm}$
$l_4 = 170 \text{ mm}$
$l_5 = 1100 \text{ mm}$
$l_6 = 100 \text{ mm}$
$\alpha = 25^\circ$



- 1 Kranarm
 - 1.1 Schneiden Sie den kompletten Kranarm zur Berechnung der Lagerkräfte in A und B frei. 2,0
Hinweis: Das Lager B kann nur Kräfte in horizontaler Richtung aufnehmen.
 - 1.2 Berechnen Sie die Lagerkräfte F_A und F_B nach Betrag und Richtung. 4,0
- 2 Ausleger
 - 2.1 Schneiden Sie den Ausleger zur Berechnung der Lagerkräfte in C und D frei. 2,0
 - 2.2 Berechnen Sie die Lagerkräfte F_C und F_D nach Betrag und Richtung. 6,0
 - 2.3 Der Ausleger hat sein größtes Biegemoment am Punkt D mit $M_{Dmax} = 31,14 \text{ kNm}$. 4,0
Für den Ausleger soll ein möglichst kleines IPE-Profil aus dem Werkstoff S235JR verwendet werden.
Dimensionieren Sie das normgerechte IPE-Profil bei einer 2,5-fachen Sicherheit gegen plastische Verformung.



3 Hebezeug

Unter dem Begriff Hebezeug versteht man alle Komponenten, die zum Anheben von Lasten verwendet werden, wie Kette, Kettenrad, Kranhaken, Bolzen, Gehäuse etc. Für die folgenden Berechnungen ist das Eigengewicht dieser Bauteile zu vernachlässigen.

Daten

Werkstoff

Kette: S355JR

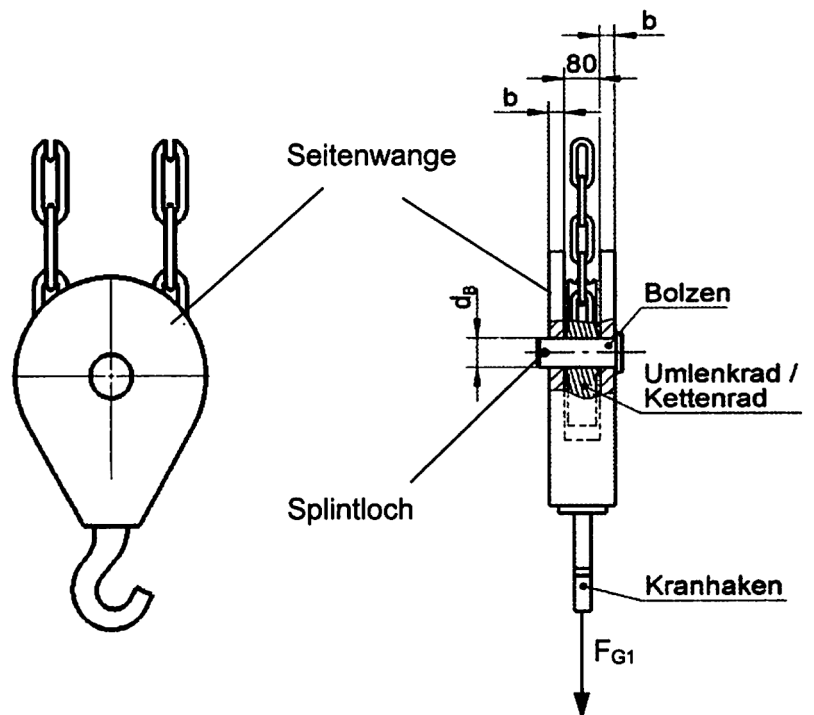
Werkstoff

Bolzen: 16MnCr5

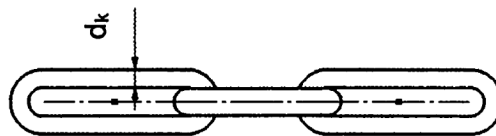
zulässige Flächenpressung

Seitenwange:

$p_{zul} = 100 \text{ N/mm}^2$



- 3.1 Berechnen Sie den Durchmesser d_k der Kettenglieder für eine Sicherheit gegen plastische Verformung von $v = 3$. 3,0



- 3.2 Dimensionieren Sie den Bolzen gegen Abscherung und ermitteln Sie den erforderlichen Bolzendurchmesser nach Norm für eine Sicherheit gegen Abscheren von $v = 2$. 4,0
- 3.3 Bestimmen Sie die erforderliche Breite b der Seitenwangen bei einem angenommenen Bolzendurchmesser d_B von 12mm. 3,0



4 CNC-Technik

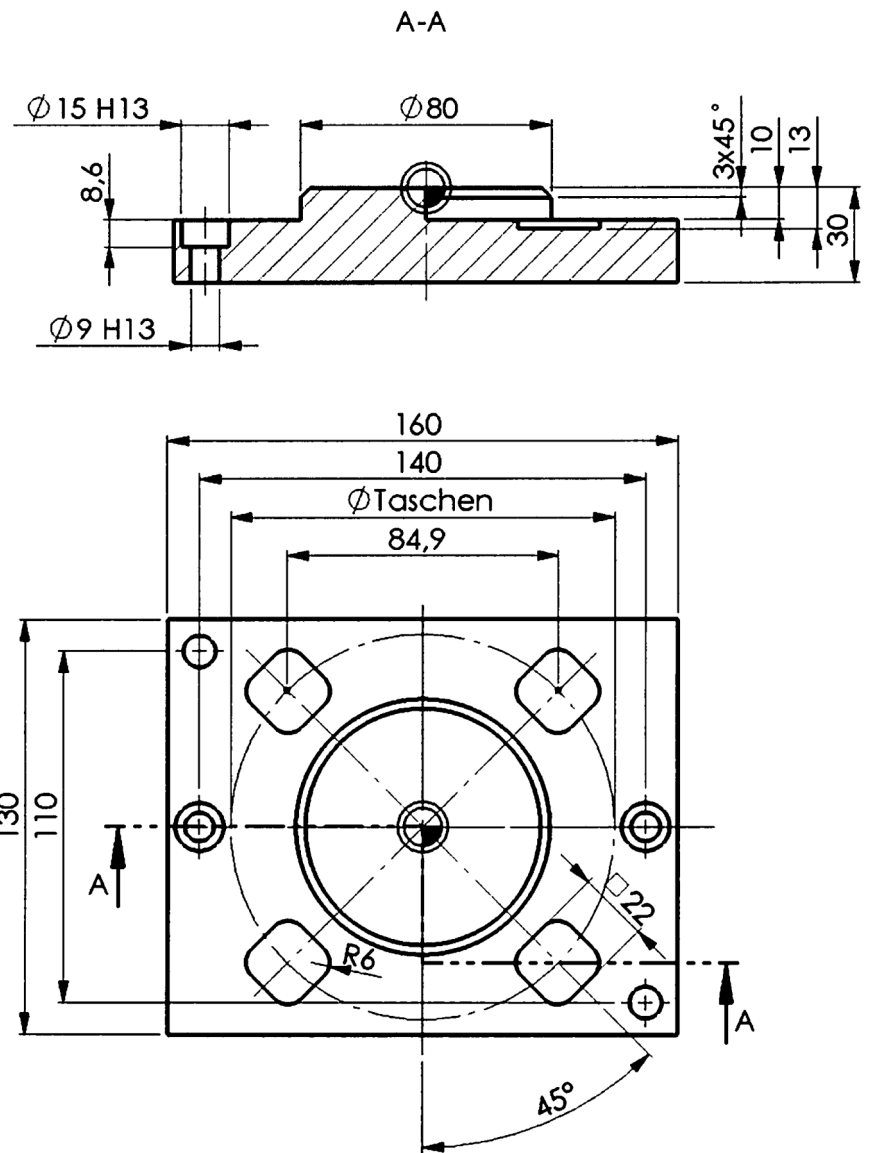
Das dargestellte Werkstück zeigt eine Vorrichtung zum Aufnehmen und Fixieren von Kunststoffbechern für die weitere Bearbeitung. Diese werden dabei durch den Zapfen mit Durchmesser 80 mm gehalten.

Diese Vorrichtung soll auf einer Senkrecht-Fräsmaschine fertiggestellt werden, als Werkstoff wurde S235JR ausgewählt.

Die Außenabmessungen, die Bohrungen und Senkungen sind bereits fertig bearbeitet, der Zapfen in der Mitte ist auf den $\varnothing 80,4$ mm und die Tiefe 9,8 mm vorgeschruppt.

Der Werkzeugwechsellpunkt liegt bei X-100, Y-100, Z150.

- 4.1 Beschreiben Sie den technologischen Unterschied zwischen den beiden Bearbeitungsstrategien „Schruppen“ und „Schlichten“. (1 P)
- 4.2 Bestimmen Sie die fehlenden technologischen Daten für das Werkzeug T37. (2 P)



Werkzeug	Nr.	D [mm]	z	v_c [m/min]	f_z bzw. f [mm]	n [min^{-1}]	v_f [mm/min]	a_p [mm]
HSS Walzenstirnfräser (beschichtet)	T37	50	8	30	0,08			20
Schafffräser	T38	12	6	65	0,032	1720	331	8

- 4.3 Der Zapfen ist auf den Durchmesser 80 mm und die Tiefe von 10 mm fertig zu bearbeiten. Die Bearbeitung soll im Gleichlauf mit dem Werkzeug T37 erfolgen. Das Werkzeug ist eingewechselt und befindet sich am Werkzeugwechsellpunkt. Die Fertigung der Fäse ist nicht Teil der Aufgabe. 4,0
- Erstellen Sie den CNC-Programmteil zur Bearbeitung des Zapfens.
- 4.4 Die vier Rechtecktaschen sind in einem Zyklus herzustellen. Das Werkzeug T38 ist bereits eingewechselt und befindet sich am Werkzeugwechsellpunkt.
- a Berechnen Sie zunächst den Teilkreisdurchmesser D_{Tasche} der zu fertigenden Rechtecktaschen. 2,0
- b Erstellen Sie für die vier Rechtecktaschen den Zyklus mit Zyklusaufruf. 3,0

40,0



Lösungen

Statik (14 P): Freimachen und Lagerkräfte berechnen.

Festigkeit (14 P): Profil gegen Biegen, Rundgliederkette auf Zug, Bolzen gegen Abscheren und Flächenpressung

CNC (12 P): Technische Frage, Einstelldaten berechnen, Zylinder fräsen, Teilkreisdurchmesser berechnen; Rechtecktasche auf Teilkreiszyklus programmieren

1 Kranarm

1.1 Lageskizze Kranarm (Ausleger, Grundkörper, Strebe) mit Last

$$1.2 \quad \Sigma M_A = 0 = F_B \cdot l_5 - F_{G3} \cdot (l_3 + l_6) - (F_{G2} + F_{G1}) \cdot (l_2 + l_6)$$

$$F_B = \frac{F_{G3} \cdot (l_3 + l_6) + (F_{G2} + F_{G1}) \cdot (l_2 + l_6)}{l_5}$$

$$= \frac{1 \text{ kN} \cdot (1750 + 100) \text{ mm} + (0,3 + 32) \text{ kN} \cdot (2250 + 100)}{1100 \text{ mm}} = 70,69 \text{ kN}$$

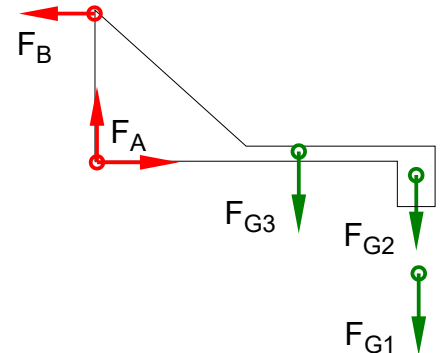
$$\Sigma F_y = 0 = +F_{Ay} - F_{G1} - F_{G2} + F_{G3}$$

$$F_{Ay} = +F_{G1} + F_{G2} - F_{G3} = 32 \text{ kN} + 0,3 \text{ kN} - 1 \text{ kN} = 33,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ax} - F_B \Rightarrow F_{Ax} = F_B = 70,69 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(70,69 \text{ kN})^2 + (33,3 \text{ kN})^2} = 78,1 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{33,3 \text{ kN}}{70,69 \text{ kN}} = 25,2^\circ \quad (\text{nach rechts oben gegen die Waagerechte})$$



2 Ausleger

2.1 Lageskizze Ausleger mit Last

$$2.2 \quad \Sigma M_C = 0 = F_{Dx} \cdot l_4 + F_{Dy} \cdot l_1 - F_{G3} \cdot l_3 - (F_{G1} + F_{G2}) \cdot l_2$$

$$= F_D \cdot \cos \alpha \cdot l_4 + F_D \cdot \sin \alpha \cdot l_1 - F_{G3} \cdot l_3 - (F_{G1} + F_{G2}) \cdot l_2$$

$$= F_D (\cos \alpha \cdot l_4 + \sin \alpha \cdot l_1) - F_{G3} \cdot l_3 - (F_{G1} + F_{G2}) \cdot l_2$$

$$F_D = \frac{F_{G3} \cdot l_3 + (F_{G2} + F_{G1}) \cdot l_2}{\cos \alpha \cdot l_4 + \sin \alpha \cdot l_1} = \frac{1 \text{ kN} \cdot 1750 \text{ mm} + (0,3 + 32) \text{ kN} \cdot 2250 \text{ mm}}{\cos 25^\circ \cdot 170 \text{ mm} + \sin 25^\circ \cdot 1300 \text{ mm}} = 105,80 \text{ kN}$$

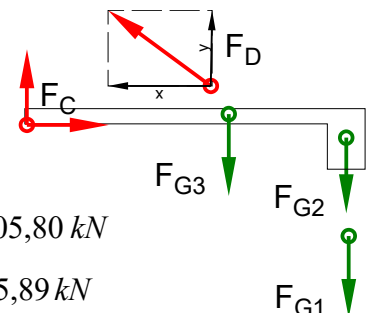
$$\Sigma F_x = 0 = +F_{Cx} - F_{Dx} \Rightarrow F_{Cx} = F_{Dx} = F_D \cdot \cos \alpha = 105,80 \text{ kN} \cdot \cos 25^\circ = 95,89 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} + F_{Dy} - F_{G3} - F_{G2} - F_{G1}$$

$$F_{Cy} = -F_D \cdot \sin \alpha + F_{G3} + F_{G2} + F_{G1} = -105,8 \text{ kN} \sin 25^\circ + 1 \text{ kN} + 0,3 \text{ kN} + 32 \text{ kN} = -11,41 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(95,89 \text{ kN})^2 + (-11,41 \text{ kN})^2} = 96,6 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{-11,41 \text{ kN}}{95,89 \text{ kN}} = -6,8^\circ \quad (6,8^\circ \text{ nach links unten gegen die Waagerechte})$$



2.3 $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$

(aus der Bezeichnung von S235JR oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Biegebeanspruchung“)

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

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{282 \text{ N/mm}^2}{2,5} = 112,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{Dmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{31,14 \text{ kNm}}{112,8 \text{ N/mm}^2} = 276,1 \text{ cm}^3$$

Gewählt: I-Profil DIN 1025 – S235JR – IPE 240 mit $W_x = 324 \text{ cm}^3$



3 Hebezeug

3.1 Kettenglied

Nach Zeichnung handelt es sich um eine Rundgliederkette. Bei solchen Ketten verteilt sich die Last auf zwei Drahtquerschnitte. Da hier der Kranhaken von zwei Kettensträngen á 2 Drahtquerschnitten gehalten wird, verteilt sich die Last auf insgesamt 4 Drahtquerschnitte.

$$R_e = 355 \text{ N/mm}^2$$

(aus der Bezeichnung von S355JR oder \rightarrow [EuroTabM] „Baustähle, unlegierte“)

$$\frac{R_e}{\sqrt{v}} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{4 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\sqrt{v}} = \frac{355 \text{ N/mm}^2}{3} = 118,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S = \frac{F_{G1}}{4 \cdot \sigma_{zzul}} = \frac{32000 \text{ N}}{4 \cdot 118,3 \text{ N/mm}^2} = 67,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_{\text{kerf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 67,6 \text{ mm}^2}{\pi}} = 9,3 \text{ mm}$$

gewählt: $d_K = 10 \text{ mm}$ (nicht gefragt)

3.2 Bolzen

$R_e = 590 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 \rightarrow [EuroTabM] „Einsatzstähle“)

$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e$ (\rightarrow [EuroTabM] „Abscherung, Beanspruchung“)

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 590 \text{ N/mm}^2 = 354 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow \tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\sqrt{v}} = \frac{354 \text{ N/mm}^2}{2} = 177 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{\text{erf}} = \frac{F_{G1}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{32 \text{ kN}}{2 \cdot 177 \text{ N/mm}^2} = 90,4 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 90,4 \text{ mm}^2}{\pi}} = 10,7 \text{ mm}$$

gewählt: $d_B = 12 \text{ mm}$ (\rightarrow [EuroTabM] „Bolzen“)

3.3 Seitenwangenbreite:

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p_{zul}} = \frac{32000 \text{ N}}{100 \text{ N/mm}^2} = 320 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot 2 \cdot b \Rightarrow b_{\text{erf}} = \frac{A}{2 \cdot d} = \frac{320 \text{ mm}^2}{2 \cdot 12 \text{ mm}} = 13,33 \text{ mm}$$



4 CNC

4.1 Schruppen: Große Schnitttiefe f_z und Zustellung a_p (für großen Materialabtrag ohne Rücksicht auf Maßhaltigkeit und Oberflächenqualität) bei geringer Schnittgeschwindigkeit v_c (um den Leistungsbedarf zu begrenzen).

Schlichten: Große Schnittgeschwindigkeit v_c (für eine bessere Oberfläche) bei kleiner Zustellung a_p und Schnitttiefe f_z (um die Schnittkräfte und damit die Verformungen zu verringern und die Maßhaltigkeit zu verbessern).

$$4.2 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{30 \text{ m/min}}{\pi \cdot 50 \text{ mm}} = 191 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,08 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 8 \text{ Zahn} \cdot 191 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 122 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

4.3 Zapfen

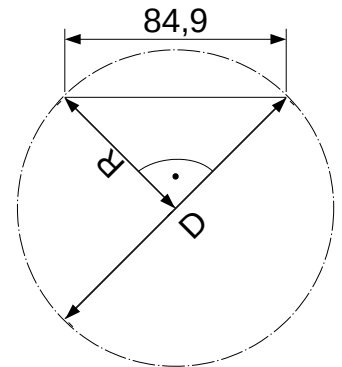
N100	G00	X0	Y-81						; außerhalb Kontur
N110	G00			Z-10					
N120	G41								; Bahnkorrektur links
N130	G01		Y-40						; Kontur anfahren
N140	G02	X0	Y-40	I0	J40				; Kreis mit Uhrzeiger (Gleichlauf)
N150	G01		Y-81						; aus der Kontur heraus
N160	G40								
N170	G00			Z1					

4.4 Rechtecktaschen:

a

$$84,9 \text{ mm} = \sqrt{(R_{\text{Tasche}})^2 + (R_{\text{Tasche}})^2} = \sqrt{\left(\frac{D_{\text{Tasche}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_{\text{Tasche}}}{2}\right)^2}$$

$$D_{\text{Tasche}} = 84,9 \text{ mm} \cdot \sqrt{2} = 120,067 \text{ mm}$$



b Bohrzyklus

Mit Mehrfachzyklusaufwurf am Lochkreis

N100	G72	ZA-13	LP22	BP22	D8 V1 (EP0)				; Rechtecktaschenzyklus
N110	G77	IA0	JA0	ZA0	R60,033	AR45	AN45	AP-45	AI90 O4

.. eine der Adressen AN, AP, AI, O muss entfallen

oder

Mit Zyklusaufwurf mit Polarkoordinaten

N100	G72	ZA-13	LP22	BP22	D8 V1 (EP0)				; Rechtecktaschenzyklus
N110	G78	IA0	JA0	Z0	RP60,033	AR45		AP45	
N110	G78	IA0	JA0	Z0	RP60,033	AR45		AP135	
N110	G78	IA0	JA0	Z0	RP60,033	AR45		AP225	
N110	G78	IA0	JA0	Z0	RP60,033	AR45		AP315	

oder

Mit Zyklusaufwurf auf einen Punkt (mit kartesischen Koordinaten):

N100	G72	ZA-13	LP22	BP22	D8 V1 (EP0)				; Rechtecktaschenzyklus
N110	G79	X42,45		Y42,45				AR45	
N110	G79	X-42,45		Y42,45				AR45	
N110	G79	X-42,45		Y-42,45				AR45	
N110	G79	X42,45		Y-42,45				AR45	