

# Programmierbeispiele

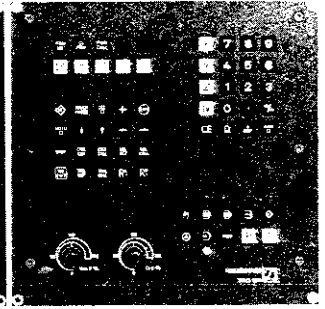
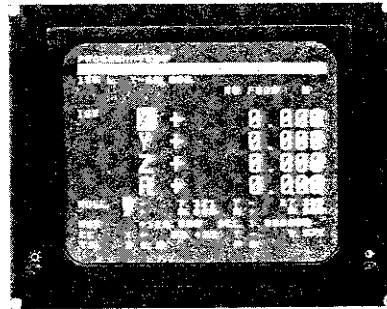
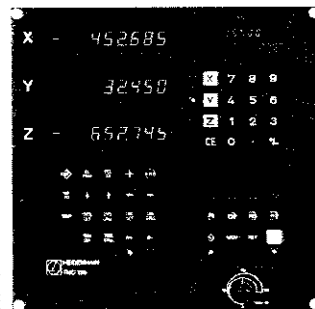
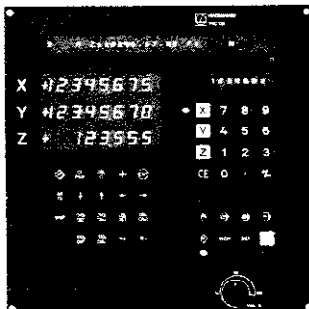
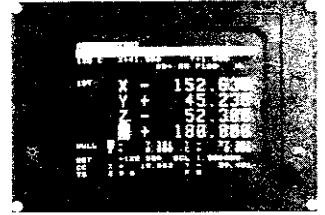
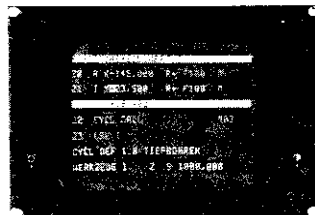
HEIDENHAIN TNC 131, TNC 135  
Positionier- und Streckensteuerung

HEIDENHAIN TNC 145, TNC 150, TNC 151, TNC 155  
Bahnsteuerung



**DR. JOHANNES HEIDENHAIN**

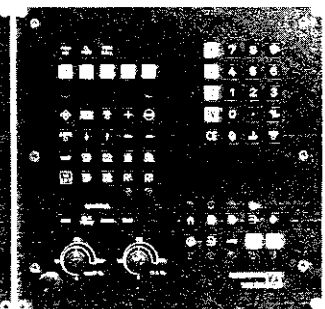
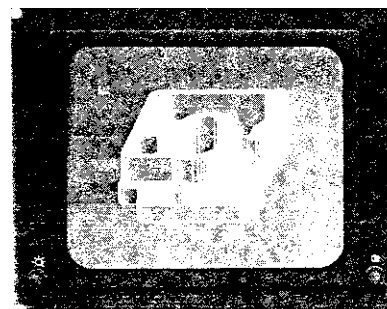
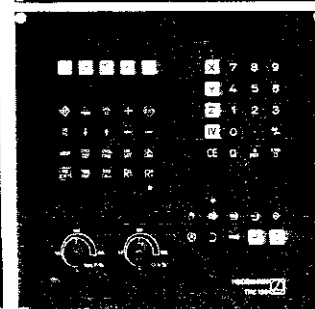
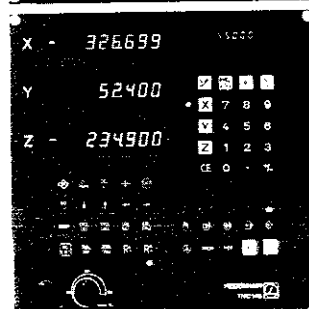
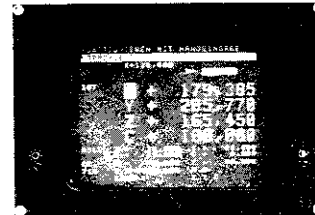
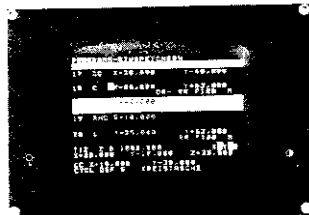
Feinmechanik, Optik und Elektronik · Präzisionsteilungen  
Postfach 1260 · D-8225 Traunreut · Telefon (08669) 31-0  
Telex 56831 · Telegrammanschrift DIADUR Traunreut



TNC 131

TNC 135

TNC 151



TNC 145

TNC 150

TNC 155

## Programmierbeispiele TNC 131/TNC 135

1.	Programmierung einer Außenkontur	4
2.	Programmierung einer Innenkontur	6
3.	Programmierung der Bearbeitungszyklen	8
3.1	Tiefbohren	8
3.2	Gewindebohren	10
3.3	Nutenfräsen	12
3.4	Taschenfräsen	14
3.5	Polar-Koordinaten	16
3.6	Schräge Gerade	18
4.	Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen	22
4.1	Programmierung des Werkzeugwechsels als Unterprogramm	22
4.2	Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen zur Programmierung von Bohrbildern	24
4.2.1	Programmierung eines Bohrbildes mit inkrementalen Positioniersätzen	24
4.2.2	Wiederholung eines Bohrbildes mit Hilfe eines Unterprogramms	26
4.2.3	Mehrfaches Wiederholen eines Positionierbefehls durch Programmteil-Wiederholung	28
4.2.4	Wiederholung von Positionierbefehlen durch Programmteil-Wiederholung innerhalb eines Unterprogramms	30
5.	Programmierung eines Frästeils mit Taschen, Langloch und Gewindebohrungen	32

## Programmierbeispiele TNC 145

1.	Geraden-Interpolation	36
1.1	Programmierung einer Außenkontur	36
1.1.1	mit rechtwinkligen Koordinaten	36
1.1.2	mit Polar-Koordinaten	38
1.2	Programmierung einer Innenkontur	40
1.2.1	mit rechtwinkligen Koordinaten	40
1.2.2	mit Polar-Koordinaten	42
2.	Kreis-Interpolation	44
2.1	Programmierung einer Außenkontur	44
2.1.1	mit rechtwinkligen Koordinaten	44
2.1.2	mit Polar-Koordinaten	46
2.2	Programmierung einer Innenkontur	48
2.2.1	mit rechtwinkligen Koordinaten	48
2.2.2	mit Polar-Koordinaten	50
3.	Ecken-Runden	52
4.	Programmierung der Bearbeitungszyklen	54
4.1	Raumgerade	54
4.2	Kreistasche	56
4.3	Nullpunkt	58
4.4	Spiegeln	60
5.	Programmierbeispiel für eine komplizierte Kontur	62

## Programmierbeispiele TNC 150

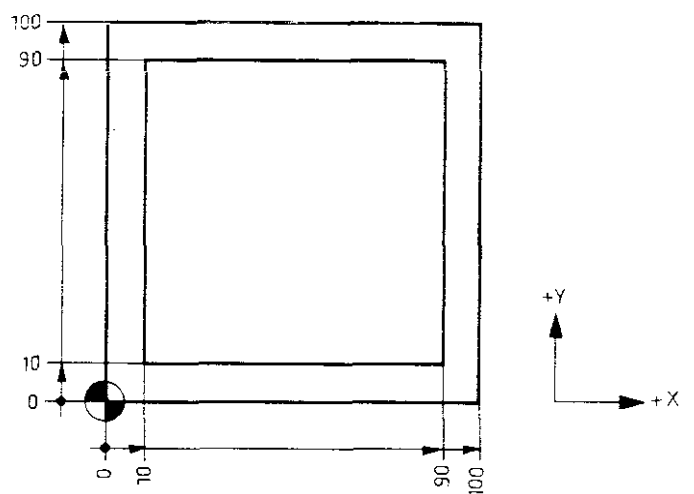
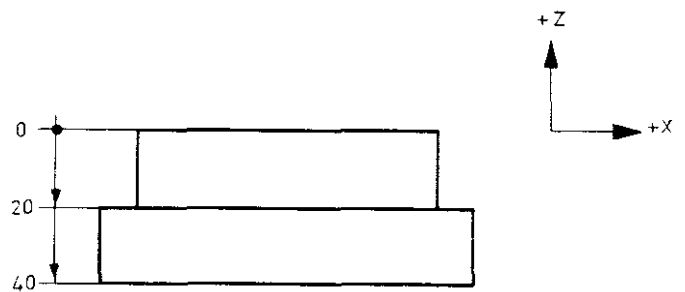
1.	Parameter-Programmierung	64
1.1	Teilkreis	64
1.2	Ellipse	67
1.3	Umrechnung des Vorschubs von mm/min in $^{\circ}$ /min bei Einsatz eines Rundtisches	68
2.	Schraubenlinien-Interpolation	72
3.	Programmierung der Zyklen "Drehung des Koordinatensystems" und "Maßfaktor"	74


## Programmierbeispiele TNC 151/ TNC 155

1.	Tangentiale Kreis an vorhergehende Kontur	76
2.	Fase	78
3.	Frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)	80
4.	Programmierung im DIN/ISO-Format	82

1. Programmierung einer Außenkontur

Abmessungen in mm

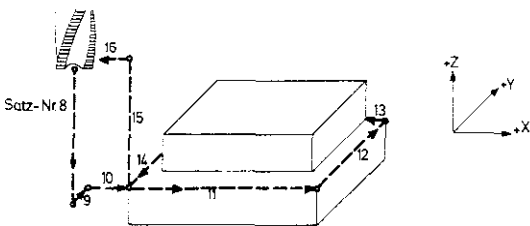


Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 20$  mm

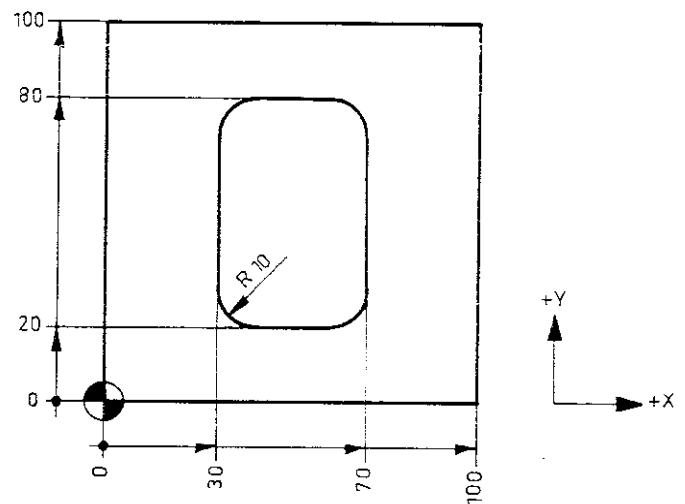
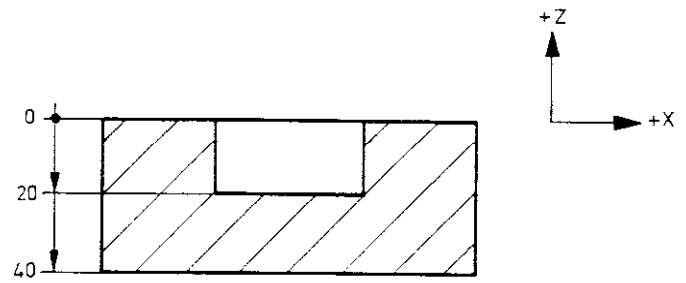
Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 R0 F9999 M 2 A X-20,000 R0 F9999 M 3 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø20 mm	TOOL DEF -	4 TOOL DEF 1 L ... <sup>1)</sup> 5 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 250,000
Positionierbefehle zum Anfahren des Werkstücks und zum Fräsen der Kontur	Z Y X X Y X Y	8 A Z-20,000 R0 F9999 M03 9 A Y+10,000 R- F9999 M 10 A X-2,000 R- F9999 M 11 A X+90,000 R+ F40 M 12 A Y+90,000 R+ F40 M 13 A X+10,000 R+ F40 M 14 A Y+10,000 R+ F40 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y STOP	15 A Z+50,000 R0 F9999 M05 16 A X-20,000 R0 F9999 M 17 A Y-20,000 R0 F9999 M 18 STOP M




<sup>1)</sup> siehe Betriebsanleitung  
Kapitel „Werkzeuglängen-Korrektur“

## 2. Programmierung einer Innenkontur

Abmessungen in mm

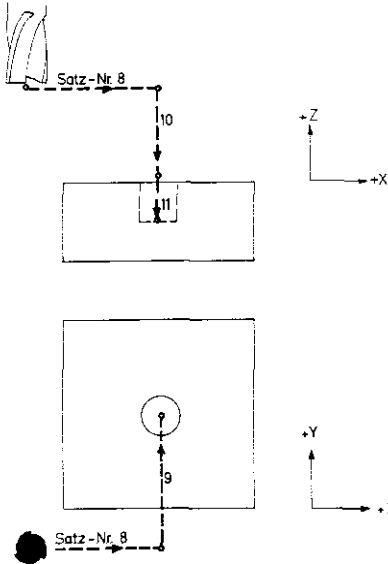
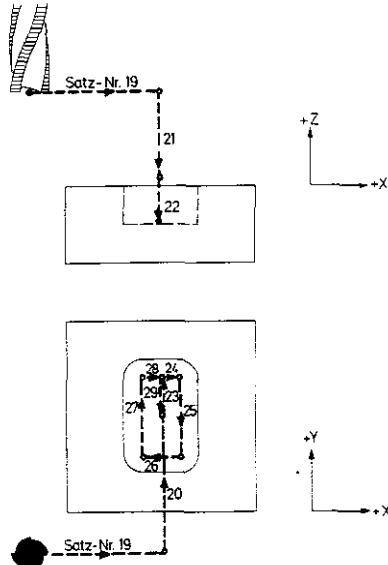


Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeuge:  
1. Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing 20$  mm  
2. Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 20$  mm

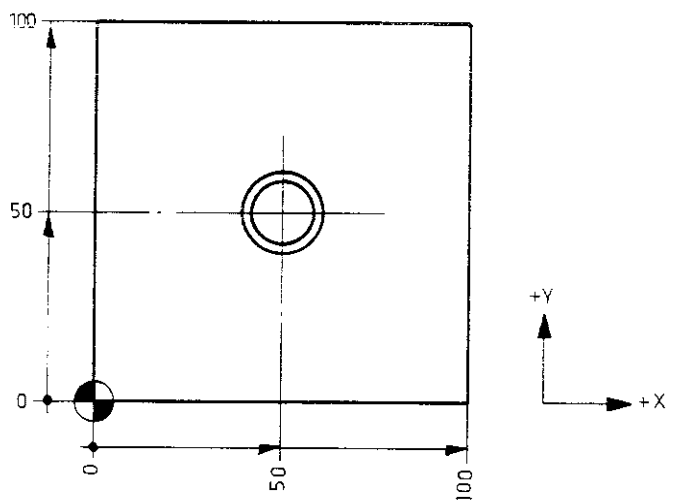
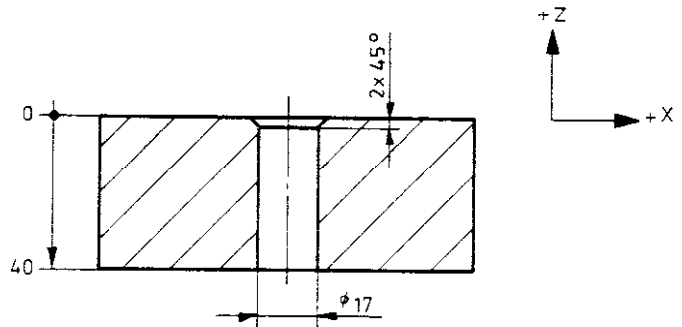
# Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 RO F9999 M 2 A X-20,000 RO F9999 M 3 A Y-20,000 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF	4 TOOL DEF 1 L .... 5 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 250.000
Einstecken des Dreischneiders und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	X Y Z Z Y X	8 A X+50,000 RO F9999 M03 9 A Y+50,000 RO F9999 M 10 A Z+2,000 RO F9999 M 11 A Z-20,000 RO F30 M 12 A Z+50,000 RO F9999 M 13 A Y-20,000 RO F9999 M 14 A X-20,000 RO F9999 M05
 <p>Satz-Nr. 8</p>		
Werkzeug-Definition 2 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF -	15 TOOL DEF 2 L .... 16 TOOL DEF 2 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	17 STOP M
Werkzeug-Aufruf 2	TOOL CALL	18 TOOL CALL 2 Z S 250.000
Positionierbefehle zum Anfahren des Werkstücks und zum Fräsen der Kontur	X Y Z Z Y X Y X Y X Y	19 A X+50,000 RO F9999 M03 20 A Y+50,000 RO F9999 M 21 A Z+2,000 RO F9999 M 22 A Z-20,000 RO F40 M 23 A Y+80,000 R- F40 M 24 A X+70,000 R- F40 M 25 A Y+20,000 R- F40 M 26 A X+30,000 R- F40 M 27 A Y+80,000 R- F40 M 28 A X+50,000 RO F40 M 29 A Y+50,000 RO F40 M
 <p>Satz-Nr. 19</p>		
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z Y X STOP	30 A Z+50,000 RO F9999 M 31 A Y-20,000 RO F9999 M 32 A X-20,000 RO F9999 M05 33 STOP M

### 3. Programmierung der Bearbeitungszyklen

#### 3.1 Tiefbohren

Abmessungen in mm



Bezugspunkt: X = 0; Y = 0; Z = 0

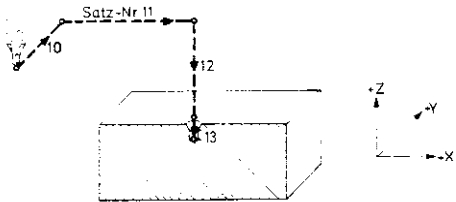
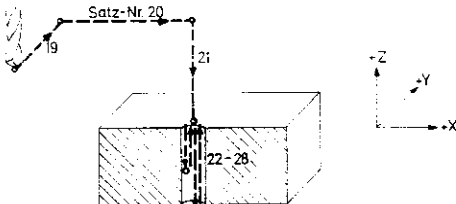
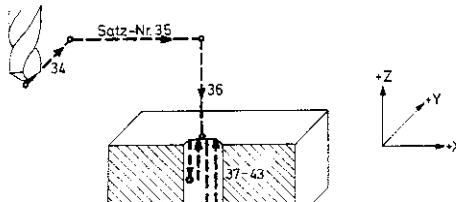
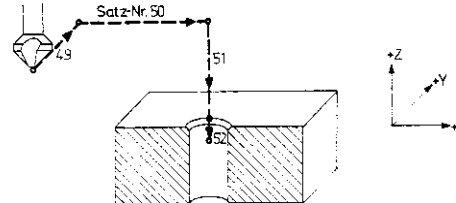
Werkstoff: Stahl St 37

- Werkzeuge:
1. Zentrierbohrer
  2. Spiralbohrer  $\varnothing$  8 mm
  3. Spiralbohrer  $\varnothing$  17 mm
  4. Senker  $90^\circ$

#### Bearbeitungsprogramm

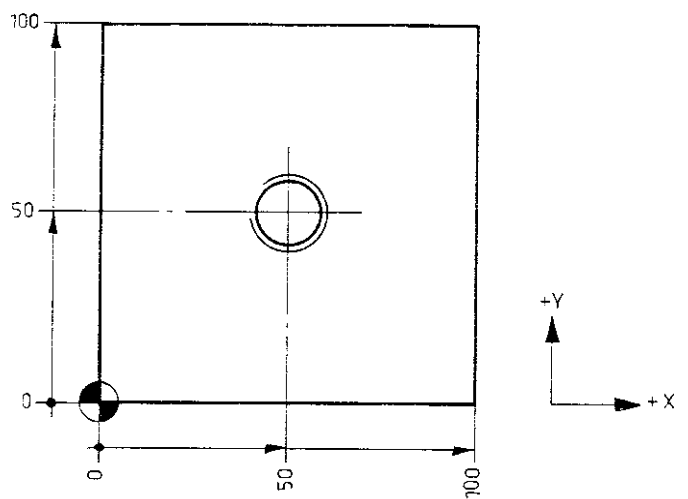
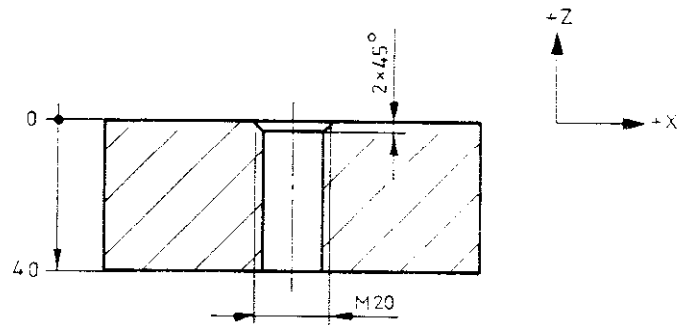
Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position. Da die Werkzeugwechsel-Position mehrmals angefahren werden muß, wird diese als Unterprogramm definiert (wie in Kap. 4.1 beschrieben).	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+50,000 R0 F9999 M 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y-20,000 R0 F9999 M05 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1 Zentrierbohrer	TOOL DEF -	6 TOOL DEF 1 L .... 7 TOOL DEF 1 R +0,000
Programmierer Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	8 STOP M
Werkzeug Aufruf 1	TOOL CALL	9 TOOL CALL 1 Z S 1250,000




Positionierbefehle zum Zentrieren der Bohrung und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position 	Y X Z Z LBL CALL	10 A Y+50,000 R0 F9999 M03 11 A X+50,000 R0 F9999 M 12 A Z+2,000 R0 F9999 M 13 A Z-4,000 R0 F180 M 14 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 2 Spiralbohrer Ø 8 mm zum Vorbohren	TOOL DEF -	15 TOOL DEF 2 L .... 16 TOOL DEF 2 R +4,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	17 STOP M
Werkzeug-Aufruf 2	TOOL CALL	18 TOOL CALL 2 Z S 1250,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Bohrung, Zyklus-Definition, Zyklus-Aufruf und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position 	Y X Z CYCL DEF - - - - - - CYCL CALL LBL CALL	19 A Y+50,000 R0 F9999 M03 20 A X+50,000 R0 F9999 M 21 A Z+2,000 R0 F9999 M 22 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 23 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 24 CYCL DEF 1.2 TIEFE -43,000 25 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -22,000 26 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 27 CYCL DEF 1.5 F180 28 CYCL CALL M 29 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 3 Spiralbohrer Ø 17 mm	TOOL DEF -	30 TOOL DEF 3 L .... 31 TOOL DEF 3 R +8,500
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	32 STOP M
Werkzeug-Aufruf 3	TOOL CALL	33 TOOL CALL 3 Z S 630,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Bohrung, Zyklus-Definition, Zyklus-Aufruf und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position 	Y X Z CYCL DEF - - - - - - LBL CALL -	34 A Y+50,000 R0 F9999 M03 35 A X+50,000 R0 F9999 M 36 A Z+2,000 R0 F9999 M 37 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 38 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 39 CYCL DEF 1.2 TIEFE -46,000 40 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -23,000 41 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 42 CYCL DEF 1.5 F149 43 CYCL CALL M 44 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 4 Senker 90°	TOOL DEF -	45 TOOL DEF 4 L .... 46 TOOL DEF 4 R +0,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	47 STOP M
Werkzeug-Aufruf 4	TOOL CALL	48 TOOL CALL 4 Z S 630,000
Positionierbefehle zum Senken der Bohrung und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position 	Y X Z Z LBL CALL STOP	49 A Y+50,000 R0 F9999 M03 50 A X+50,000 R0 F9999 M 51 A Z+2,000 R0 F9999 M 52 A Z-10,500 R0 F149 M 53 CALL LBL 1 REP 54 STOP M

### 3.2 Gewindebohren

Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Gewindebohrer M 20

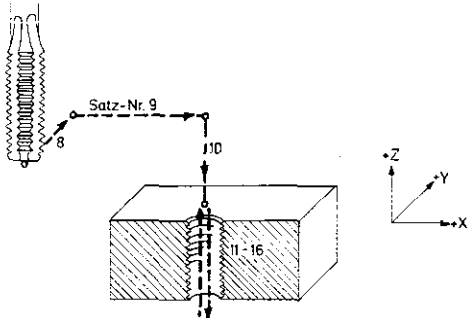
Ein Gewinde M 20 soll in die 17 mm-Bohrung geschnitten werden.

Drehzahl: 200 U/min

Steigung des Gewindes: 2,5 mm

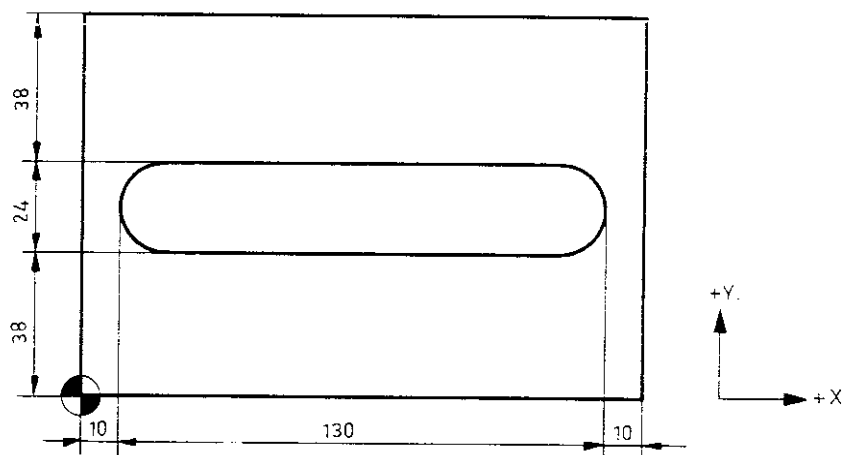
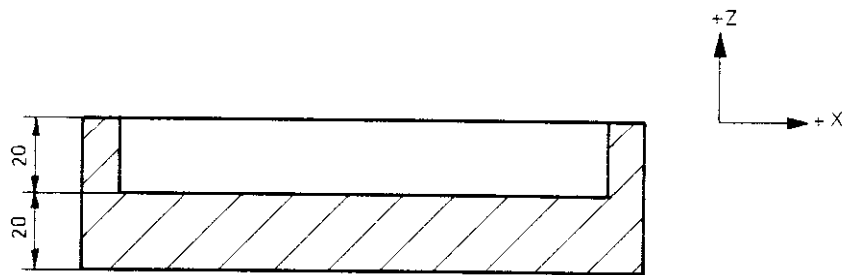
Vorschub = 200 U/min · 2,5 mm = 500 mm/min.


# Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 R0 F9999 M 2 A X-20,000 R0 F9999 M 3 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Gewindebohrer M 20	TOOL DEF -	4 TOOL DEF 1 L ..... 5 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 200,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Bohrung, Zyklus-Definition und Zyklus-Aufruf  	Y X Z CYCL DEF - - - - CYCL CALL	8 A Y+50,000 R0 F9999 M03 9 A X+50,000 R0 F9999 M 10 A Z+5,000 R0 F9999 M 11 CYCL DEF 2.0 GEWINDEBOHREN 12 CYCL DEF 2.1 ABST -5,000 13 CYCL DEF 2.2 TIEFE -50,000 14 CYCL DEF 2.3 V.ZEIT 0,000 15 CYCL DEF 2.4 F500 16 CYCL CALL M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y STOP	17 A Z+50,000 R0 F9999 M 18 A X-20,000 R0 F9999 M 19 A Y-20,000 R0 F9999 M05 20 STOP M

### 3.3 Nutenfräsen

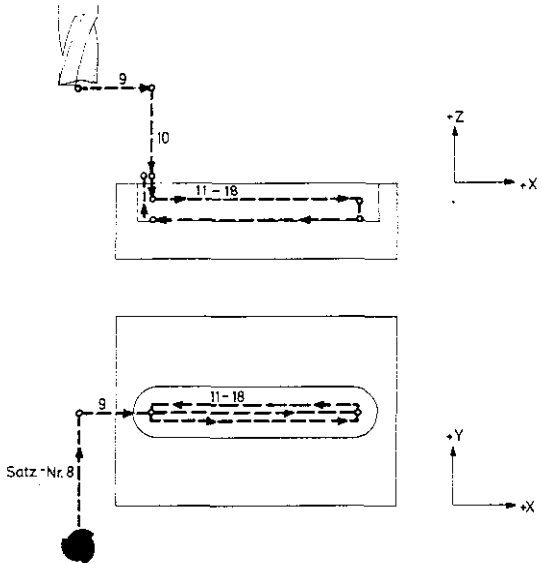
Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

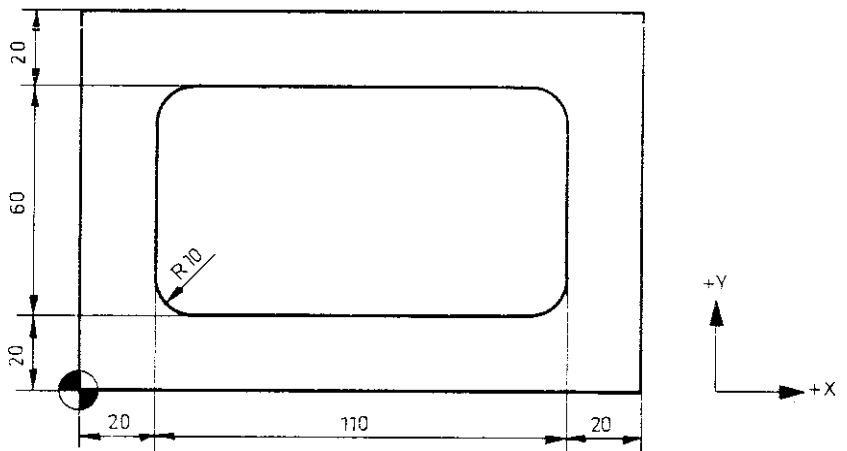
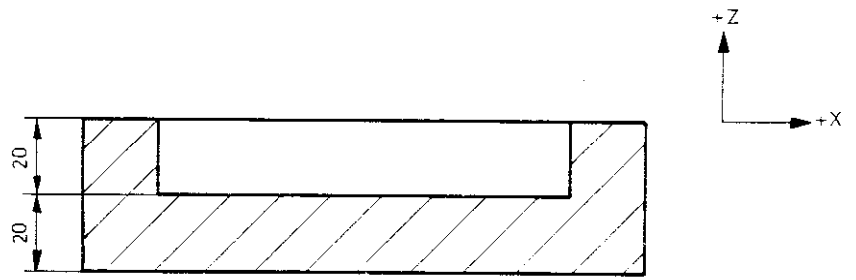
Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: Schafffräser (drei Schneiden)  $\varnothing 20$  mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 R0 F9999 M 2 A X-20,000 R0 F9999 M 3 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF -	4 TOOL DEF 1 L ..... 5 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 250,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Startposition, Zyklus-Definition und Zyklus-Aufruf  	Y X Z CYCL DEF - - - - - - CYCL CALL	8 A Y+50,000 R0 F9999 M03 9 A X+10,000 R+ F9999 M 10 A Z+2,000 R0 F9999 M 11 CYCL DEF 3.0 NUTENFRAESEN 12 CYCL DEF 3.1 ABST -2,000 13 CYCL DEF 3.2 TIEFE -20,000 14 CYCL DEF 3.3 ZUSTLG-10,000 15 CYCL DEF 3.4 X +130,000 16 CYCL DEF 3.5 Y +24,000 17 CYCL DEF 3.6 F30 18 CYCL CALL M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y STOP	19 A Z+50,000 R0 F9999 M 20 A X-20,000 R0 F9999 M 21 A Y-20,000 R0 F9999 M05 22 STOP M

### 3.4 Taschenfräsen

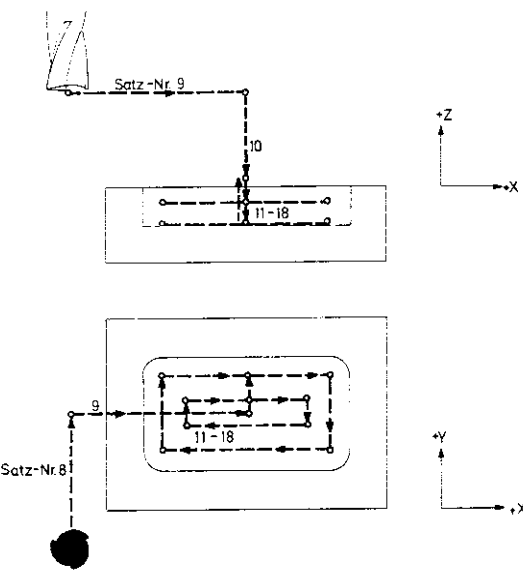
Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

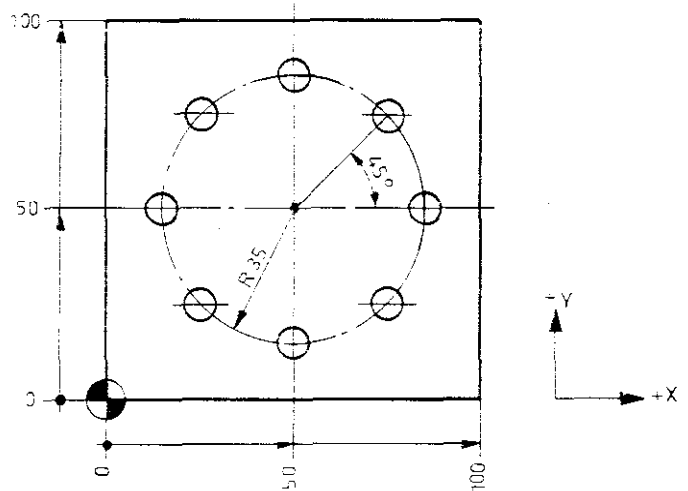
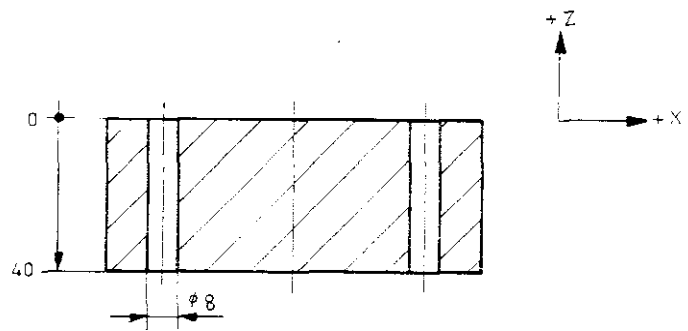
Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing 20$  mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 R0 F9999 M 2 A X-20,000 R0 F9999 M 3 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF -	4 TOOL DEF 1 L ..... 5 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 250,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Startposition, Zyklus-Definition und Zyklus-Aufruf  	Y X Z CYCL DEF - - - - - - CYCL CALL 8 A Y+50,000 R0 F9999 M03 9 A X+75,000 R0 F9999 M 10 A Z+2,000 R0 F9999 M 11 CYCL DEF 4.0 TASCHENFRAESEN 12 CYCL DEF 4.1 ABST -2,000 13 CYCL DEF 4.2 TIEFE -20,000 14 CYCL DEF 4.3 ZUSTLG-10,000 15 CYCL DEF 4.4 X +110,000 16 CYCL DEF 4.5 Y +60,000 17 CYCL DEF 4.6 F30 18 CYCL CALL M	
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y STOP	19 A Z+50,000 R0 F9999 M 20 A X-20,000 R0 F9999 M 21 A Y-20,000 R0 F9999 M05 22 STOP M

### 3.5 Polar-Koordinaten

Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

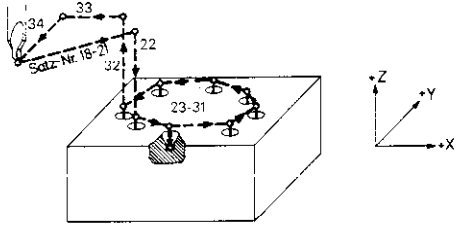
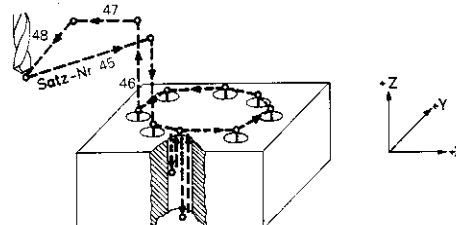
Werkzeug: 1. Zentrierbohrer  
2. Spiralbohrer  $\phi 8$  mm

Beachte:

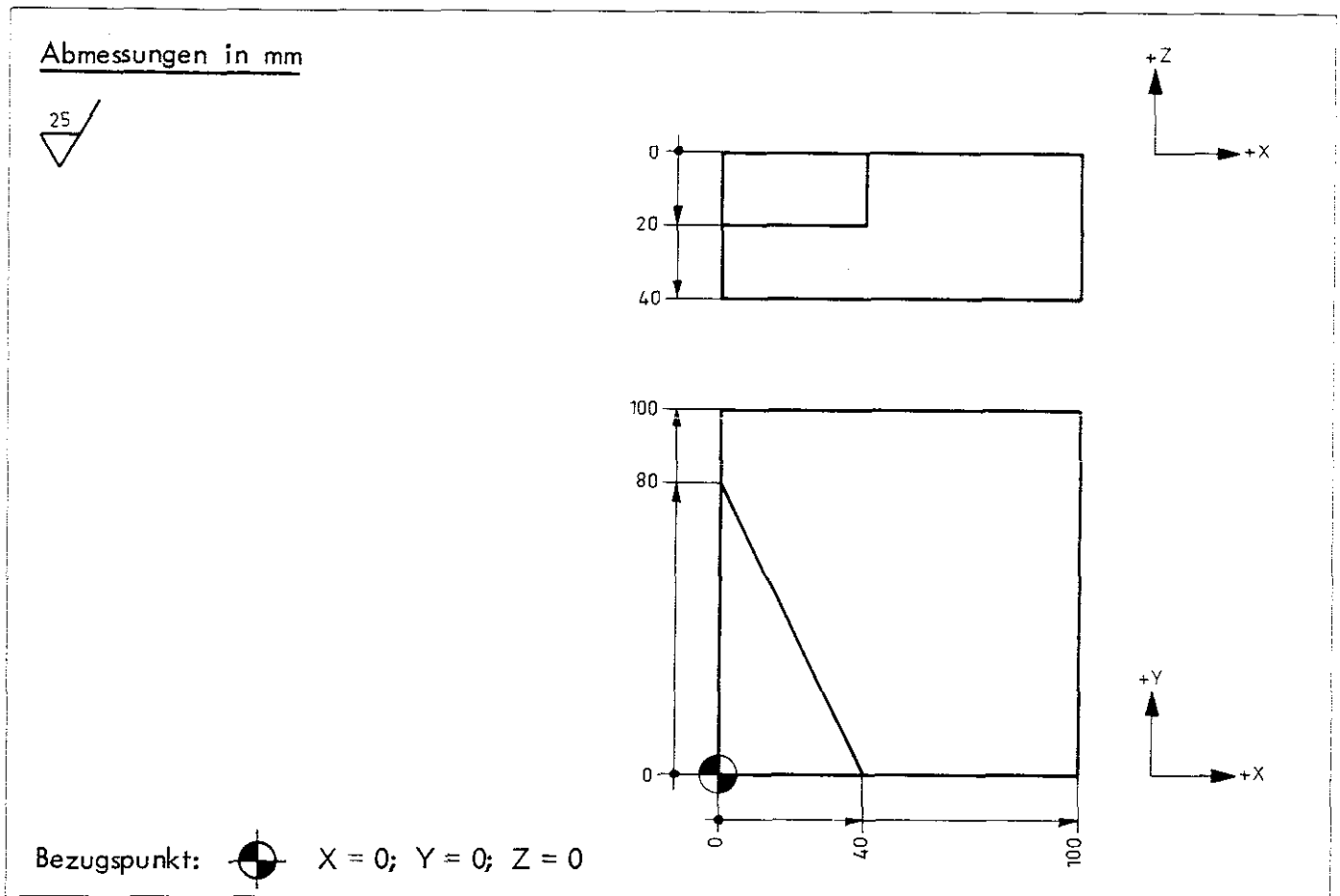
- Die Positions-Sollwerte werden bei Steuerungen für simultanes Verfahren auf einer "Schrägen Geraden" angefahren. Bei nichtsimultanen Steuerungen werden die Koordinaten achsparallel auf einem rechtwinkligen Streckenzug in folgender Reihenfolge angefahren:  
in der X-Y-Ebene: zuerst die X-Achse, dann die Y-Achse;  
in der Y-Z-Ebene: zuerst die Y-Achse, dann die Z-Achse;  
in der Z-X-Ebene: zuerst die Z-Achse, dann die X-Achse.
- Für den Zyklus Polar-Koordinaten wird kein Zyklus-Aufruf benötigt.
- Bei der Positionierung wird keine Werkzeugradius-Korrektur berücksichtigt.



# Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 R0 F9999 M 2 A X-20,000 R0 F9999 M 3 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Zentrierbohrer	TOOL DEF -	4 TOOL DEF 1 L .... 5 TOOL DEF 1 R +0,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 1250,000
Definition des Zentriervorganges als Bohrzyklus 	CYCL DEF - - - - -	8 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 9 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 10 CYCL DEF 1.2 TIEFE -4,200 11 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -4,200 12 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 13 CYCL DEF 1.5 F180
Definition des Pols	CYCL DEF - -	14 CYCL DEF 5.0 POL 15 CYCL DEF 5.1 A X +50,000 16 CYCL DEF 5.2 A Y +50,000
Anfahren der ersten Bohrung und Aufruf des Bohrzyklus	LBL SET CYCL DEF - - - Z CYCL CALL	17 LBL 1 18 CYCL DEF 6.0 POLAR-KOORD. 19 CYCL DEF 6.1 A P.R. +35,000 20 CYCL DEF 6.2 A P.W. +225,000 21 CYCL DEF 6.3 F9999 M 22 A Z+2,000 R0 F9999 M03 23 CYCL CALL M
Anfahren der zweiten Bohrung, Aufruf des Bohrzyklus, Anfahren und Bohren der sechs folgenden Bohrungen durch Programmteil-Wiederholungen	LBL SET CYCL DEF - - - CYCL CALL LBL CALL LBL SET	24 LBL 2 25 CYCL DEF 6.0 POLAR-KOORD. 26 CYCL DEF 6.1 I P.R. +0,000 27 CYCL DEF 6.2 I P.W. +45,000 28 CYCL DEF 6.3 F9999 M 29 CYCL CALL M 30 CALL LBL 2 REP 6 /6 31 LBL 0
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	32 A Z+50,000 R0 F9999 M 33 A X-20,000 R0 F9999 M 34 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 2 Spiralbohrer Ø 8 mm	TOOL DEF -	35 TOOL DEF 2 L .... 36 TOOL DEF 2 R +4,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	37 STOP M
Werkzeug-Aufruf 2	TOOL CALL	38 TOOL CALL 2 Z S 1250,000
Definition des Bohrzyklus 	CYCL DEF - - - - -	39 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 40 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 41 CYCL DEF 1.2 TIEFE -44,000 42 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -22,000 43 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 44 CYCL DEF 1.5 F180
Anfahren der Bohrungen und Aufruf des Bohrzyklus	LBL CALL	45 CALL LBL 1 REP
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y STOP	46 A Z+50,000 R0 F9999 M 47 A X-20,000 R0 F9999 M 48 A Y-20,000 R0 F9999 M05 49 STOP M

### 3.6 Schräge Gerade



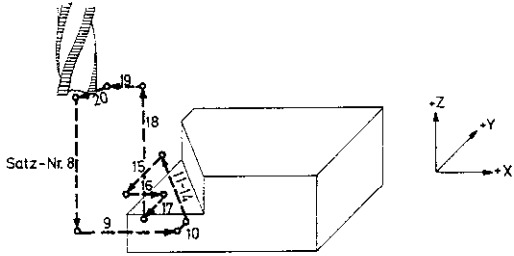
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 20$  mm

Beachte:

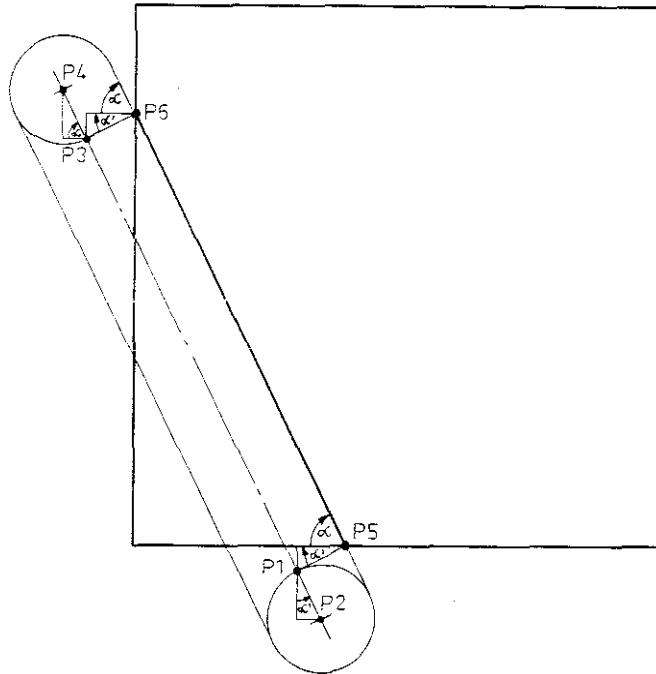
- Dieser Zyklus ist nur bei TNC-Steuerungen für simultanes Verfahren möglich.
- Es wird kein Zyklus-Aufruf benötigt.
- Es wird keine Werkzeugradius-Korrektur berücksichtigt, deshalb muß die korrigierte Fräserbahn berechnet werden (siehe Seite 20, 21).

# Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y	1 A Z+50,000 R0 F9999 M 2 A X-20,000 R0 F9999 M 3 A Y-20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF -	4 TOOL DEF 1 L ..... 5 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierer Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	6 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	7 TOOL CALL 1 Z S 250,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Startposition, Zyklus-Definition und Beseitigung des restlichen Werkstoffs.  	Z X Y CYCL DEF - - - Y X Y 8 A Z-20,000 R0 F9999 M03 9 A X+35,530 R0 F9999 M 10 A Y-13,415 R0 F9999 M 11 CYCL DEF 0.0 SCHRAEGE GERADE 12 CYCL DEF 0.1 A X -13,415 13 CYCL DEF 0.2 A Y +84,470 14 CYCL DEF 0.3 F40 M 15 A Y+25,000 R0 F9999 M 16 A X+10,000 R0 F40 M 17 A Y-1,000 R0 F40 M	
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	Z X Y STOP	18 A Z+50,000 R0 F9999 M 19 A X-20,000 R0 F9999 M 20 A Y-20,000 R0 F9999 M05 21 STOP M

## Berechnung der Hilfspunkte

Die Steuerung TNC 131/135 berücksichtigt bei der "Schrägen Geraden" keine Werkzeugradius-Korrektur. Die Punkte P2 und P4 müssen deshalb berechnet werden. Aus der Zeichnung können die Punkte P5 (X = 40; Y = 0) und P6 (X = 0; Y = 80) entnommen werden.



## Berechnung des Neigungswinkels der Geraden:

$$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$$

$$\tan \alpha = \frac{80}{40} = 2 \implies \alpha = 63,435^\circ$$

Berechnung des Punktes P1 auf der parallelen Geraden, die im Abstand des Radius zur "Schrägen Geraden" verläuft.

$$\alpha' = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 63,435^\circ = 26,565^\circ$$

$$X_1 = X_5 - X'$$

$$X' = \cos \alpha' \cdot \text{Hypotenuse}$$

$$X' = 0,8944 \cdot 10$$

$$X' = 8,944$$

$$\underline{\underline{X_1}} = 40 - 8,944 = 31,056$$

$$Y_1 = Y_5 - Y'$$

$$Y' = \sin \alpha' \cdot \text{Hypotenuse}$$

$$Y' = 0,4472 \cdot 10$$

$$Y' = 4,472$$

$$\underline{\underline{Y_1}} = 0 - 4,472 = -4,472$$

Da der Fräser einen Radius von 10 mm hat, muß noch ein Sicherheitsabstand berücksichtigt werden. Der Punkt P1 wird in diesem Beispiel um 10 mm verschoben. Dies führt zum Punkt P2.

### Berechnung des Punktes P2:

$$\begin{aligned}X_2 &= X_1 + X' \\X' &= \sin \alpha' \cdot \text{Hypothenuse} \\X' &= 0,4472 \cdot 10 \\X' &= 4,472 \\ \underline{\underline{X_2}} &= 31,056 + 4,472 = 35,528\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y_2 &= Y_1 + Y' \\Y' &= \cos \alpha' \cdot \text{Hypothenuse} \\Y' &= 0,8944 \cdot 10 \\Y' &= 8,944 \\ \underline{\underline{Y_2}} &= -4,472 - 8,944 = -13,416\end{aligned}$$

Die Koordinaten des Punktes P2 (35,528; -13,416) müssen als Startposition angefahren werden.

### Berechnung des Punktes P3:

$$\begin{aligned}X_3 &= X_6 - X' \\X' &= \cos \alpha' \cdot \text{Hypothenuse} \\X' &= 0,8944 \cdot 10 \\X' &= 8,944 \\ \underline{\underline{X_3}} &= 0 - 8,944 = -8,944\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y_3 &= Y_6 - Y' \\Y' &= \sin \alpha' \cdot \text{Hypothenuse} \\Y' &= 0,4472 \cdot 10 \\Y' &= 4,472 \\ \underline{\underline{Y_3}} &= 80 - 4,472 = 75,528\end{aligned}$$

Die Fräserbahn wird um 10 mm verlängert bis zum Punkt P4.

### Berechnung des Punktes P4:

$$\begin{aligned}X_4 &= X_3 - X' \\X' &= \cos \alpha' \cdot \text{Hypothenuse} \\X' &= 0,4472 \cdot 10 \\X' &= 4,472 \\ \underline{\underline{X_4}} &= -8,944 - 4,472 = -13,416\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y_4 &= Y_3 + Y' \\Y' &= \sin \alpha' \cdot \text{Hypothenuse} \\Y' &= 0,8944 \cdot 10 \\Y' &= 8,944 \\ \underline{\underline{Y_4}} &= 75,528 + 8,944 = 84,472\end{aligned}$$

## 4. Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

### 4.1 Programmierung des Werkzeugwechsels als Unterprogramm

Für den Werkzeugwechsel wird eine Werkzeugwechsel-Position definiert. Da diese Position in einem Bearbeitungsprogramm bei jedem Werkzeugwechsel angefahren werden muß, ist es vorteilhaft, diese Position als Unterprogramm zu programmieren. Bei den Werkzeug-Aufrufen brauchen dann die Positioniersätze zum Anfahren der Wechselposition nicht mehr programmiert zu werden, es genügt ein Unterprogramm-Aufruf.

Beispiel für die Programmierung eines Werkzeugwechsels:

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Definition und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+50,000 R0 F9999 M05 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y-20,000 R0 F9999 M 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1	TOOL DEF -	6 TOOL DEF 1 L +0,000 7 TOOL DEF 1 R +10,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	8 STOP M
Werkzeug-Aufruf 1	TOOL CALL	9 TOOL CALL 1 Z S 250,000
Bearbeitungsprogramm	-	-
Unterprogramm-Aufruf: Werkzeugwechsel-Position anfahren	LBL CALL	22 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 2	TOOL DEF -	23 TOOL DEF 2 L +50,000 24 TOOL DEF 2 R +20,000
Programmierter Halt zum Unterbrechen des Programmablaufs	STOP	25 STOP M
Werkzeug-Aufruf 2	TOOL CALL	26 TOOL CALL 2 Z S 125,000
Bearbeitungsprogramm	-	-

Selbstverständlich gibt es noch andere Programmiermöglichkeiten für den Werkzeugwechsel. Diese Art der Programmierung erscheint uns jedoch besonders sinnvoll, da die Werkzeugwechsel-Position nur einmal programmiert werden muß.

Beachte:

Soll die Werkzeugkorrektur beim Anfahren der Werkzeugwechsel-Position abgewählt werden, dann ist vor den Positioniersätzen zum Anfahren der Werkzeugwechsel-Position der Satz

TOOL CALL 0 Z S 0,000

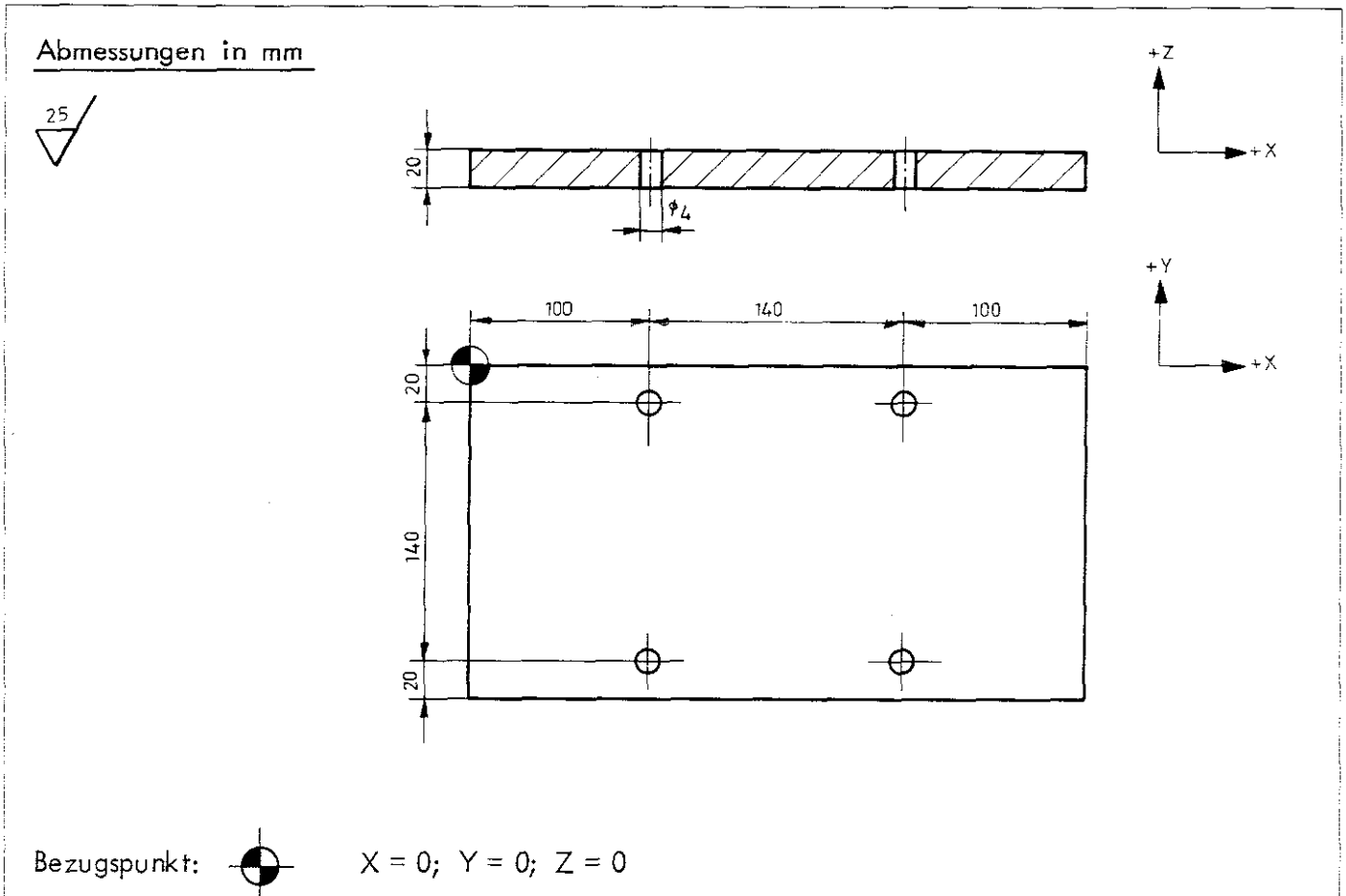
zu programmieren.

## 4.2 Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen zur Programmierung von Bohrbildern

Beachte:

Damit die folgenden Programmierbeispiele übersichtlich bleiben, wurde auf das Zentrieren der Bohrungen mit einem Zentrierbohrer verzichtet. In der Praxis sollte auf das Zentrieren der Bohrungen jedoch nicht verzichtet werden.

### 4.2.1 Programmierung eines Bohrbildes mit inkrementalen Positioniersätzen

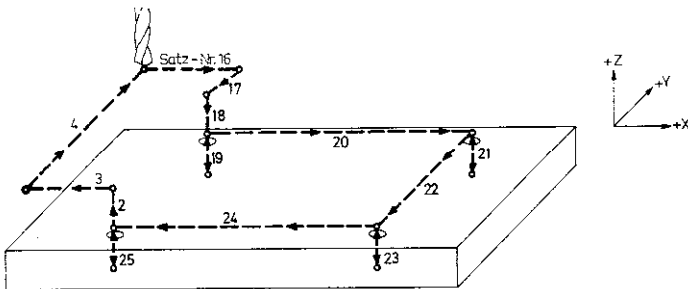


Werkstoff: Stahl St 37

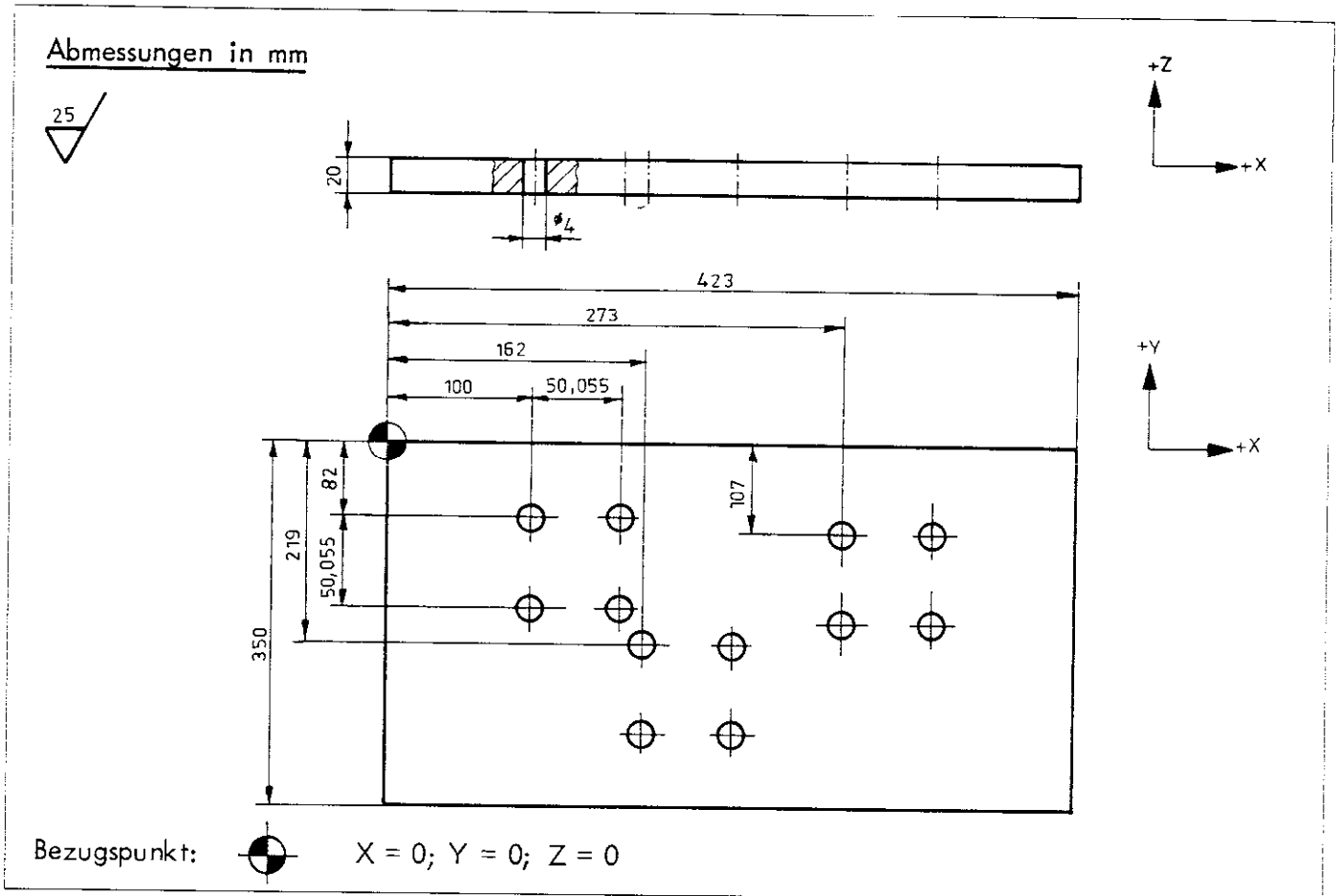
Werkzeug: Spiralbohrer  $\phi$  4 mm



Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+20,000 R0 F9999 M05 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y+20,000 R0 F9999 M 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Spiralbohrer Ø 4 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	6 TOOL DEF 1 L ..... 7 TOOL DEF 1 R +2,000 8 STOP M 9 TOOL CALL 1 Z S 2500,000
Zyklus-Definition „Tiefbohren“	CYCL DEF - - - - -	10 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 11 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 12 CYCL DEF 1.2 TIEFE -25,000 13 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG-3,000 14 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 15 CYCL DEF 1.5 F200
Positionierbefehle und Aufruf des Tiefbohrzyklus  Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	X Y Z CYCL CALL X CYCL CALL Y CYCL CALL X CYCL CALL LBL CALL STOP	16 A X+100,000 R0 F9999 M 17 A Y-20,000 R0 F9999 M 18 A Z+2,000 R0 F9999 M 19 CYCL CALL M03 20 I X+140,000 R0 F9999 M 21 CYCL CALL M 22 I Y-140,000 R0 F9999 M 23 CYCL CALL M 24 I X-140,000 R0 F9999 M 25 CYCL CALL M 26 CALL LBL 1 REP 27 STOP M

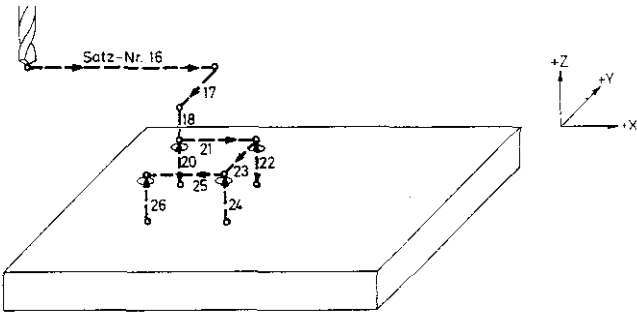
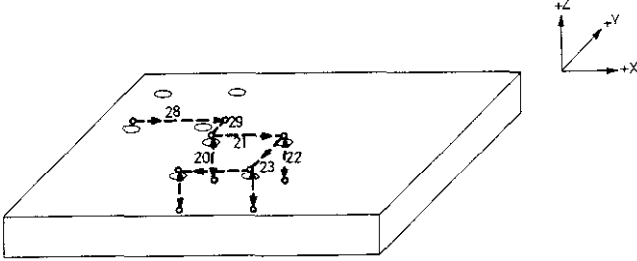
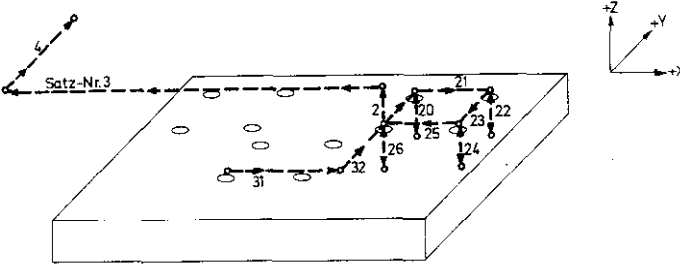


#### 4.2.2 Wiederholung eines Bohrbildes mit Hilfe eines Unterprogramms



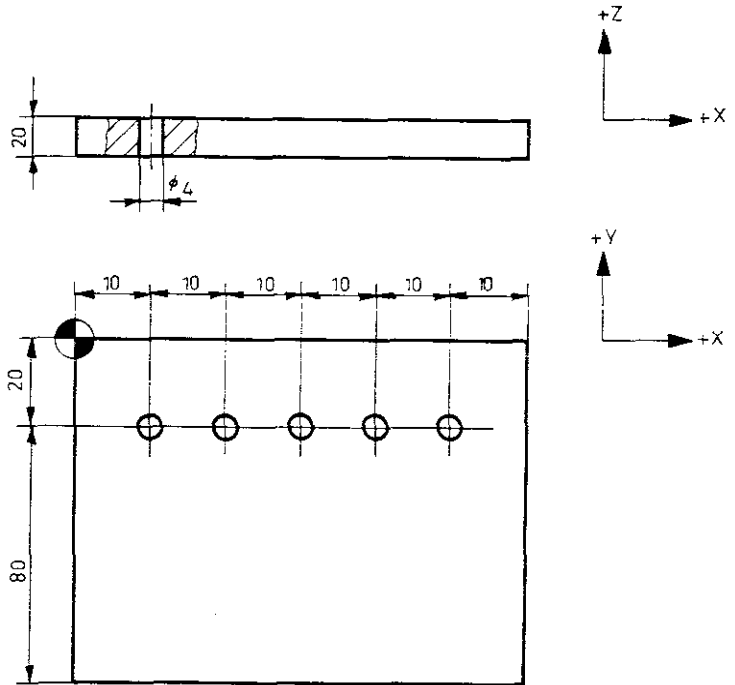
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Spiralbohrer  $\varnothing$  4 mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+20,000 R0 F9999 M05 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y+20,000 R0 F9999 M 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Spiralbohrer Ø 4 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	6 TOOL DEF 1 L .... 7 TOOL DEF 1 R +2,000 8 STOP M 9 TOOL CALL 1 Z S 2500,000
Zyklus-Definition „Tiefbohren“	CYCL DEF - - - - -	10 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 11 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 12 CYCL DEF 1.2 TIEFE -25,000 13 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -3,000 14 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 15 CYCL DEF 1.5 F200
Positionierbefehle und Aufruf des Tiefbohrzyklus  Festlegung eines Unterprogramms  	X Y Z LBL SET CYCL CALL X CYCL CALL Y CYCL CALL X CYCL CALL LBL SET	16 A X+100,000 R0 F9999 M 17 A Y-82,000 R0 F9999 M 18 A Z+2,000 R0 F9999 M 19 LBL 2 20 CYCL CALL M03 21 I X+50,055 R0 F9999 M 22 CYCL CALL M 23 I Y-50,055 R0 F9999 M 24 CYCL CALL M 25 I X-50,055 R0 F9999 M 26 CYCL CALL 27 LBL 0
Positionierbefehl und Aufruf des Unterprogramms  	X Y LBL CALL	28 A X+162,000 R0 F9999 M 29 A Y-219,000 R0 F9999 M 30 CALL LBL 2 REP
Positionierbefehl und Aufruf des Unterprogramms  Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position  	X Y LBL CALL  LBL CALL	31 A X+273,000 R0 F9999 M 32 A Y-107,000 R0 F9999 M 33 CALL LBL 2 REP 34 CALL LBL 1 REP
	STOP	35 STOP M

#### 4.2.3 Mehrfaches Wiederholen eines Positionierbefehls durch Programmteil-Wiederholung

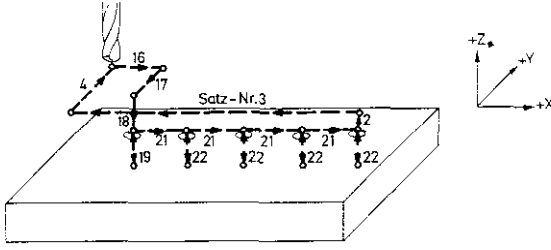
Abmessungen in mm



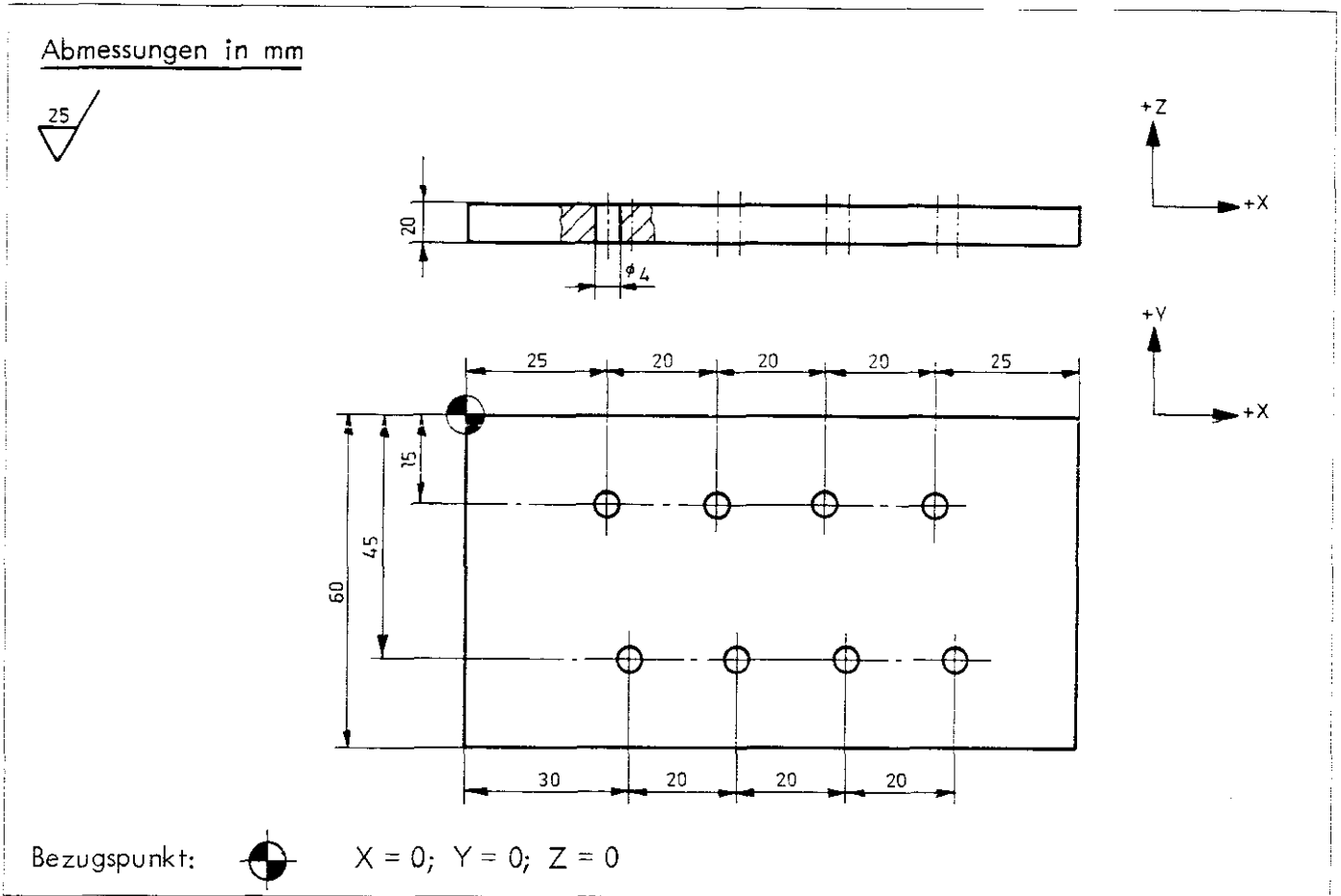
Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Spiralbohrer  $\varnothing 4$  mm

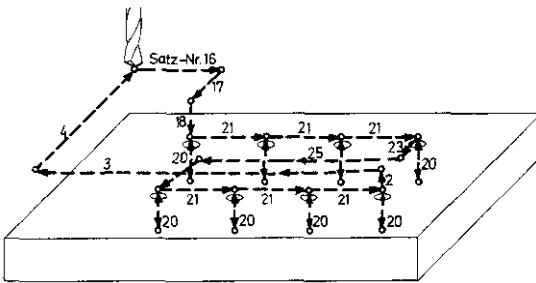
Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+20,000 R0 F9999 M05 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y+20,000 R0 F9999 M 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Spiralbohrer Ø 4 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	6 TOOL DEF 1 L ... 7 TOOL DEF 1 R +2,000 8 STOP M 9 TOOL CALL 1 Z S 2500,000
Zyklus-Definition „Tiefbohren“	CYCL DEF - - - - -	10 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 11 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 12 CYCL DEF 1.2 TIEFE -25,000 13 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -3,000 14 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 15 CYCL DEF 1.5 F200
Positionierbefehle und Aufruf des Tiefbohrzyklus, Programmteil-Wiederholungen, Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	X Y Z CYCL CALL LBL SET X CYCL CALL  LBL CALL LBL CALL	16 A X+10,000 R0 F9999 M 17 A Y-20,000 R0 F9999 M 18 A Z+2,000 R0 F9999 M 19 CYCL CALL M03 20 LBL 2 21 I X+10,000 R0 F9999 M 22 CYCL CALL M  23 CALL LBL 2 REP 3/3 24 CALL LBL 1 REP
		
	STOP	25 STOP M

4.2.4 Wiederholung von Positionierbefehlen durch Programmteil-Wiederholung innerhalb eines Unterprogramms

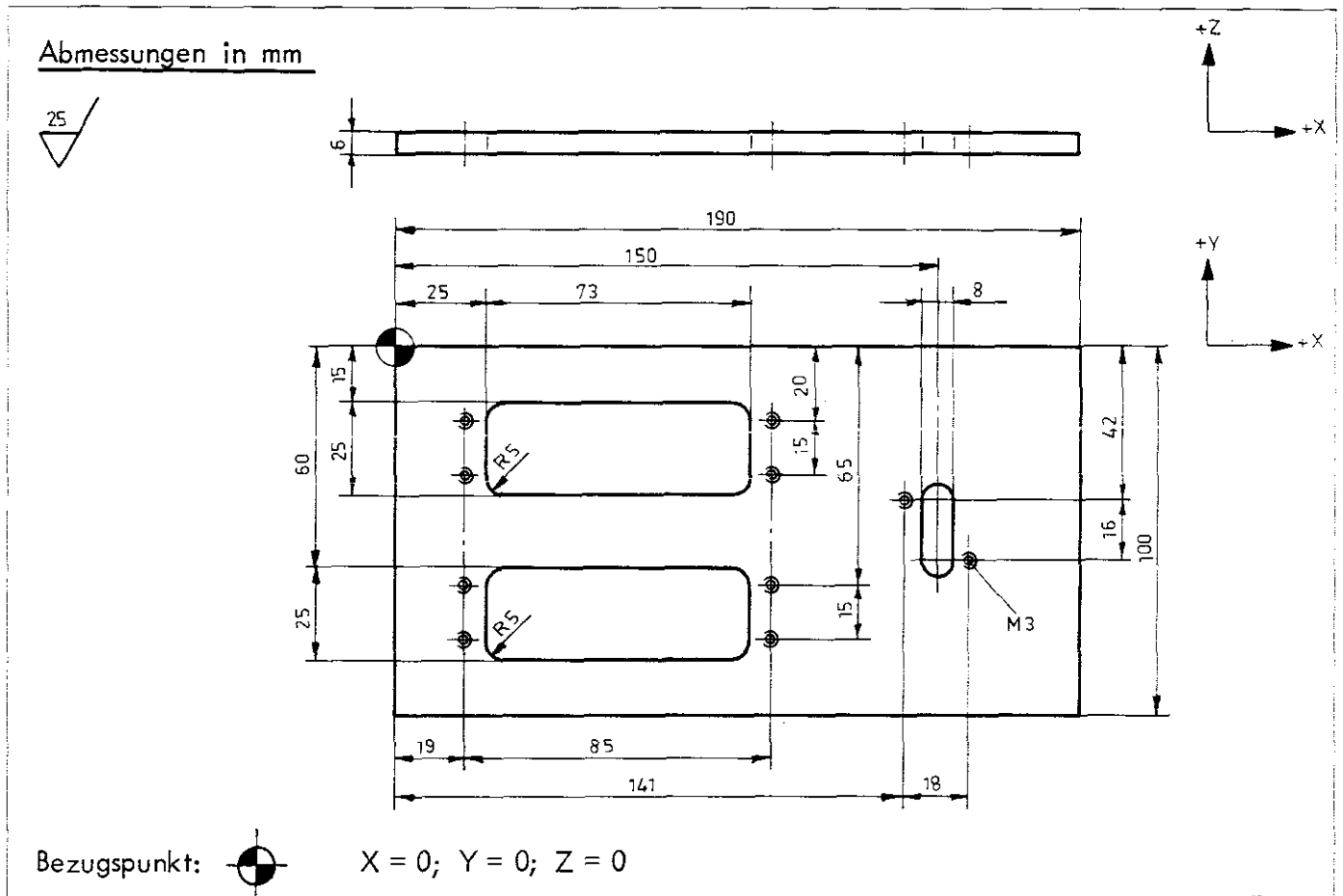


Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Spiralbohrer  $\phi 4$  mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+20,000 R0 F9999 M05 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y+20,000 R0 F9999 M 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Spiralbohrer Ø 4 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	6 TOOL DEF 1 L .... 7 TOOL DEF 1 R +2,000 8 STOP M 9 TOOL CALL 1 Z S 2500,000
Zyklus-Definition „Tiefbohren“	CYCL DEF - - - - -	10 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 11 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 12 CYCL DEF 1.2 TIEFE -25,000 13 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -3,000 14 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 15 CYCL DEF 1.5 F200
Positionierbefehle und Aufruf des Tiefbohrzyklus. <i>Wiederholung einer Serie von Bohrungen</i> durch Programmteil-Wiederholungen innerhalb des Unterprogramms  Zurückfahren in die Werkzeugwechsel-Position	X Y Z LBL SET CYCL CALL X LBL CALL CYCL CALL LBL SET X Y LBL CALL LBL CALL	16 A X+25,000 R0 F9999 M 17 A Y-15,000 R0 F9999 M 18 A Z+2,000 R0 F9999 M 19 LBL 2 20 CYCL CALL M03 21 I X+20,000 R0 F9999 22 CALL LBL 2 REP 2/2 23 CYCL CALL 24 LBL 0 25 A X+30,000 R0 F9999 M 26 A Y-45,000 R0 F9999 M 27 CALL LBL 2 REP 28 CALL LBL 1 REP
	STOP	29 STOP M

5. Programmierung eines Frästeils mit Taschen, Langloch und Gewindebohrungen



Werkstoff: Aluguß

Werkzeug-Nr. Werkzeug

- 1 Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing$  10 mm
- 2 Schrubb-Schlichtfräser  $\varnothing$  10 mm
- 3 Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing$  8 mm
- 4 Schrubb-Schlichtfräser  $\varnothing$  8 mm
- 5 NC-Anbohrer  $\varnothing$  10 mm
- 6 Spiralbohrer  $\varnothing$  2,4 mm
- 7 Gewindebohrer M 3




## Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X Y LBL SET	1 LBL 1 2 A Z+50,000 R0 F9999 M05 3 A X-20,000 R0 F9999 M 4 A Y+20,000 R0 F9999 M 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 10 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	6 TOOL DEF 1 L .... 7 TOOL DEF 1 R +5,000 8 STOP M 9 TOOL CALL 1 Z S 4000,000
Positionierbefehle für das zweimalige Einstecken des Dreischneiders  Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	X Y Z Z Z Y Z LBL CALL	10 A X+25,000 R+ F9999 M 11 A Y-15,000 R+ F9999 M 12 A Z+1,000 R0 F9999 M03 13 A Z-6,500 R0 F250 M 14 A Z+1,000 R0 F9999 M 15 A Y-60,000 R+ F9999 M 16 A Z-6,500 R0 F250 M 17 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 2, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 2 Schrupp-Schlichtfräser Ø 10 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	18 TOOL DEF 2 L .... 19 TOOL DEF 2 R +5,000 20 STOP M 21 TOOL CALL 2 Z S 4000,000
Positionierbefehle für das Ausfräsen der beiden Taschen  Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	X Y Z LBL SET Z X Y X Y LBL SET Z Y LBL CALL LBL CALL	22 A X+25,000 R+ F9999 M 23 A Y-15,000 R+ F9999 M 24 A Z+1,000 R0 F9999 M03 25 LBL 2 26 A Z-6,500 R0 F306 M 27 I X+73,000 R- F306 M 28 I Y-25,000 R- F306 M 29 I X-73,000 R- F306 M 30 I Y+25,000 R- F306 M 31 LBL 0 32 A Z+1,000 R0 F9999 M 33 A Y-60,000 R+ F9999 M 34 CALL LBL 2 REP 35 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 3, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 3 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 8 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	36 TOOL DEF 3 L .... 37 TOOL DEF 3 R +4,000 38 STOP M 39 TOOL CALL 3 Z S 4000,000
Positionierbefehle für das Einstecken des Dreischneiders, Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	LBL SET X Y Z Z LBL SET LBL CALL	40 LBL 3 41 A X+150,000 R0 F9999 M 42 A Y-42,000 R0 F9999 M 43 A Z+2,000 R0 F9999 M03 44 A Z-6,500 R0 F250 M 45 LBL 0 46 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 4, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 4 Schrupp-Schlichtfräser Ø 8 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	47 TOOL DEF 4 L .... 48 TOOL DEF 4 R +4,000 49 STOP M 50 TOOL CALL 4 Z S 4000,000
Positionierbefehle für das Fräsen des Langloches, Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	LBL CALL Y LBL CALL	51 CALL LBL 3 REP 52 I Y-16,000 R0 F306 M 53 CALL LBL 1 REP

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Werkzeug-Definition 5, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 5 NC-Anbohrer Ø 10 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	54 TOOL DEF 5 L 55 TOOL DEF 5 R +5,000 56 STOP M 57 TOOL CALL 5 Z S 4000,000
Zyklus-Definition „Tiefbohren“ für NC-Anbohrer	CYCL DEF - - - - -	58 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 59 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 60 CYCL DEF 1.2 TIEFE -2,250 61 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG-2,250 62 CYCL DEF 1.4 VZEIT 0,000 63 CYCL DEF 1.5 F355
Unterprogramm mit Positionierbefehlen für NC-Anbohrer, Spiralbohrer und Gewindebohrer, dazu ergänzend Aufruf des Unterprogramms LBL 5, Zurückfahren in Werkzeugwechsel-Position	LBL SET Z X LBL CALL X LBL CALL X Y CYCL CALL X Y CYCL CALL LBL CALL LBL SET	64 LBL 4 65 A Z+2,600 R0 F9999 M 66 A X+19,000 R0 F9999 M 67 CALL LBL 5 REP 68 I X+85,000 R0 F9999 M 69 CALL LBL 5 REP 70 A X+141,000 R0 F9999 M 71 A Y-42,000 R0 F9999 M 72 CYCL CALL M 73 I X+18,000 R0 F9999 M 74 I Y-16,000 R0 F9999 M 75 CYCL CALL M 76 CALL LBL 1 REP 77 LBL 0
Werkzeug-Definition 6, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 6 Spiralbohrer Ø 2,4 mm	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	78 TOOL DEF 6 L 79 TOOL DEF 6 R +1,200 80 STOP M 81 TOOL CALL 6 Z S 4000,000
Zyklus-Definition „Tiefbohren“ für Spiralbohrer	CYCL DEF - - - - -	82 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 83 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 84 CYCL DEF 1.2 TIEFE -7,000 85 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG-7,000 86 CYCL DEF 1.4 VZEIT 0,000 87 CYCL DEF 1.5 F306
Aufruf des Unterprogramms für die Positionierung und den Bohrzyklus des Spiralbohrers	LBL CALL	88 CALL LBL 4 REP
Werkzeug-Definition 7, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 7 Gewindebohrer M 3	TOOL DEF - STOP TOOL CALL	89 TOOL DEF 7 L 90 TOOL DEF 7 R +1,500 91 STOP M 92 TOOL CALL 7 Z S 630,000
Zyklus-Definition „Gewindebohren“	CYCL DEF - - - -	93 CYCL DEF 2.0 GEWINDEBOHREN 94 CYCL DEF 2.1 ABST -2,000 95 CYCL DEF 2.2 TIEFE -7,000 96 CYCL DEF 2.3 VZEIT 1,000 97 CYCL DEF 2.4 F306
Aufruf des Unterprogramms für die Positionierung und den Bohrzyklus des Gewindebohrers	LBL CALL X	98 CALL LBL 4 REP 99 I X+0,000 R0 F9999 M02
Unterprogramm mit Positionierbefehlen und Aufruf der Bohrzyklen für den NC-Anbohrer, Spiralbohrer und Gewindebohrer	LBL SET Y CYCL CALL Y CYCL CALL Y CYCL CALL Y CYCL CALL LBL SET STOP	100 LBL 5 101 A Y-20,000 R0 F9999 M 102 CYCL CALL M03 103 I Y-15,000 R0 F9999 M 104 CYCL CALL M 105 I Y-30,000 R0 F9999 M 106 CYCL CALL M 107 I Y-15,000 R0 F9999 M 108 CYCL CALL 109 LBL 0 110 STOP M

## Programmierbeispiele TNC 145

Die Steuerung HEIDENHAIN TNC 145 ist eine 3-Achsen Bahnsteuerung mit 2 1/2 D Kreis- und Geraden-Interpolation (unter 2 1/2 D-Interpolation versteht man, daß die Interpolation in beliebigen 2-Achsen möglich ist).

Die Programmierung von achsparallelen Sätzen, (die bei der TNC 145 auch über die Taste  programmiert werden können) Unterprogrammen, Programmteil-Wiederholungen, Werkzeug-Definitionen und Werkzeug-Aufrufen erfolgt wie bei der Steuerung TNC 131/TNC 135.

Für den Bediener einer Werkzeugmaschine ist es deshalb einfach, von der Punkt- und Streckensteuerung auf die Bahnsteuerung von HEIDENHAIN zu wechseln.



Da der Unterschied zwischen TNC 145 und TNC 131/TNC 135 nur in den Bahnfunktionen besteht, wird bei den Programmierbeispielen für die TNC 145 im wesentlichen nur die Bahnprogrammierung behandelt. Falls der Bediener keine Vorkenntnisse von der TNC 131/TNC 135 besitzt, kann er sich, zur leichteren Einarbeit, zuerst mit den Programmierbeispielen für die TNC 131/TNC 135 beschäftigen, da diese Beispiele auch an der TNC 145 programmierbar sind.

Zusätzlich zu den bei der TNC 131/TNC 135 bekannten Bearbeitungszyklen

- Tiefbohren
- Gewindebohren
- Nutenfräsen
- Taschenfräsen (Rechteck-Tasche)
- Verweilzeit

besitzt die TNC 145 die Bearbeitungszyklen

- Raumgerade
- Kreistasche
- Nullpunkt
- Spiegeln

Die Bearbeitungszyklen "Schräge Gerade" und "Polar-Koordinaten" werden bei der TNC 145 nicht benötigt, da diese Funktionen über die Tasten  und  programmiert sind.

Bei der Werkzeug-Definition benötigt die TNC 145 nur einen Programmsatz für Länge und Radius.

Im Kapitel 4. werden Programmierbeispiele für die zusätzlichen Bearbeitungszyklen der TNC 145 vorgestellt. Die Programmierung der Bearbeitungszyklen Tiefbohren, Gewindebohren, Nutenfräsen\* und Rechteck-Taschenfräsen\* erfolgt wie in den Beispielen für die TNC 131/TNC 135 dargestellt (siehe Programmierbeispiel für die TNC 131/TNC 135, Kapitel 3.1, 3.2, 3.3 und 3.4).

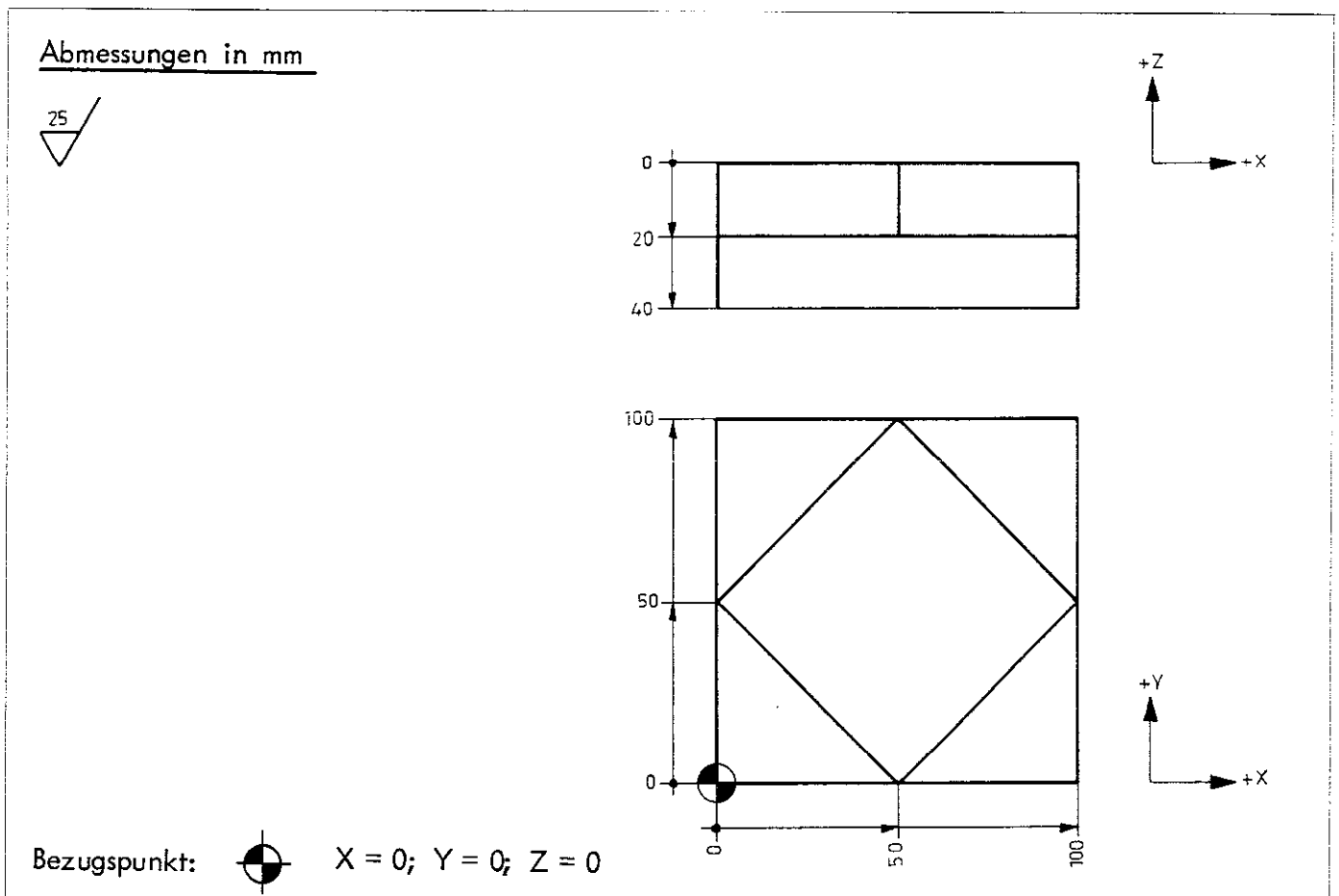
### \* Beachte:

Bei der TNC 145 muß zusätzlich der Vorschub zum Einstecken in das Werkstück programmiert werden. Dialog-Frage: VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG.

# 1. Geraden-Interpolation

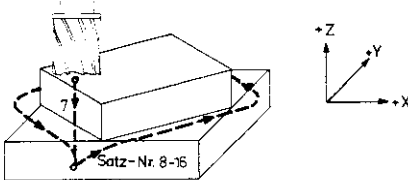
## 1.1 Programmierung einer Außenkontur

### 1.1.1 mit rechtwinkligen Koordinaten



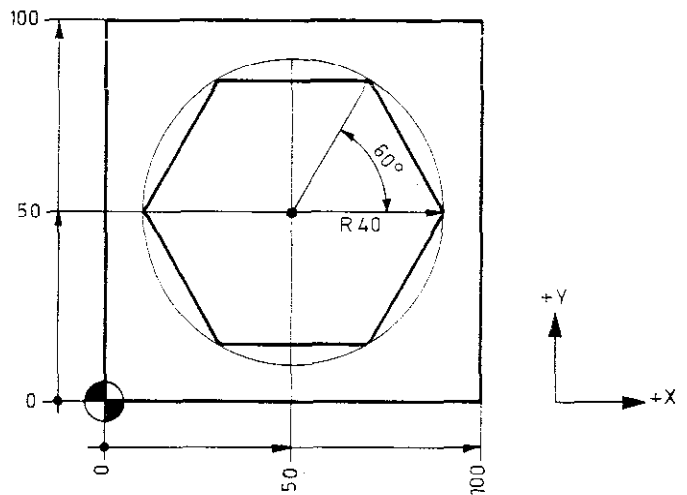
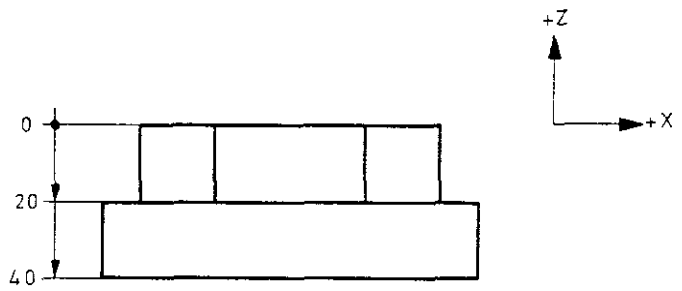
Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: Walzenstirnfräser  $\varnothing 40$  mm (10 Zähne)

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X+50,000 Y-40,000 RO F9999 M05 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Walzenstirnfräser Ø 40 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R+20,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 112,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangenciales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangenciales Verlassen der Kontur  	L  L  RND L  L  L  L  L  RND	7 L Z-20,000  8 L X+50,000 Y+0,000 RR F189 M  9 RND R+20,000 10 L X+100,000 Y+50,000 RR F189 M 11 L X+50,000 Y+100,000 RR F189 M 12 L X+0,000 Y+50,000 RR F189 M 13 L X+50,000 Y+0,000 RR F189 M 14 RND R+20,000
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	L  TOOL CALL L  STOP	15 L X+50,000 Y-40,000 RO F9999 M Z S 0,000 17 L Z+50,000 RO F9999 M05  18 STOP  M

1.1.2 mit Polar-Koordinaten

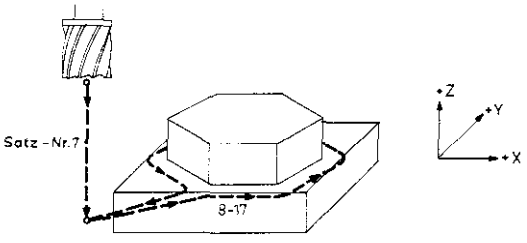
Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

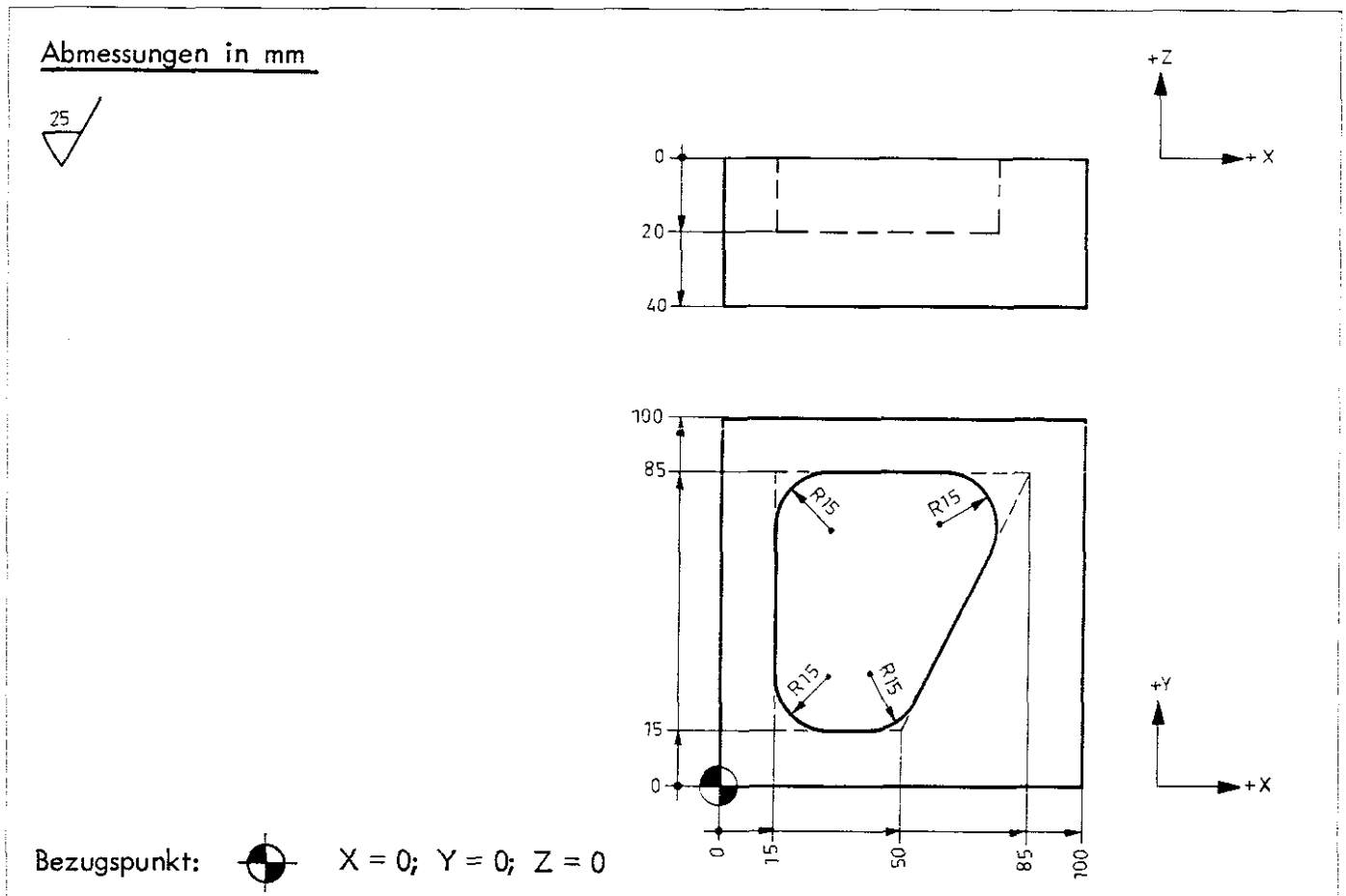
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Walzenstirnfräser  $\varnothing 40$  mm (10 Zähne)

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 RO F9999 M Y-40,000 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Walzenstirnfräser Ø 40 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R+20,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 125,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangenciales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangenciales Verlassen der Kontur  	L  CC L  RND LBL SET L  LBL CALL L  RND	7 L Z-20,000 RO F9999 M03 8 CC X+50,000 Y+50,000 9 LP PR+40,000 PA+240,000 RR F189 M 10 RND R+10,000 11 LBL 1 12 LP I PR+0,000 I PA+60,000 RR F189 M 13 CALL LBL 1 REP 4 4 14 LP I PR+0,000 I PA+60,000 RR F189 M 15 RND R+10,000
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	L  TOOL CALL L  STOP	16 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M 17 TOOL CALL 0 Z S 0,000 18 L Z+50,000 RO F9999 M05 19 STOP M

## 1.2 Programmierung einer Innenkontur

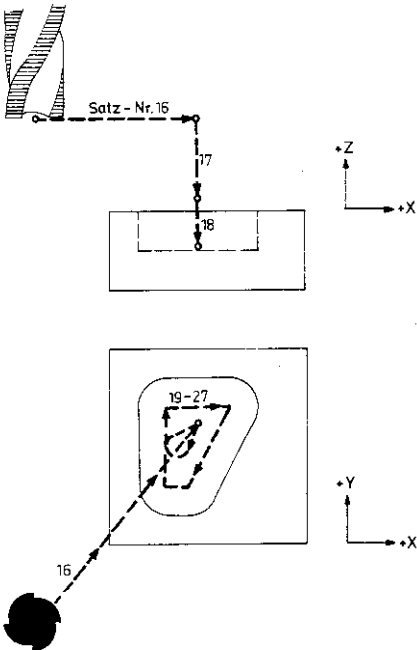
### 1.2.1 mit rechtwinkligen Koordinaten



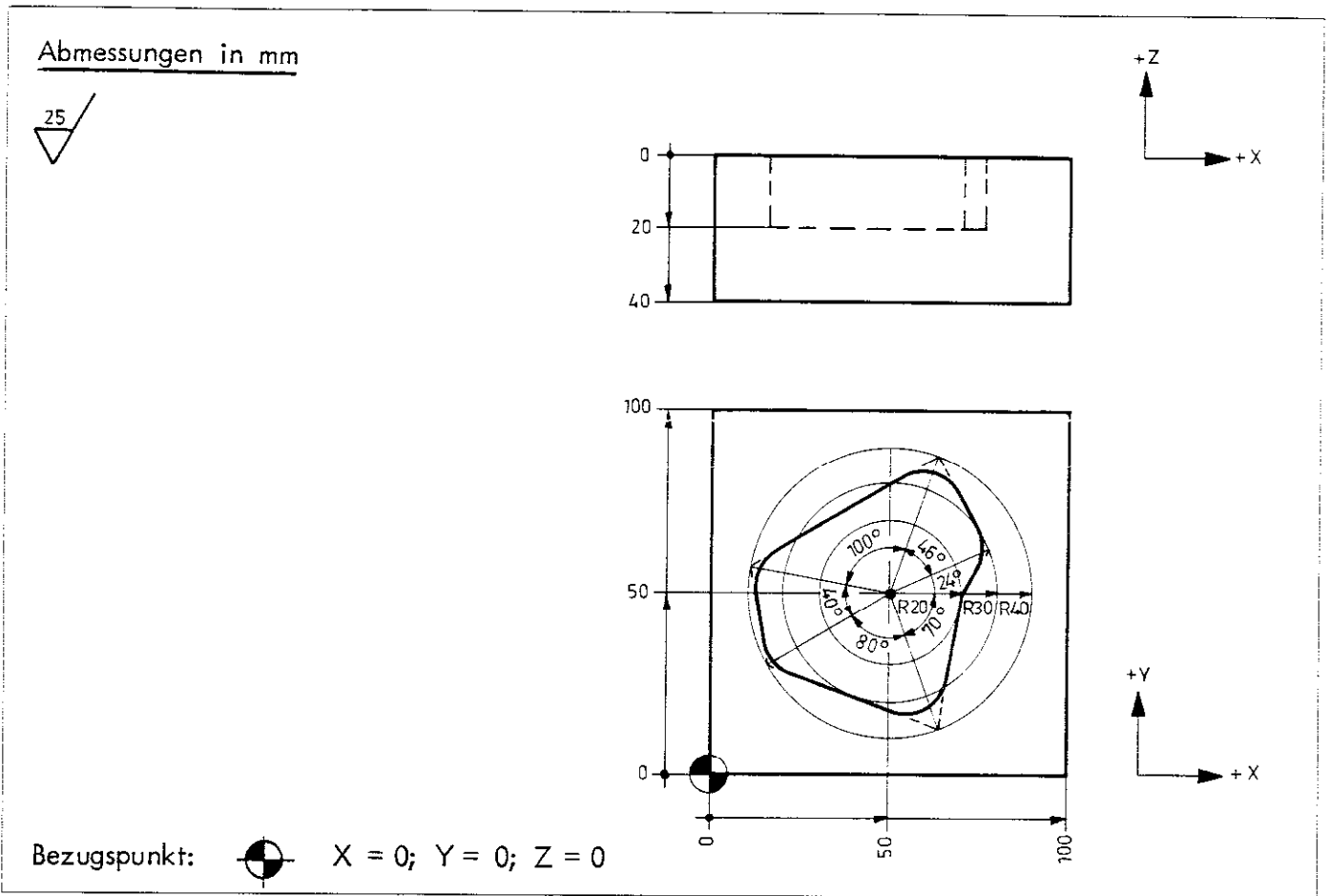
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: 1. Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing$  30 mm  
2. Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing$  30 mm



Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schafftfräser (drei Schneiden) Ø 30 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L ..... R+15,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 160,000 M
Positioniersätze und Einstechen des Dreischneiders	L  L  L	7 L X+45,000 Y+65,000 R0 F9999 M03  8 L Z+2,000 R0 F9999 M  9 L Z-20,000 R0 F20 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	10 TOOL CALL 0 Z S 0,000 11 L Z+50,000  12 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 2, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 2 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 30 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	13 TOOL DEF 2 L ..... R+15,000  14 STOP  15 TOOL CALL 2 Z S 160,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangenciales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangenciales Verlassen der Kontur  	L  L  L  RND L  L  L  L  L  L  RND L	16 L X+45,000 Y+65,000 R0 F9999 M03  17 L Z+2,000 R0 F9999 M  18 L Z-20,000 R0 F25 M  19 L X+15,000 Y+50,000 RR F25 M  20 RND R+5,000 21 L X+15,000 Y+85,000 RR F25 M  22 L X+85,000 RR F25 M  23 L X+50,000 Y+15,000 RR F25 M  24 L X+15,000 RR F25 M  25 L X+15,000 Y+50,000 RR F25 M  26 RND R+5,000 27 L X+45,000 Y+65,000 R0 F25 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	28 TOOL CALL 0 Z S 0,000 29 L Z+50,000  30 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05  31 STOP M

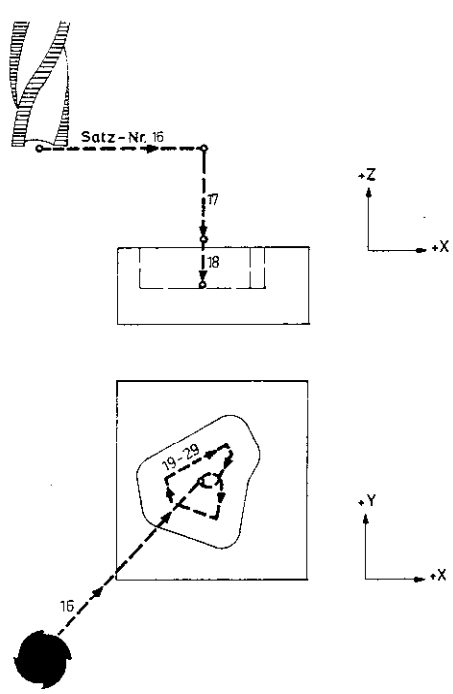
1.2.2 mit Polar-Koordinaten



Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: 1. Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing 25$  mm  
2. Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 25$  mm

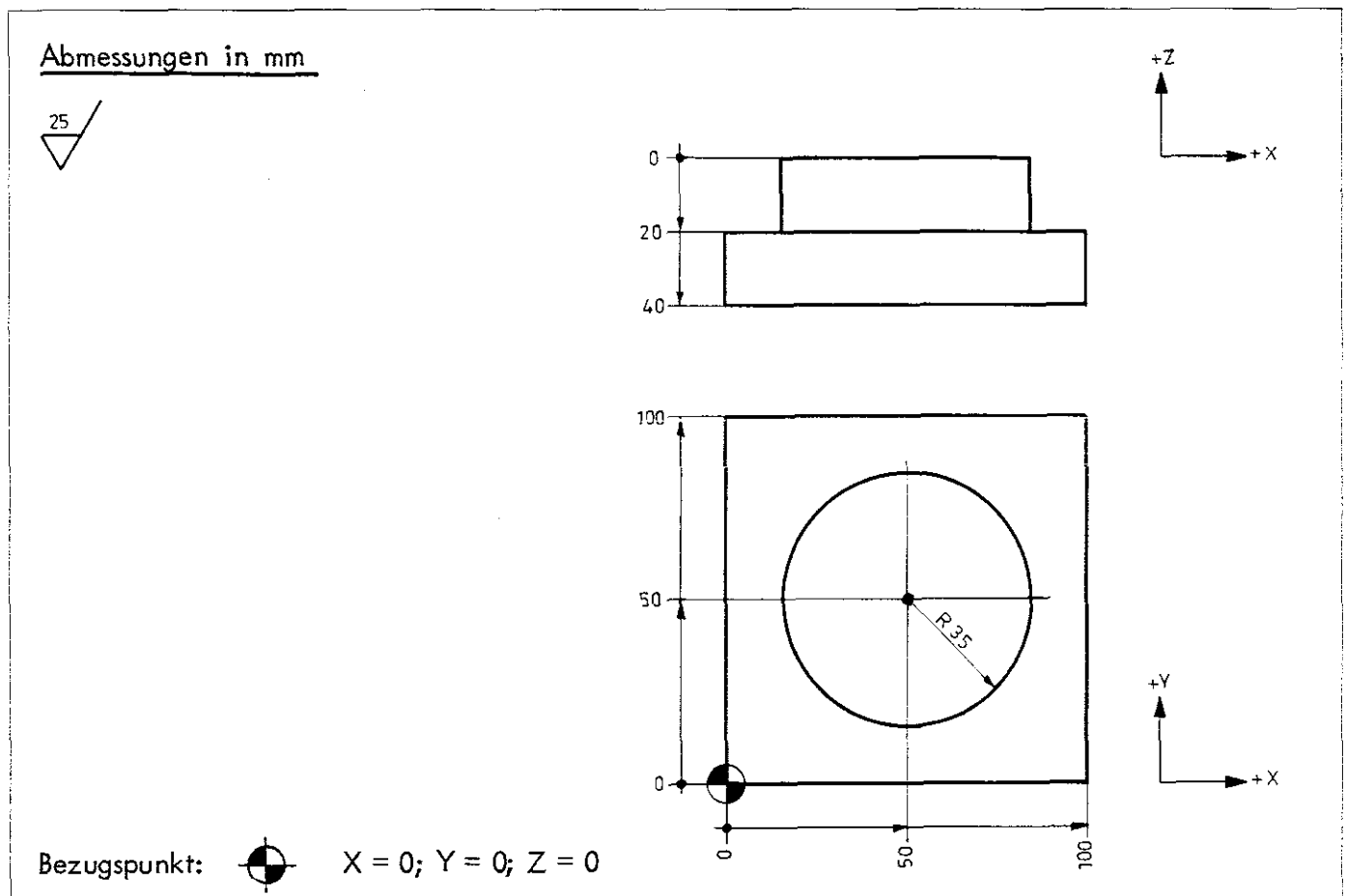
# Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 25 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L ..... R+12,500  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 180,000 M
Positioniersätze und Einstechen des Dreischneiders	L  L  L	7 L X+45,000 Y+50,000 RO F9999 M03  8 L Z+2,000 RO F9999 M  9 L Z-20,000 RO F20 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	10 TOOL CALL 0 Z S 0,000 11 L Z+50,000  12 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 2, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 2 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 25 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	13 TOOL DEF 2 L ..... R+12,500  14 STOP  15 TOOL CALL 2 Z S 180,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangentiales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangentiales Verlassen der Kontur  	L  L  L  CC L  RND L  L  L  L  L  L  L  RND L	16 L X+45,000 Y+50,000 RO F9999 M03  17 L Z+2,000 RO F9999 M  18 L Z-20,000 RO F30 M  19 CC X+50,000 Y+50,000 20 LP PR+20,000 PA+0,000 RR F30 M  21 RND R+5,000 22 LP I PR+20,000 PA-70,000 RR F30 M  23 LP I PR+0,000 I PA-80,000 RR F30 M  24 LP I PR+0,000 I PA-40,000 RR F30 M  25 LP I PR+0,000 I PA-100,000 RR F30 M  26 LP I PR-10,000 I PA-46,000 RR F30 M  27 LP I PR-10,000 I PA-24,000 RR F30 M  28 RND R+5,000 29 L X+45,000 Y+50,000 RO F30 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	30 TOOL CALL 0 Z S 0,000 31 L Z+50,000  32 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M05  33 STOP M

## 2. Kreis-Interpolation

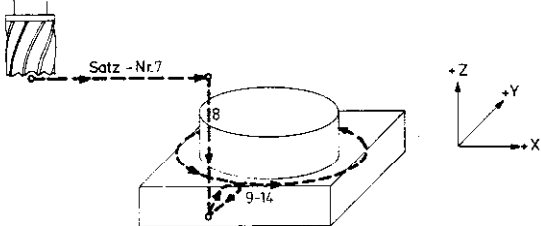
### 2.1 Programmierung einer Außenkontur

#### 2.1.1 mit rechtwinkligen Koordinaten



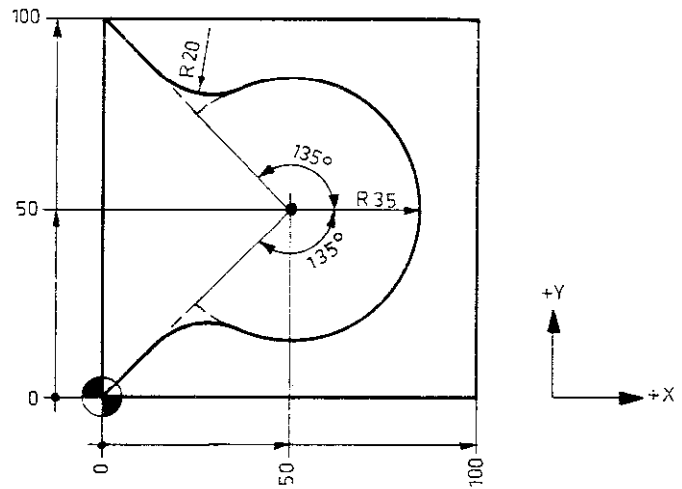
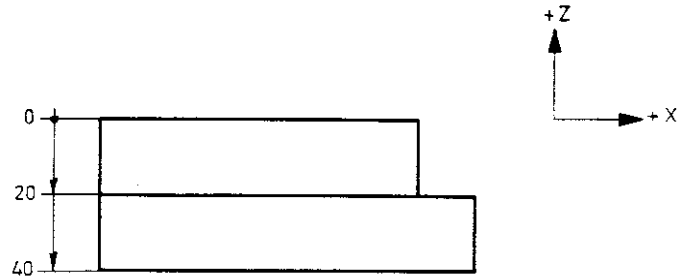
Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: Walzenstirnfräser  $\varnothing 40$  mm (10 Zähne)

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000 RO F9999 M 3 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Walzenstirnfräser Ø 40 mm (10 Zähne)	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	3 TOOL DEF 1 L .... R+20,000 5 STOP M 6 TOOL CALL 1 Z S 112,000
Positioniersätze zum Startpunkt, tangentiales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangentiales Verlassen der Kontur  	L  L  L  RND CC C  RND L	7 L X+50,000 RO F9999 M03 8 L Z-20,000 RO F9999 M 9 L X+50,000 Y+15,000 RR F189 M 10 RND R+5,000 11 CC X+50,000 Y+50,000 12 C X+50,000 Y+15,000 DR+ RR F189 M 13 RND R+5,000 14 L X+50,000 Y-40,000 RO F9999 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	15 TOOL CALL 0 Z S 0,000 16 L Z+50,000 RO F9999 M 17 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M05 18 STOP M

2.1.2 mit Polar-Koordinaten

Abmessungen in mm

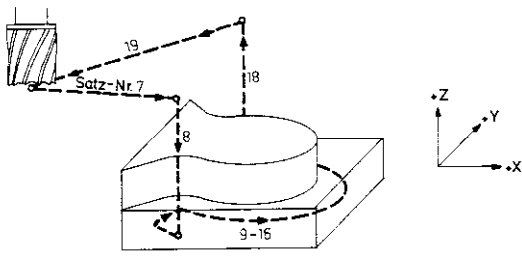


Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

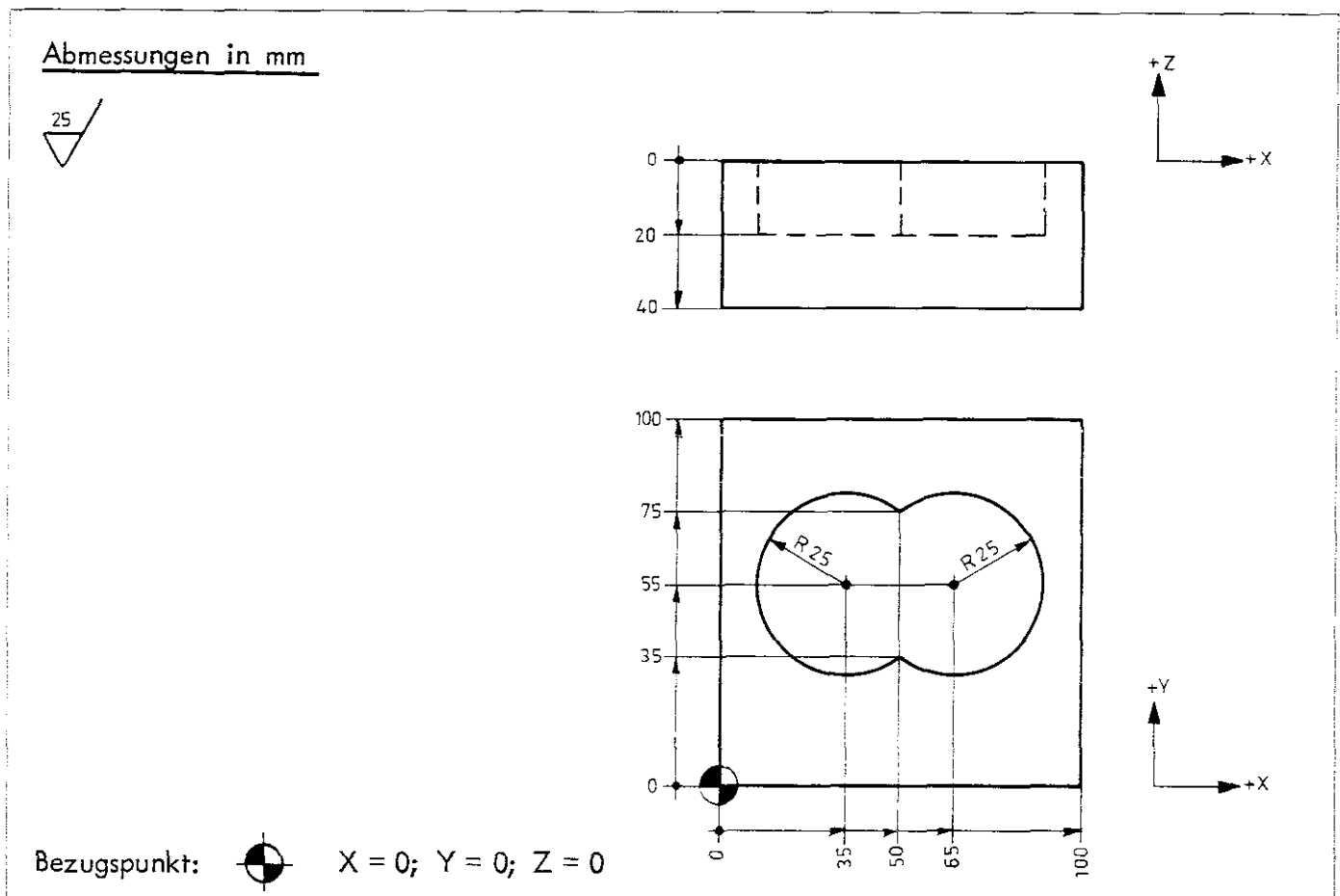
Werkzeug: Walzenstirnräser  $\varnothing 40$  mm (10 Zähne)

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Walzenstirnfräser Ø 40 mm (10 Zähne)	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R+20,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 112,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangentiales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangentiales Verlassen der Kontur	L  L  L  RND CC L  C  L  RND L	7 L X+20,000 Y-30,000 R0 F9999 M03  8 L Z-20,000  9 L X+0,000 Y+0,000 RR F189 M  10 RND R+5,000 11 CC X+50,000 Y+50,000 12 LP PR+35,000 PA-135,000 RR F189 M 13 CP PR+35,000 PA+135,000 DR+ RR F189 M 14 L X+0,000 Y+100,000 RR F189 M  15 RND R+5,000 16 L X+20,000 Y+130,000 R0 F9999 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	17 TOOL CALL 0 Z S 0,000 18 L Z+50,000  19 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M05  20 STOP M



## 2.2 Programmierung einer Innenkontur

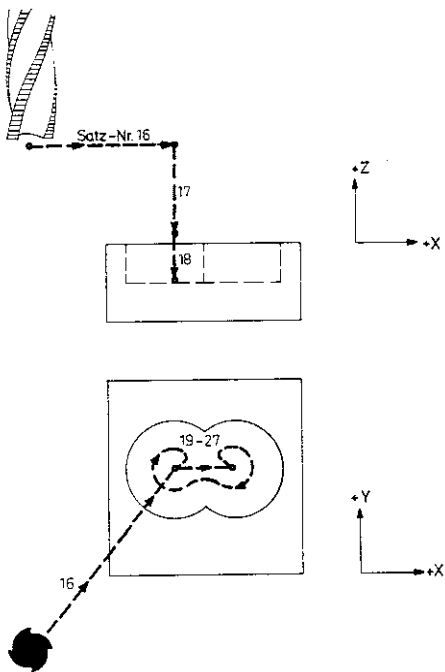
### 2.2.1 mit rechtwinkligen Koordinaten



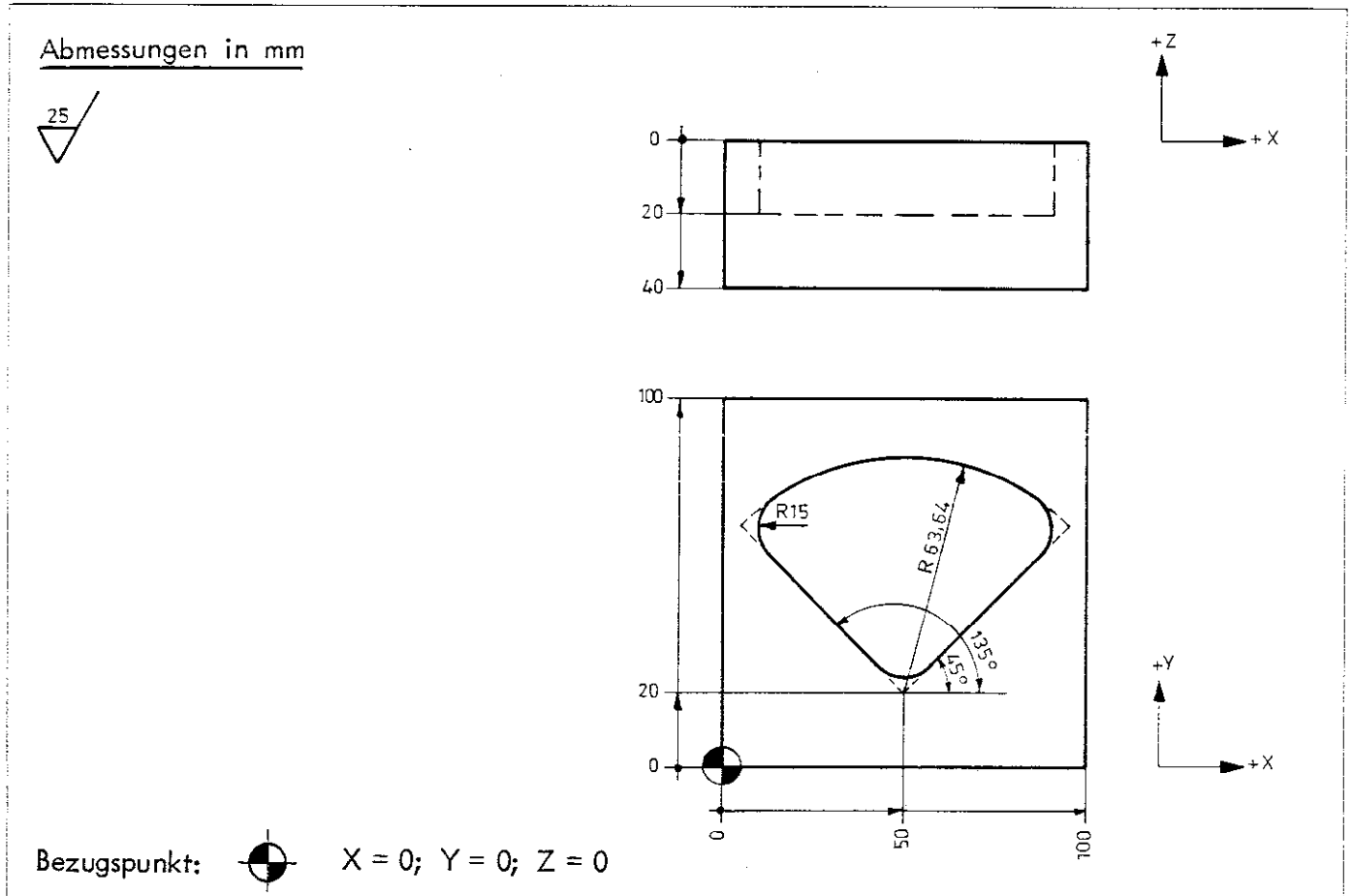
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: 1. Schafffräser (drei Schneiden)  $\varnothing 25$  mm  
2. Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 25$  mm



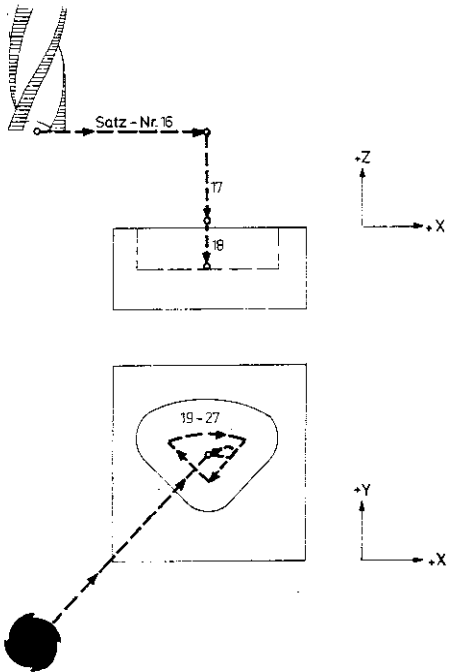
Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 25 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R+12,500  5 STOP M  6 TOOL CALL 1 Z S 180,000
Einstecken des Schafffräasers und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	L  L  L  TOOL CALL L  L	7 L X+35,000 Y+55,000 R0 F9999 M03  8 L Z+2,000 R0 F9999 M  9 L Z-20,000 R0 F20 M Z S 0,000  10 TOOL CALL 0 Z S 0,000 11 L Z+50,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05 12 L X-40,000
Werkzeug-Definition 2, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 2 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 25 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	13 TOOL DEF 2 L .... R+12,500  14 STOP M  15 TOOL CALL 2 Z S 180,000
Positioniersätze zum Startpunkt, tangenciales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangenciales Verlassen der Kontur  	L  L  L  L  L  L  L  RND CC C  CC C  RND L	16 L X+35,000 Y+55,000 R0 F9999 M03  17 L Z+2,000 R0 F9999 M  18 L Z-20,000 R0 F30 M Y+55,000 R0 F30 M Y+75,000 RR F30 M  21 RND R+2,000 22 CC X+65,000 Y+55,000 23 C X+50,000 Y+35,000 DR- RR F30 M  24 CC X+35,000 Y+55,000 25 C X+50,000 Y+75,000 DR- RR F30 M  26 RND R+2,000 27 L X+35,000 Y+55,000 R0 F30 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	28 TOOL CALL 0 Z S 0,000 29 L Z+50,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05  30 L X-40,000  31 STOP M

## 2.2.2 mit Polar-Koordinaten



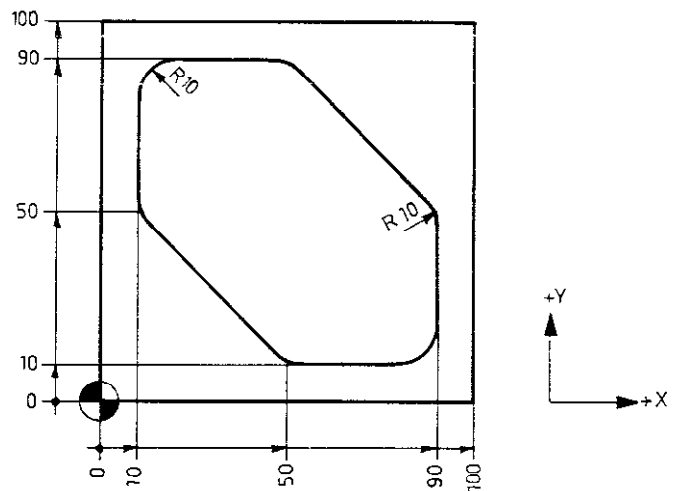
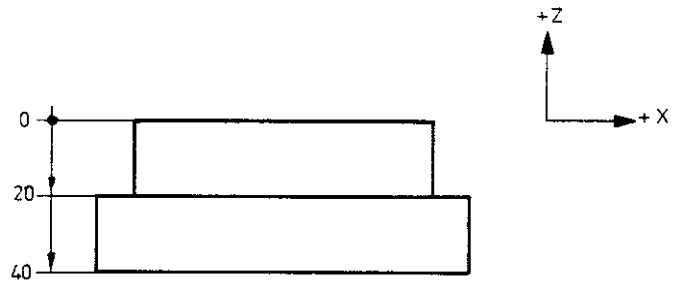
Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: 1. Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing 30$  mm  
2. Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 30$  mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL SET TOOL CALL L  L  LBL SET	1 LBL 1 2 TOOL CALL 0 Z S 0,000 3 L Z+50,000  4 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M R0 F9999 M05 5 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 30 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	6 TOOL DEF 1 L .... R+15,000 7 STOP  8 TOOL CALL 1 Z S 160,000 M
Positioniersätze zum Einstechen des Schafffräasers und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	L  L  L  LBL CALL	9 L X+50,000 Y+55,000 R0 F9999 M03 10 L Z+2,000 R0 F9999 M 11 L Z-20,000 R0 F20 M 12 CALL LBL 1 REP
Werkzeug-Definition 2, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 2 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 30 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	13 TOOL DEF 2 L .... R+15,000 14 STOP  15 TOOL CALL 2 Z S 160,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangentiales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangentiales Verlassen der Kontur  	L  L  L  L  RND L  CC L  C L  RND L	16 L X+50,000 Y+55,000 R0 F9999 M03 17 L Z+2,000 R0 F9999 M 18 L Z-20,000 R0 F25 M 19 L X+75,000 Y+45,000 RR F25 M 20 RND R+5,000 21 L X+50,000 Y+20,000 RR F25 M 22 CC X+50,000 Y+20,000 23 LP PR63,640 PA 135,000 RR F25 M 24 CP PR63,640 PA 45,000 DR- RR F25 M 25 L X+75,000 Y+45,000 RR F25 M 26 RND R+5,000 27 L X+50,000 Y+55,000 R0 F25 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	LBL CALL STOP	28 CALL LBL 1 REP 29 STOP  M

### 3. Ecken - Runden

Abmessungen in mm

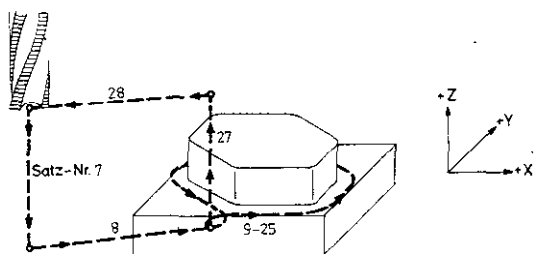


Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

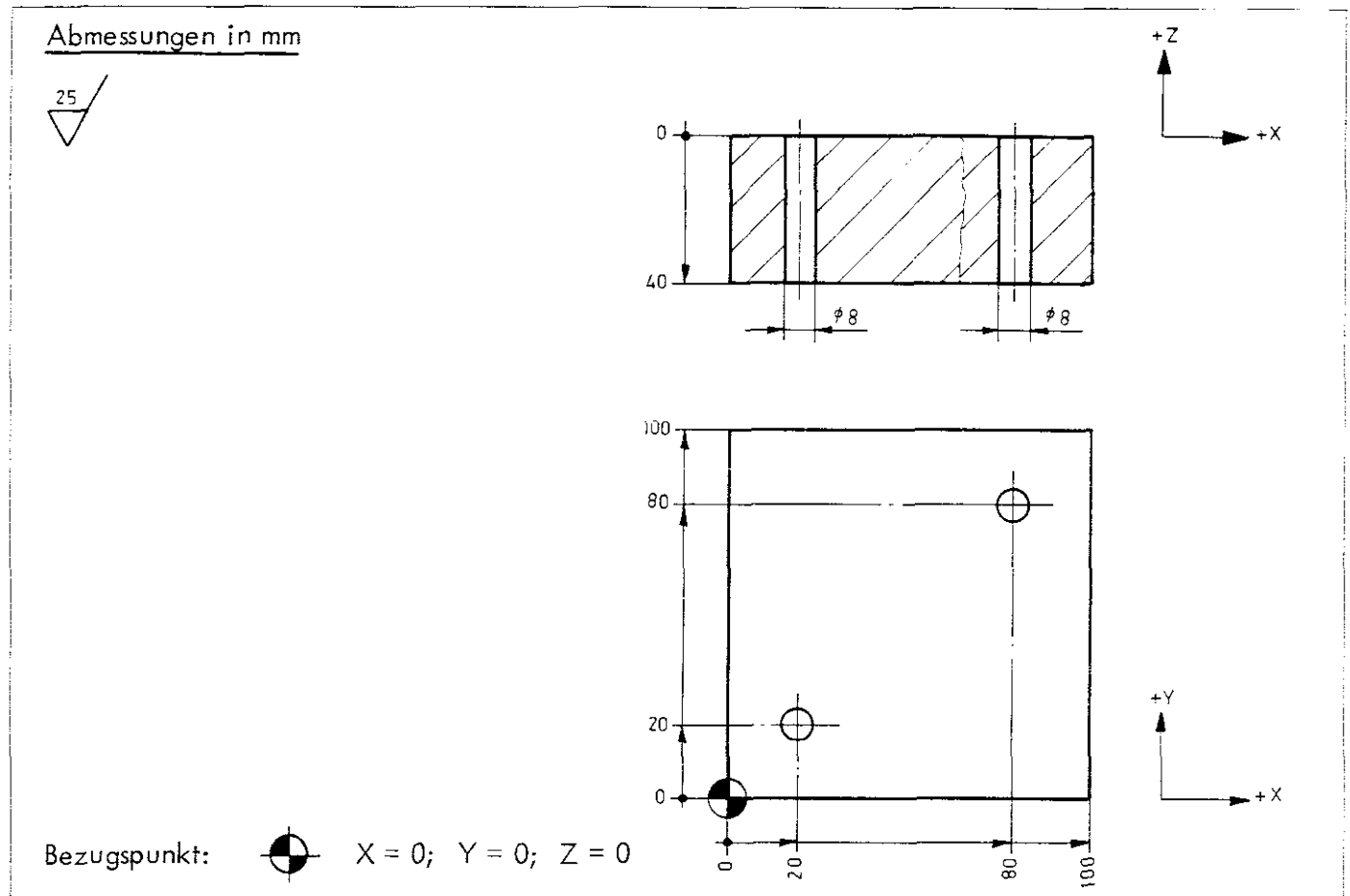
Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden)  $\varnothing 20$  mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L ..... R+10,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 250,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangenciales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangenciales Verlassen der Kontur	L  L  L  RND L  RND L  RND L  RND L  RND L  RND L  RND L  RND L  RND L	7 L Z-20,000  8 L X+65,000 R0 F9999 M03 Y-12,000 R0 F9999 M Y+10,000 RR F40 M  10 RND R+5,000 11 L X+90,000 Y+10,000 RR F40 M  12 RND R+10,000 13 L X+90,000 Y+50,000 RR F40 M  14 RND R+10,000 15 L X+50,000 Y+90,000 RR F40 M  16 RND R+10,000 17 L X+10,000 Y+90,000 RR F40 M  18 RND R+10,000 19 L X+10,000 Y+50,000 RR F40 M  20 RND R+10,000 21 L X+50,000 Y+10,000 RR F40 M  22 RND R+10,000 23 L X+65,000 Y+10,000 RR F40 M  24 RND R+5,000 25 L X+65,000 Y-12,000 R0 F40 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	26 TOOL CALL 0 Z S 0,000 27 L Z+50,000  28 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M05  29 STOP M



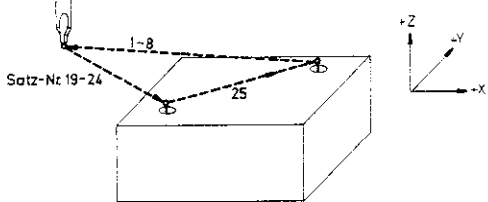
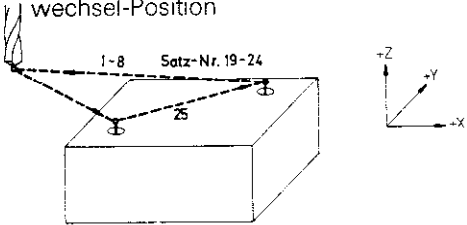
## 4. Programmierung der Bearbeitungszyklen

### 4.1 Raumgerade



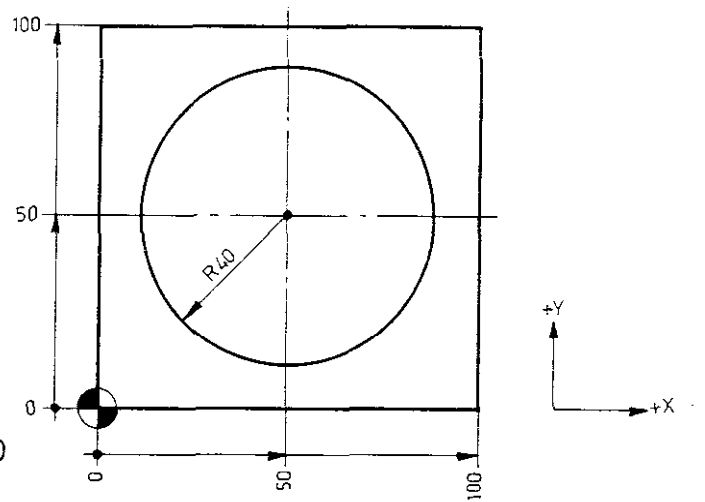
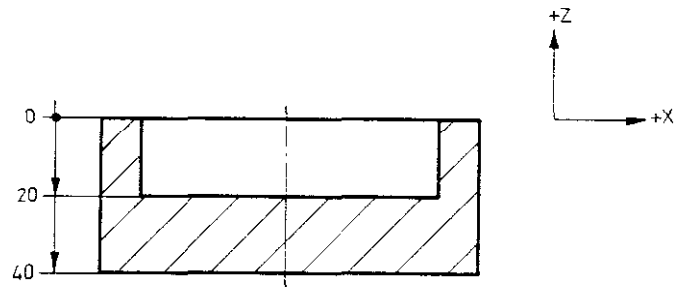
Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: 1. Zentrierbohrer  
2. Spiralbohrer  $\varnothing 8$  mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position mit einer „Raumgeraden“	LBL SET TOOL CALL CYCL DEF - - - - LBL SET	1 LBL 1 2 TOOL CALL 0 Z S 0,000 3 CYCL DEF 0.0 RAUMGERADE 4 CYCL DEF 0.1 X-20,000 5 CYCL DEF 0.2 Y-20,000 6 CYCL DEF 0.3 Z+50,000 7 CYCL DEF 0.4 F9999 M05 8 LBL 0
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Zentrierbohrer	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	9 TOOL DEF 1 L .... R 0,000  10 STOP  M 11 TOOL CALL 1 Z S 1250,000
Definition des Zentriervorganges als Bohrzyklus	CYCL DEF - - - - -	12 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 13 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 14 CYCL DEF 1.2 TIEFE -4,200 15 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -4,200 16 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 17 CYCL DEF 1.5 F180
Anfahren der Bohrungen, Aufruf des Bohrzyklus und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position  	LBL SET CYCL DEF - - - - - CYCL CALL  L  CYCL CALL  LBL CALL LBL SET	18 LBL 2 19 CYCL DEF 0.0 RAUMGERADE 20 CYCL DEF 0.1 X+20,000 21 CYCL DEF 0.2 Y+20,000 22 CYCL DEF 0.3 Z+2,000 23 CYCL DEF 0.4 F9999 M03 24 CYCL CALL  M 25 L X+80,000 Y+80,000 R0 F9999 M  M 26 CYCL CALL  M 27 CALL LBL 1 REP 28 LBL 0
Werkzeug-Definition 2, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 2 Spiralbohrer Ø 8 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	29 TOOL DEF 2 L .... R+4,000  30 STOP  M 31 TOOL CALL 2 Z S 1250,000
Definition des Bohrzyklus	CYCL DEF - - - - -	32 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN 33 CYCL DEF 1.1 ABST -2,000 34 CYCL DEF 1.2 TIEFE -44,000 35 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG -22,000 36 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 0,000 37 CYCL DEF 1.5 F180
Anfahren der Bohrungen, Aufruf des Bohrzyklus und Anfahren der Werkzeugwechsel-Position  	LBL CALL STOP	38 CALL LBL 2 REP 39 STOP  M

4.2 Kreistasche

Abmessungen in mm

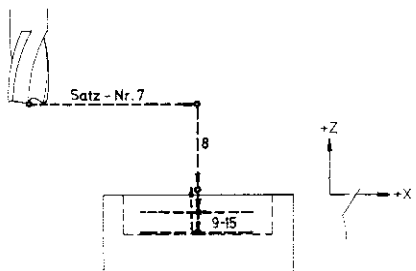
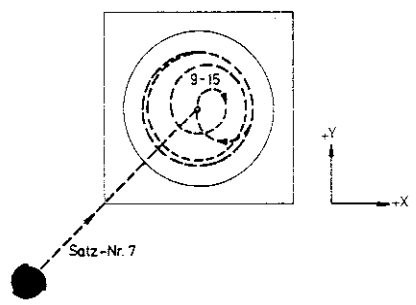


Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

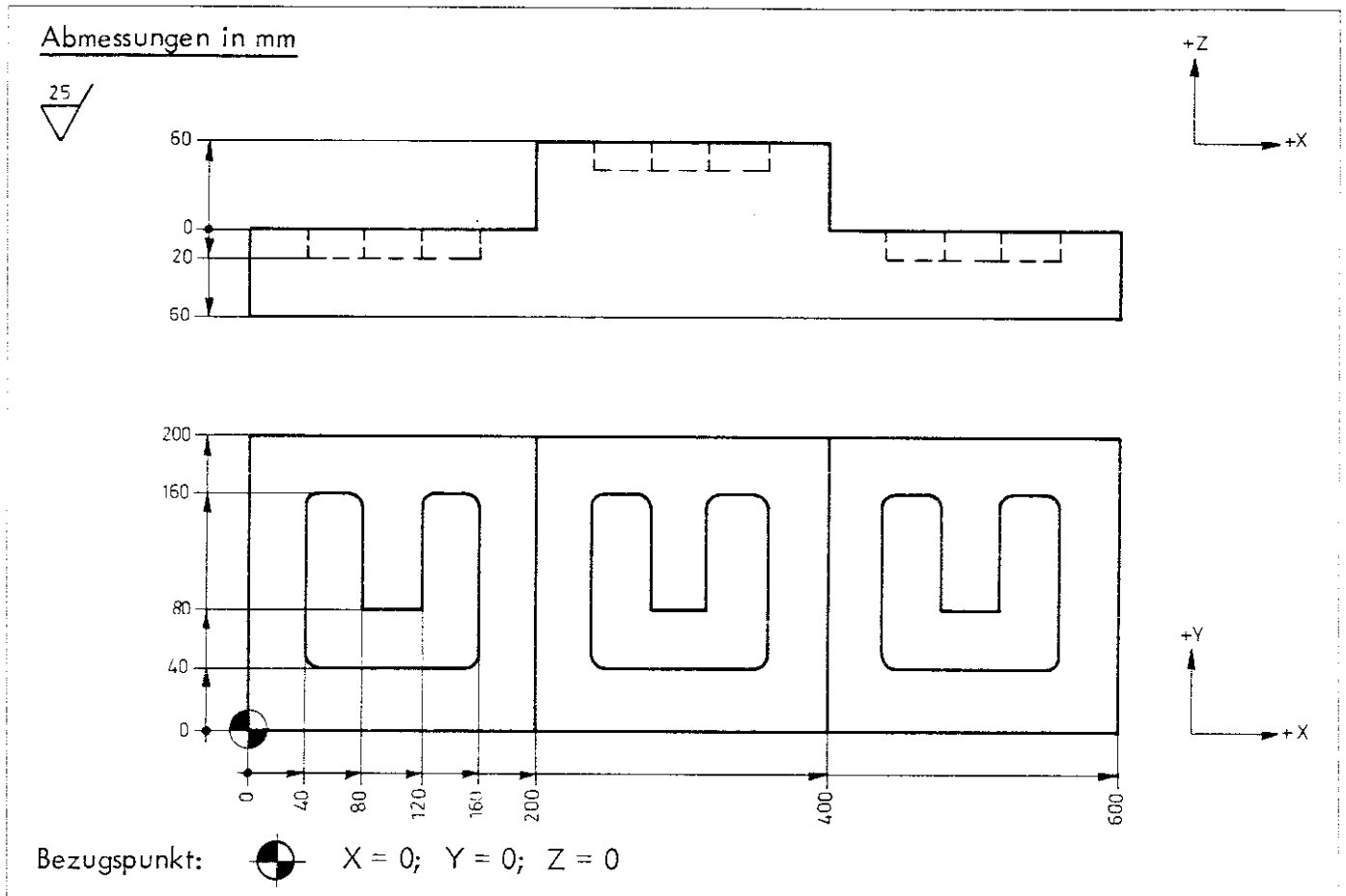
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing 20$  mm



Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000 R0 F9999 M 3 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schaftfräser (drei Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R +10,000 5 STOP 6 TOOL CALL 1 Z S 250,000
Positionierbefehle zum Anfahren der Startposition, Zyklus-Definition und Zyklus-Aufruf   	L L CYCL DEF - - - - - - CYCL CALL  7 L X+50,000 Y+50,000 R0 F9999 M03 8 L Z+2,000 R0 F9999 M 9 CYCL DEF 5.0 KREISTASCHE 10 CYCL DEF 5.1 ABST -2,000 11 CYCL DEF 5.2 TIEFE -20,000 12 CYCL DEF 5.3 ZUSTLG -10,000 F15 13 CYCL DEF 5.4 RADIUS +40,000 14 CYCL DEF 5.5 F30 DR- 15 CYCL CALL M	
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	16 TOOL CALL 0 Z S 0,000 17 L Z+50,000 R0 F9999 M 18 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M05 19 STOP M

### 4.3 Nullpunkt

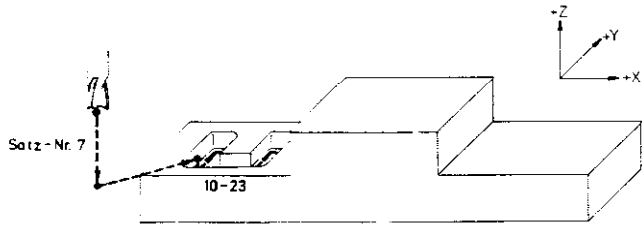
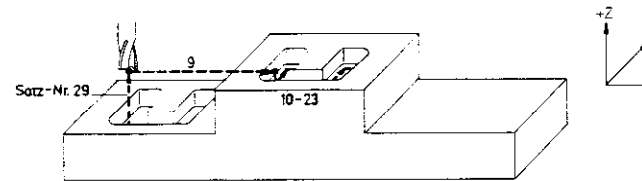
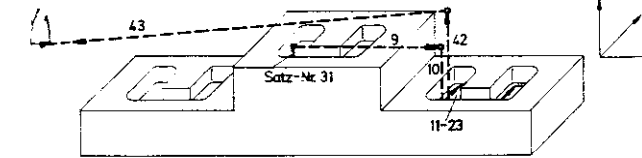


Werkstoff: Stahl St 37

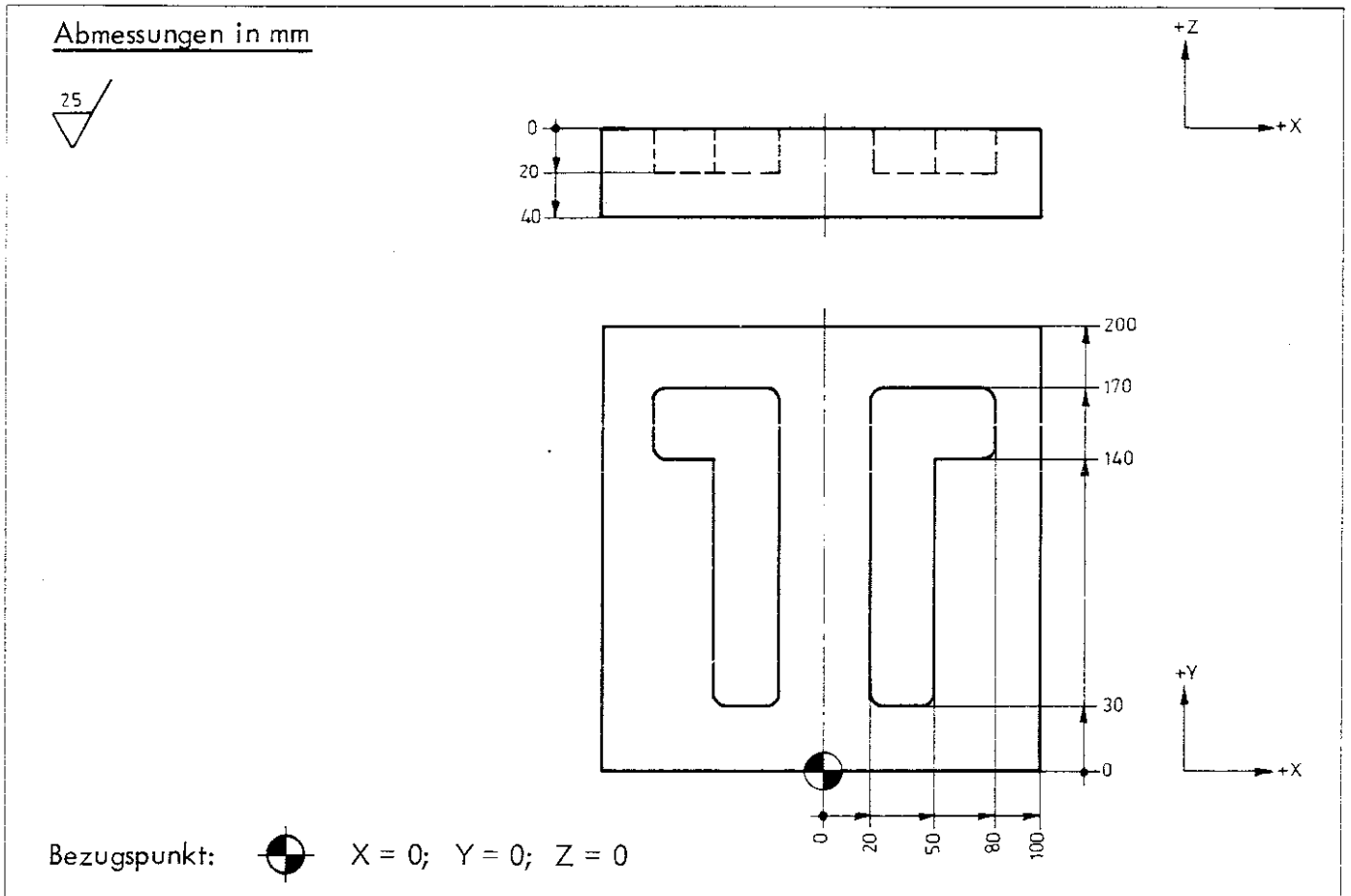
Werkzeug: Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing$  30 mm

### Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+100,000 R0 F9999 M 3 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schaftfräser (drei Schneiden) $\varnothing$ 20 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L ..... R+15,000 5 STOP 6 TOOL CALL 1 Z S 250,000 M

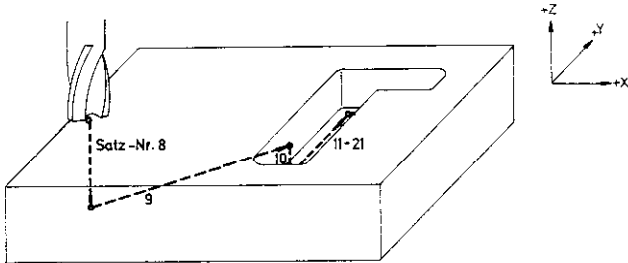
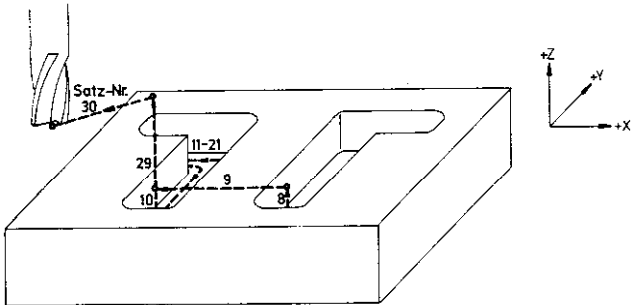
<p>Positioniersätze zum Startpunkt und Fräsen der Kontur</p> 	<p>L</p> <p>LBL SET</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>RND</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>RND</p> <p>L</p> <p>LBL SET</p>	<p>7 L Z+2,000</p> <p>RO F9999 M03</p> <p>8 LBL 1</p> <p>9 L X+60,000 Y+60,000</p> <p>RO F9999 M</p> <p>10 L Z-20,000</p> <p>RO F20 M</p> <p>11 L X+40,000 Y+80,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>12 RND 5,000</p> <p>13 L X+40,000 Y+160,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>14 L X+80,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>15 L Y+80,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>16 L X+120,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>17 L Y+160,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>18 L X+160,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>19 L Y+40,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>20 L X+40,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>21 L Y+80,000</p> <p>RR F20 M</p> <p>22 RND 5,000</p> <p>23 L X+60,000 Y+60,000</p> <p>RO F20 M</p> <p>24 LBL 0</p>
<p>1. Nullpunktverschiebung und Fräsen der Kontur</p> 	<p>CYCL DEF</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>L</p> <p>LBL CALL</p>	<p>25 CYCL DEF 7.0 NULLPUNKT</p> <p>26 CYCL DEF 7.1 X+200,000</p> <p>27 CYCL DEF 7.2 Y+0,000</p> <p>28 CYCL DEF 7.3 Z+60,000</p> <p>29 L Z+2,000</p> <p>RO F9999 M</p> <p>30 CALL LBL 1 REP</p>
<p>2. Nullpunktverschiebung und Fräsen der Kontur</p> 	<p>L</p> <p>CYCL DEF</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>LBL CALL</p>	<p>31 L Z+2,000</p> <p>RO F9999 M</p> <p>32 CYCL DEF 7.0 NULLPUNKT</p> <p>33 CYCL DEF 7.1 X+400,000</p> <p>34 CYCL DEF 7.2 Y+0,000</p> <p>35 CYCL DEF 7.3 Z+0,000</p> <p>36 CALL LBL 1 REP</p>
<p>Abwählen der Nullpunktverschiebung</p>	<p>CYCL DEF</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>	<p>37 CYCL DEF 7.0 NULLPUNKT</p> <p>38 CYCL DEF 7.1 X+0,000</p> <p>39 CYCL DEF 7.2 Y+0,000</p> <p>40 CYCL DEF 7.3 Z+0,000</p>
<p>Anfahren der Werkzeugwechsel-Position</p>	<p>TOOL CALL</p> <p>L</p> <p>L</p> <p>STOP</p>	<p>41 TOOL CALL 0 Z S 0,000</p> <p>42 L Z+100,000</p> <p>RO F9999 M</p> <p>43 L X-40,000 Y-40,000</p> <p>RO F9999 M05</p> <p>STOP</p> <p>M</p>

#### 4.4 Spiegeln



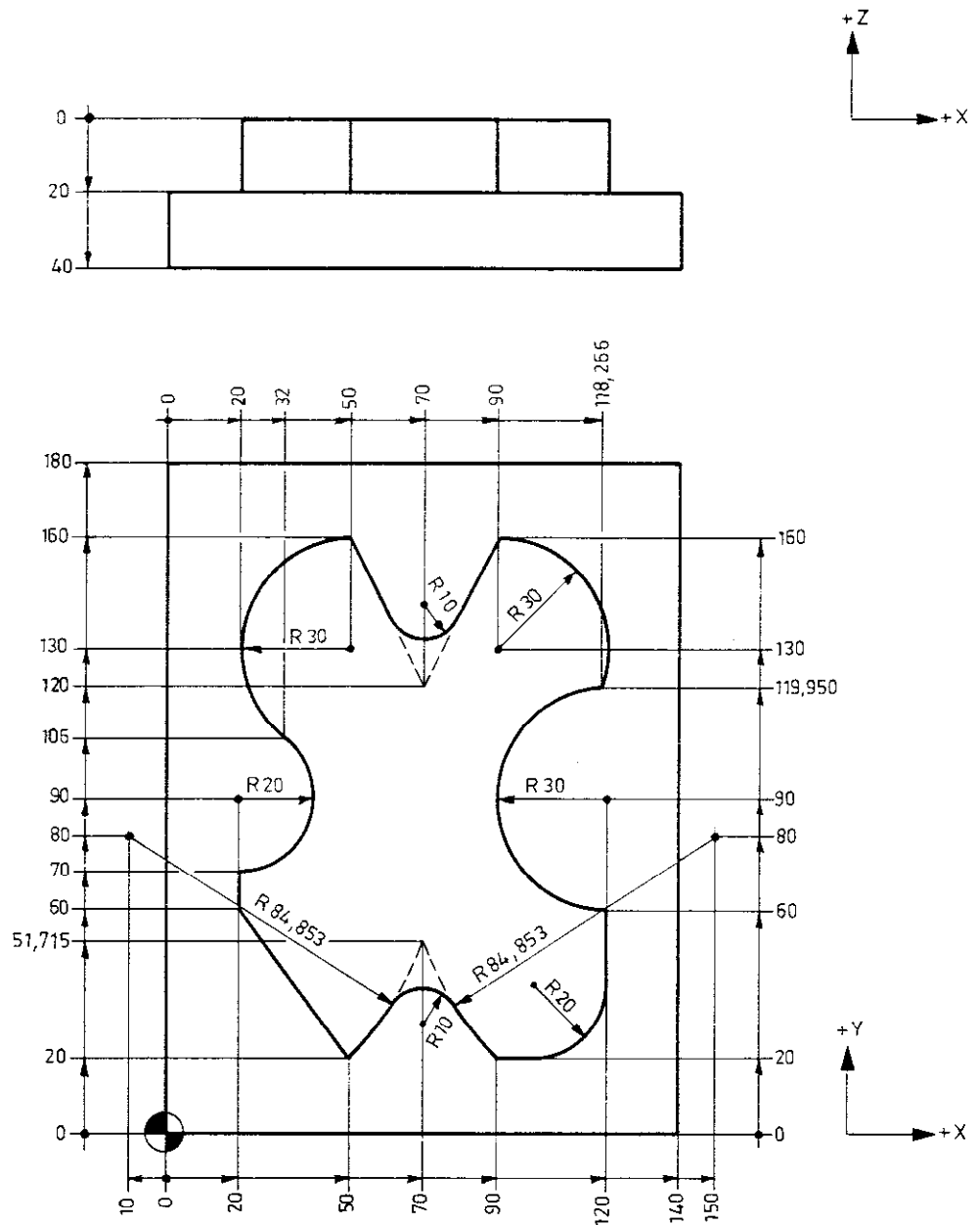
Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Schaftfräser (drei Schneiden)  $\varnothing$  20 mm

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 R0 F9999 M Y-40,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schafffräser (drei Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R+10,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 250,000 M
Positionierbefehle zum Startpunkt und Fräsen der Kontur  	LBL SET L  L  L  L  RND L  L  L  L  L  L  L  L  RND L  LBL SET	7 LBL 1 8 L Z+2,000  9 L X+35,000 Y+50,000 R0 F9999 M03 R0 F9999 M  10 L Z-20,000  11 L X+20,000 Y+70,000 RR F30 M  12 RND 4,000 13 L X+20,000 Y+170,000 RR F30 M  14 L X+80,000 RR F30 M  15 L Y+140,000 RR F30 M  16 L X+50,000 RR F30 M  17 L Y+30,000 RR F30 M  18 L X+20,000 RR F30 M  19 L X+20,000 Y+70,000 RR F30 M  20 RND 4,000 21 L X+35,000 Y+50,000 R0 F30 M
Spiegeln der X-Achse und Fräsen der Kontur  	CYCL DEF - LBL CALL	23 CYCL DEF 8.0 SPIEGELN 24 CYCL DEF 8.1 X 25 CALL LBL 1 REP
Abwählen der Spiegelung	CYCL DEF -	26 CYCL DEF 8.0 SPIEGELN 27 CYCL DEF 8.1
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	28 TOOL CALL 0 Z S 0,000 29 L Z+50,000  30 L X-40,000 Y-40,000 R0 F9999 M05  31 STOP M

# 5. Programmierbeispiel für eine komplizierte Kontur

Abmessungen in mm

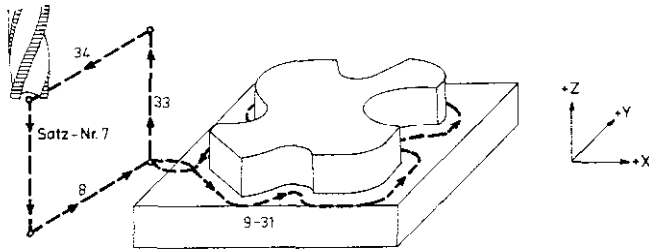


Bezugspunkt: X = 0; Y = 0; Z = 0

Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser  $\varnothing$  20 mm

Werkstoff: Stahl St 37

Vorgang	Dialog-Beginn	Programmsatz-Anzeige
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L	1 TOOL CALL 0 Z S 0,000 2 L Z+50,000  3 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M5 RO F9999 M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 20 mm	TOOL DEF  STOP  TOOL CALL	4 TOOL DEF 1 L .... R+10,000  5 STOP  6 TOOL CALL 1 Z S 250,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, tangenciales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangenciales Verlassen der Kontur	L  L  L  RND L  CC C  CC C  L  RND L  CC C  CC C  L  L  CC C  CC C  L  RND L	7 L Z-20,000  8 L X-12,000 Y+60,000 RO F9999 M03 RO F9999 M Y+60,000 9 L X+20,000 Y+60,000 RR F40 M 10 RND R+5,000 11 L X+50,000 Y+20,000 RR F40 M 12 CC X-10,000 Y+80,000 13 C X+70,000 Y+51,715 DR+ RR F40 M 14 CC X+150,000 Y+80,000 15 C X+90,000 Y+20,000 DR+ RR F40 M 16 L X+120,000 Y+20,000 RR F40 M 17 RND R+20,000 18 L X+120,000 Y+60,000 RR F40 M 19 CC X+120,000 Y+90,000 20 C X+118,266 Y+119,950 DR- RR F40 M 21 CC X+90,000 Y+130,000 22 C X+90,000 Y+160,000 DR+ RR F40 M 23 L X+70,000 Y+120,000 RR F40 M 24 L X+50,000 Y+160,000 RR F40 M 25 CC X+50,000 Y+130,000 26 C X+32,000 Y+106,000 DR+ RR F40 M 27 CC X+20,000 Y+90,000 28 C X+20,000 Y+70,000 DR- RR F40 M 29 L X+20,000 Y+60,000 RR F40 M 30 RND R+5,000 31 L X-12,000 Y+60,000 RO F40 M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	TOOL CALL L  L  STOP	32 TOOL CALL 0 Z S 0,000 33 L Z+50,000  34 L X-40,000 Y-40,000 RO F9999 M RO F9999 M05 35 STOP M






## Programmierbeispiele TNC 150

Für die 4-Achsen-Bahnsteuerung TNC 150 können alle Programmierbeispiele für die TNC 145 verwendet werden.

Die vierte Achse der TNC 150 kann wahlweise als Rundtisch-Achse oder als lineare Achse eingesetzt werden.

Außerdem unterscheidet sich die TNC 150 von der TNC 145 noch in folgenden Punkten:

- . Jedes Bearbeitungsprogramm wird durch eine Programm-Nummer gekennzeichnet (Programm-Verwaltung)
- . Mit Hilfe der Parameter-Programmierung können z. B. mathematische Funktionen oder Sprungbefehle nach einem Parameter-Vergleich programmiert werden.
- . Die Schraubenlinien-Interpolation ermöglicht z. B. die Herstellung von Innen- und Außen-Gewinden mit großen Durchmessern.
- . Der Zyklus "Raumgerade" wird bei der TNC 150 nicht benötigt, da die Programmierung einer linearen Bewegung mit drei Achsen über die Taste  möglich ist.
- . Bei der Kreis-Interpolation  in Polarkoordinaten entfällt die Eingabe des Kreisradius - es genügt die Angabe des Polarwinkels.
- . Zwei neue Zyklen "Maßfaktor" und "Drehung des Koordinatensystems" bringen vor allen Dingen Vorteile für den Formenbau.
- . Mit der Taste  kann die Eingabe von Positioniersätzen vorzeitig beendet werden.

### 1. Parameter-Programmierung

#### 1.1 Teilkreis

Die Eingabefeinheit der TNC 150 beträgt für Polarkoordinaten-Winkel  $0,001^\circ$ . Sind z. B. 204 Bohrungen auf einem Teilkreis anzuordnen, so ergibt sich ein Winkelschritt von:

$$360^\circ : 204 = 1,764\ 7059^\circ.$$

Ohne Parameter-Programmierung und ohne Bohrzyklen sieht das Programm wie folgt aus:

0	BEGIN	PGM	1		MM
1	CC	X +	0,000	Y +	0,000
2	LP	PR +	70,000	PA +	0,000
				RO F	15999 M
3	LBL	10			
4	LP	PR +	70,000	IPA +	1,765
				R F	M
5	CALL	LBL	10	REP	203/203
6	END	PGM	1		MM

Da für den Polarkoordinaten-Winkel nur drei Stellen nach dem Komma eingegeben werden können - d. h. in unserem Fall  $1,765^\circ$  - ergibt sich ein Fehler von:

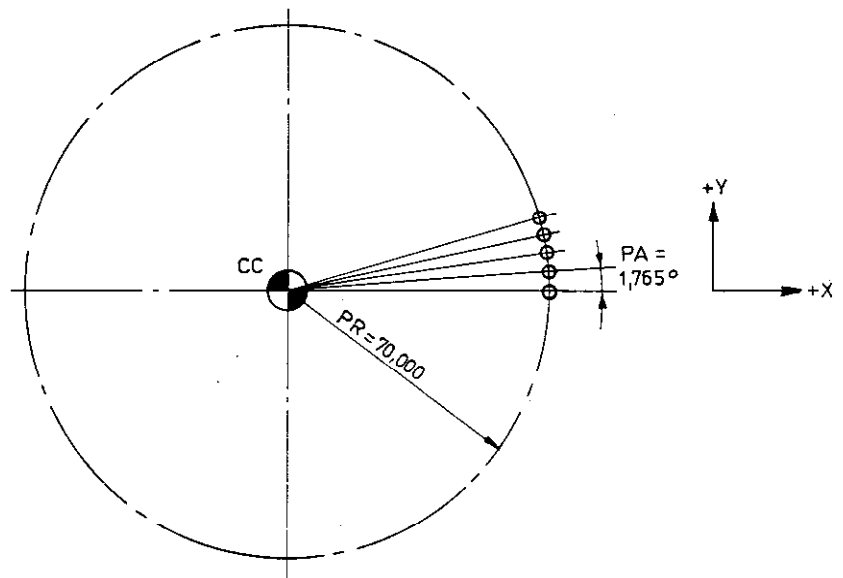
$$0,0002941^\circ \times 204 \approx 0,06^\circ$$

Der Ausgangspunkt für den Lochkreis liegt bei  $X = 70,000$  und  $Y = 0,000$ . Nach 203 Wiederholungen müsste diese Ausgangsposition wieder erreicht sein. Wird das Programm auf der Maschine abgearbeitet, ergibt sich aber als letzte Position  $X = 70,000$ ,  $Y = 0,073$ , entsprechend einem Fehler von ca.  $0,06^\circ$ .

Dieser Fehler läßt sich vermeiden, indem das Programm mit Hilfe der Parameter-Programmierung erstellt wird. Bei der Parameter-Programmierung rechnet die Steuerung wesentlich genauer als drei Stellen nach dem Komma. Wird das folgende Programm auf der Maschine abgearbeitet, so wird die Ausgangsposition  $X = 70,000$ ,  $Y = 0,000$  wieder exakt erreicht.



Abmessungen in mm



Bezugspunkt:  X = 0; Y = 0; Z = 0

Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Parameter-Definition: Q1 = Anzahl der Bohrungen auf dem Teilkreis Q2 = Radius des Teilkreises Q3 = X-Koordinate des Teilkreismittelpunktes Q4 = Y-Koordinate des Teilkreismittelpunktes	0 1 2 3 4	BEGIN PGM 2 MM FN 0: Q1 = + 204,000 FN 0: Q2 = + 70,000 FN 0: Q3 = + 0,000 FN 0: Q4 = + 0,000
Berechnung des Winkelschrittes: Q5 = 360°: Anzahl der Bohrungen Q1	5	FN 4: Q5 = + 360,000 DIV + Q1
Festlegung des Anfangswinkels Q6	6	FN 0: Q6 = + 0,000
Mittelpunkt des Teilkreises	7	CC X + Q3 Y + Q4
Polarradius PR = Q2 Polarwinkel PA = Q6	8 9	LBL 11 LP PR + Q2 PA + Q6 R0 F15999 M
Neuer Winkel Q6 = alter Winkel Q6 + Winkelschritt Q5	10	FN 1: Q6 = + Q6 + + Q5
Wenn der Winkel Q6 kleiner als 361° ist, springe zur Programm-Marke LBL 11	11 12	FN 12: IF + Q6 LT+ 361,000 GOTO LBL 11 END PGM 2 MM

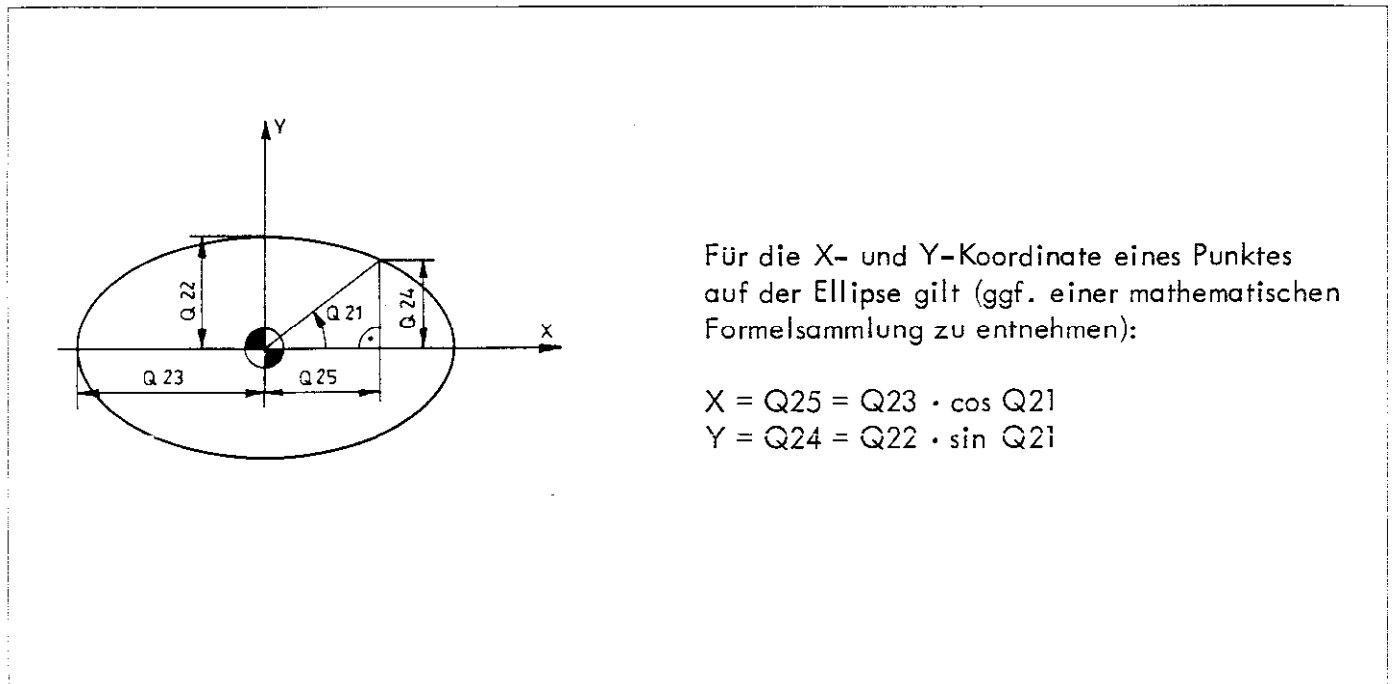
Anmerkung:

Dieses Programm eignet sich auch zur Herstellung von Vielecken.

## 1.2 Ellipse

Mit Hilfe der Parameter-Programmierung können Konturen, die durch mathematische Formeln zu beschreiben sind, durch Vielecke angenähert werden.

Diese Art der Programmierung soll an Hand einer Ellipse demonstriert werden.



Diese beiden Formeln sind die Grundlage für das folgende Programm:

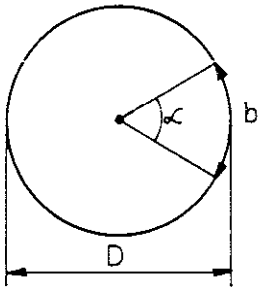
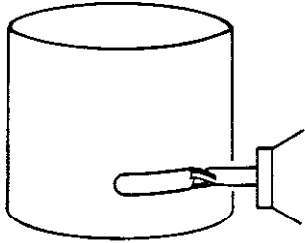
# Bearbeitungsprogramm

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	0	BEGIN PGM 3 MM
	1	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	2	L Z+20,000
	3	L X+70,000 Y+70,000 R0 F15999 M R0 F15999 M
Werkzeug-Definition 1, Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 20 mm programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1	4	TOOL DEF 1 L+ 0,000 R+10,000
	5	STOP M
	6	TOOL CALL 1 Z S 250,000
Positioniersätze zum Startpunkt	7	L Z-15,000 R F M03
	8	L Y+0,000 R F M
Parameter-Definition Q20 = Winkelschritt Q21 = Anfangswinkel Q22 = Y-Halbachse Q23 = X-Halbachse	9	FN 0: Q20 = + 2,000
	10	FN 0: Q21 = + 0,000
	11	FN 0: Q22 = +30,000
	12	FN 0: Q23 = +50,000
Die Koordinaten der Ellipse berechnen sich nach folgender Formel: $Y = Q24 = Q22 \cdot \sin Q21$ $X = Q25 = Q23 \cdot \cos Q21$  Q24 und Q25 werden als Koordinaten für die Linear-Interpolation eingesetzt	13	LBL 1
	14	FN 6: Q24 = SIN + Q21
	15	FN 7: Q25 = COS+ Q21
	16	FN 3: Q24 = + Q24* + Q22
	17	FN 3: Q25 = + Q25* + Q23
	18	L X+Q25 Y + Q24 RR F200 M
Neuer Winkel Q21 = alter Winkel Q21 + Winkelschritt Q20	19	FN 1: Q21 = + Q21 + + Q20
Wenn der Winkel Q21 kleiner ist als 360,1 Grad, auf LBL 1 springen!	20	FN 12: IF + Q21 LT + 360,100 GOTO LBL 1
Die Ellipse ist vollständig bearbeitet, die Kontur wird verlassen	21	L Y + 70,000 R F200 M98
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	22	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	23	L Z+20,000
	24	L X+70,000 Y+70,000 R0 F15999 M R F M05
	25	STOP M
	26	END PGM 3 MM

### 1.3 Umrechnung des Vorschubs von $[\text{mm}/\text{min}]$ in $[\text{°}/\text{min}]$ bei Einsatz eines Rundtisches

Bei der Fräsbearbeitung wird der Vorschub in  $[\text{mm}/\text{min}]$  eingegeben. Für die Bewegung eines Rundtisches muß der Vorschub in  $[\text{°}/\text{min}]$  eingegeben werden. Die Umrechnung des Vorschubs kann mit Hilfe eines Parameter-Programmes erfolgen.

#### A) Fräsbearbeitung während einer Rundtischdrehung



In einer Minute wird der Kreisbogen  $b$  zurückgelegt.

Aus der Mathematik ist bekannt:

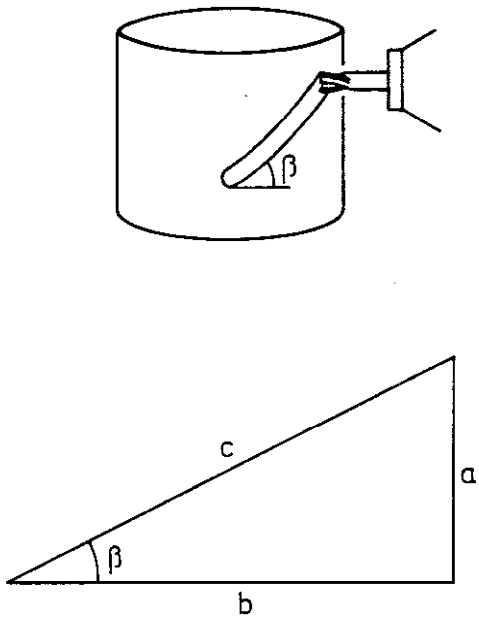
$$b = \frac{D \cdot \pi}{360^\circ} \cdot \alpha$$

Daraus folgt für den Drehwinkel:

$$\alpha = b \cdot \frac{360^\circ}{D \cdot \pi}$$

B) Gleichzeitige Rundtischdrehung und Bewegung einer Linearachse

B1) Der Steigungswinkel  $\beta$  ist bekannt



In einer Minute wird der Weg  $c$  zurückgelegt.

Aus der Mathematik ist bekannt:

$$b = c \cdot \cos \beta.$$

Dieser Ausdruck wird in die Formel

$$\mathcal{L} = b \cdot \frac{360^\circ}{D \cdot \pi} \text{ eingesetzt:}$$

$$\mathcal{L} = c \cdot \frac{360^\circ}{D \cdot \pi} \cdot \cos \beta$$

Den Fall A) kann man nun als Sonderfall betrachten mit  $\beta = 0$ , d. h.  $\cos \beta = 1$ .

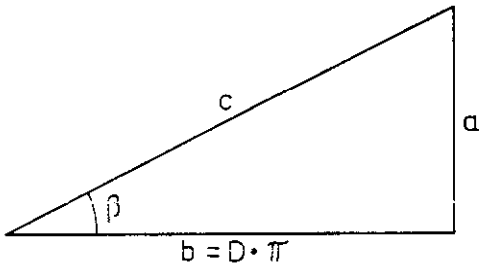
Da sich die vorhergehende Betrachtung auf den pro Minute zurückgelegten Weg  $c$  bezog, kann die Formel wie folgt geschrieben werden:

$$F \left[ \frac{^\circ}{\text{min}} \right] = f \left[ \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] \cdot \frac{360^\circ}{D \left[ \text{mm} \right] \cdot \pi} \cdot \cos \beta$$

Diese Formel lässt sich mit Hilfe der Parameter-Programmierung darstellen:

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Q1 = gewünschter Vorschub [mm/min] Q2 = Werkstück-Durchmesser [mm] Q3 = Steigungs-Winkel [°]	0	BEGIN PGM 4 MM
	1	FN 0: Q1 = + 100,000
	2	FN 0: Q2 = + 120,000
Q5, Q6, Q7 und Q8 sind Parameter für Zwischenergebnisse	3	FN 0: Q3 = + 14,856
	4	FN 3: Q5 = + 360,000* + Q1
	5	FN 3: Q6 = + 3,142* + Q2
Q4 = errechneter Vorschub in [°/min]	6	FN 7: Q7 = cos + Q3
	7	FN 3: Q8 = + Q5* + Q7
	8	FN 4: Q4 = + Q8 DIV + Q6
Der errechnete Vorschub Q4 wird in den entsprechenden Programmsatz übernommen	9	L Z+100,000 C+360,000 R0 FQ4 M03
	10	END PGM 4 MM

B2) Die Steigung in mm/Umdrehung ist gegeben



Aus der Mathematik ist bekannt:

$$\tan \beta = \frac{a}{b}$$

$$\tan \beta = \frac{a}{D \cdot \pi}$$

und

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \beta}}$$

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{D \cdot \pi}\right)^2}}$$

Der Ausdruck für  $\cos \beta$  wird in die Formel

$$\alpha = c \cdot \frac{360^\circ \cdot \cos \beta}{D \cdot \pi}$$

eingesetzt:

$$\alpha = c \cdot \frac{360^\circ \cdot 1}{D \cdot \pi \sqrt{1 + \left(\frac{a}{D \cdot \pi}\right)^2}}$$

$$\alpha = c \cdot \frac{360^\circ}{\sqrt{(D \cdot \pi)^2 + \left(\frac{D \cdot \pi \cdot a}{D \cdot \pi}\right)^2}}$$

$$\alpha = c \cdot \frac{360^\circ}{\sqrt{(D \cdot \pi)^2 + a^2}}$$

Die Formel kann jetzt wie folgt geschrieben werden:

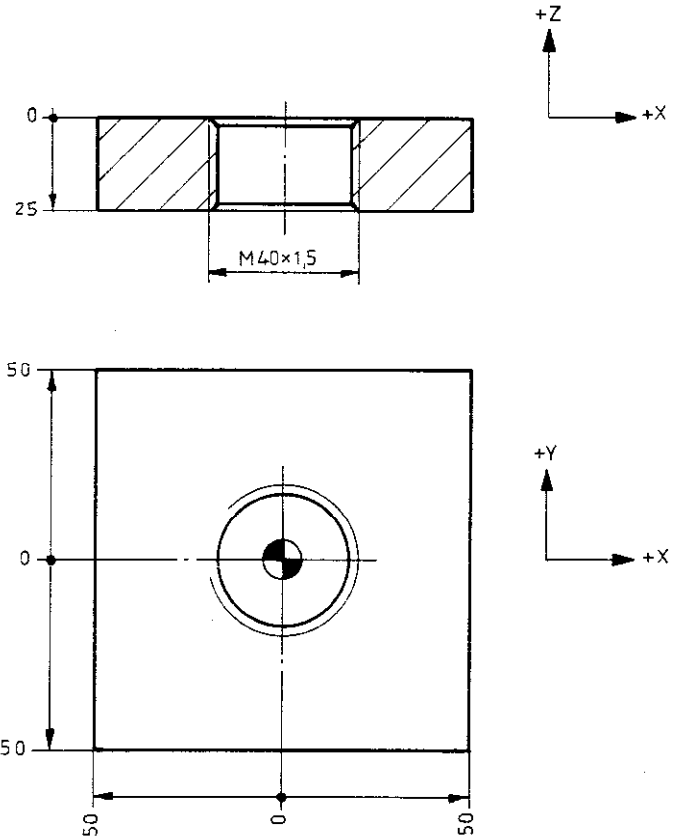
$$F \left[ \frac{^\circ}{\text{min.}} \right] = f \left[ \frac{\text{mm}}{\text{min.}} \right] \cdot \frac{360^\circ}{\sqrt{(D \cdot \pi)^2 + a^2} \text{ mm}}$$

Diese Formel lässt sich wieder mit Hilfe der Parameter-Programmierung darstellen:

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Q1 = gewünschter Vorschub [mm/min] Q2 = Werkstück-Durchmesser [mm] Q3 = Steigung in [mm/Umdr.]	0	BEGIN PGM 5 MM
	1	FN 0: Q1 = + 100,000
	2	FN 0: Q2 = + 120,000
	3	FN 0: Q3 = + 100,000
Q5, Q6 und Q7 sind Parameter für Zwischenergebnisse  Q4 = errechneter Vorschub in [°/min]	4	FN 3: Q5 = + 360,000* + Q1
	5	FN 3: Q6 = + 3,142* + Q2
	6	FN 8: Q7 = + Q3 LEN + Q6
	7	FN 4: Q4 = + Q5 DIV + Q7
Der errechnete Vorschub Q4 wird in den entsprechenden Programmsatz übernommen	8	L Z+100,000 C+360,000 RO FQ4 M
	9	END PGM 5 MM

## 2. Schraubenlinien-Interpolation

Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

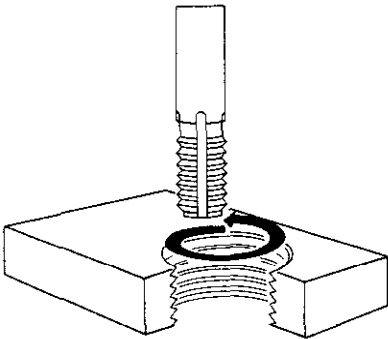
Werkzeug: Gewindefräser für Innengewinde nach DIN 887,  $\varnothing 20$  mm, Steigung 1,5 mm; der Gewindefräser muß länger sein als das zu schneidende Gewinde.



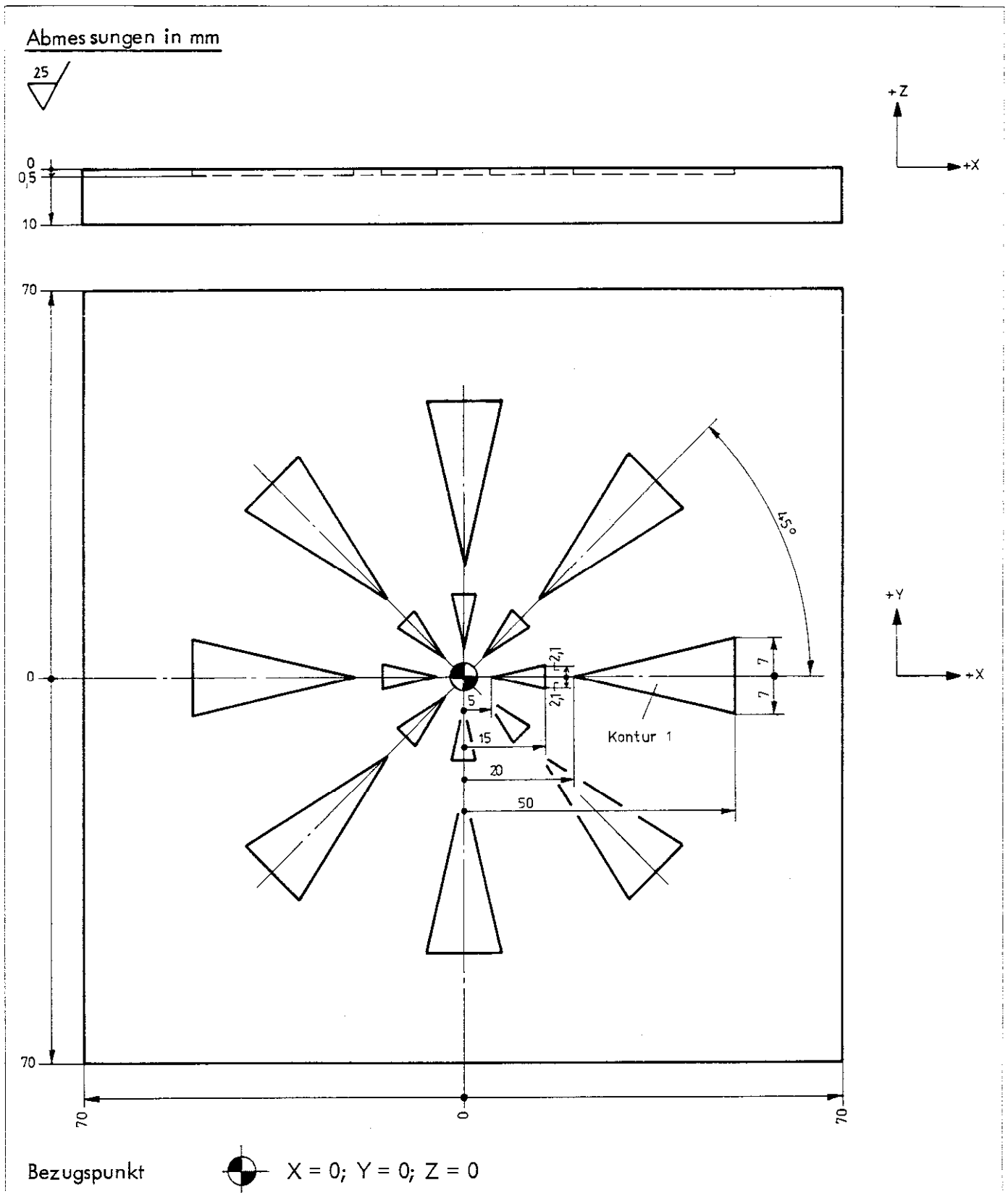
## Bearbeitungsprogramm

Das Werkstück wurde mit einer Bohrung mit dem Kerndurchmesser des Gewindes - in diesem Fall 38,5 mm - versehen. Das folgende Programm beschreibt die Herstellung des Innengewindes M40 x 1,5 mm.

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	0	BEGIN PGM 6 MM
	1	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	2	L Z+20,000 R0 F9999 M05
Werkzeug-Definition und Werkzeug-Aufruf	3	L X+ 0,000 Y+ 0,000 R F M
	4	TOOL DEF 100 L+0,000 R+10,000
Anfahren der Start-Position	5	TOOL CALL 100 Z S 250,000
	6	L Z-27,000 R F M03
Fräsen des Gewindes mit Hilfe der Schraubenlinien-Interpolation; das Werkzeug bewegt sich beim Fräsvorgang um die Steigung von unten nach oben	7	L X+20,000 Y+0,000 RL F20 M
	8	CC X+0,000 Y+0,000
Anfahren des Bohrungs-Mittelpunktes und der Werkzeugwechsel-Position	9	CP IPA+360,000 IZ+1,500 DR+ R F M
	10	L X+ 0,000 Y+0,000 R0 F M
	11	L Z+20,000 R0 F9999 M05
	12	END PGM 6 MM

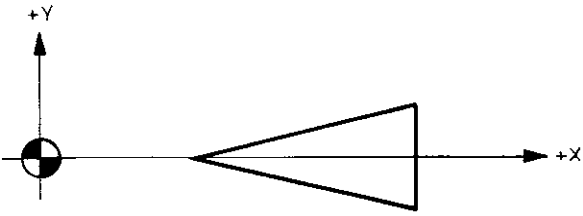


3. Programmierung der Zyklen "Drehung des Koordinatensystems" und "Maßfaktor"



Werkstoff: Stahl St 37


Werkzeug: Gravier-Stichel

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	0	BEGIN PGM 7 MM
	1	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	2	L Z+30,000
	3	L X-40,000 Y-40,000 R0 F15999 M RO F M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Gravier-Stichel	4	TOOL DEF 1 L.... R+0,000
	5	STOP
	6	TOOL CALL 1 Z S 2,800 M
Positioniersätze zum Startpunkt	7	L X+0,000 Y+0,000 R F M03
	8	L Z+2,000 R F M
Gravieren der Kontur 1  	9	LBL 1
	10	L X+20,000 Y+0,000 R F15999 M
	11	L Z- 0,500 R F60 M
	12	L X+50,000 Y-7,000 R F120 M
	13	L Y+ 7,000 R F M
	14	L X+20,000 Y+0,000 R F M
	15	L Z+ 2,000 R F15999 M
Drehen des Koordinatensystems und Wiederholen der Kontur 1	16	CYCL DEF 10.0 DREHUNG
	17	CYCL DEF 10.1 IROT+45,000
	18	CALL LBL 1 REP 7/7
Verkleinern und wiederholen der sternförmigen Kontur	19	CYCL DEF 11.0 MASSFAKTOR
	20	CYCL DEF 11.1 SCL 0,300000
	21	CALL LBL 1 REP 1/1
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	22	L Z+30,000 R F15999 M
	23	L X-40,000 Y-40,000 R F M05
	24	END PGM 7 MM

## Programmierbeispiele TNC 151/ TNC 155

Für die 4-Achsen-Bahnsteuerungen TNC 151/ TNC 155 können alle TNC 150-Programmierbeispiele verwendet werden.

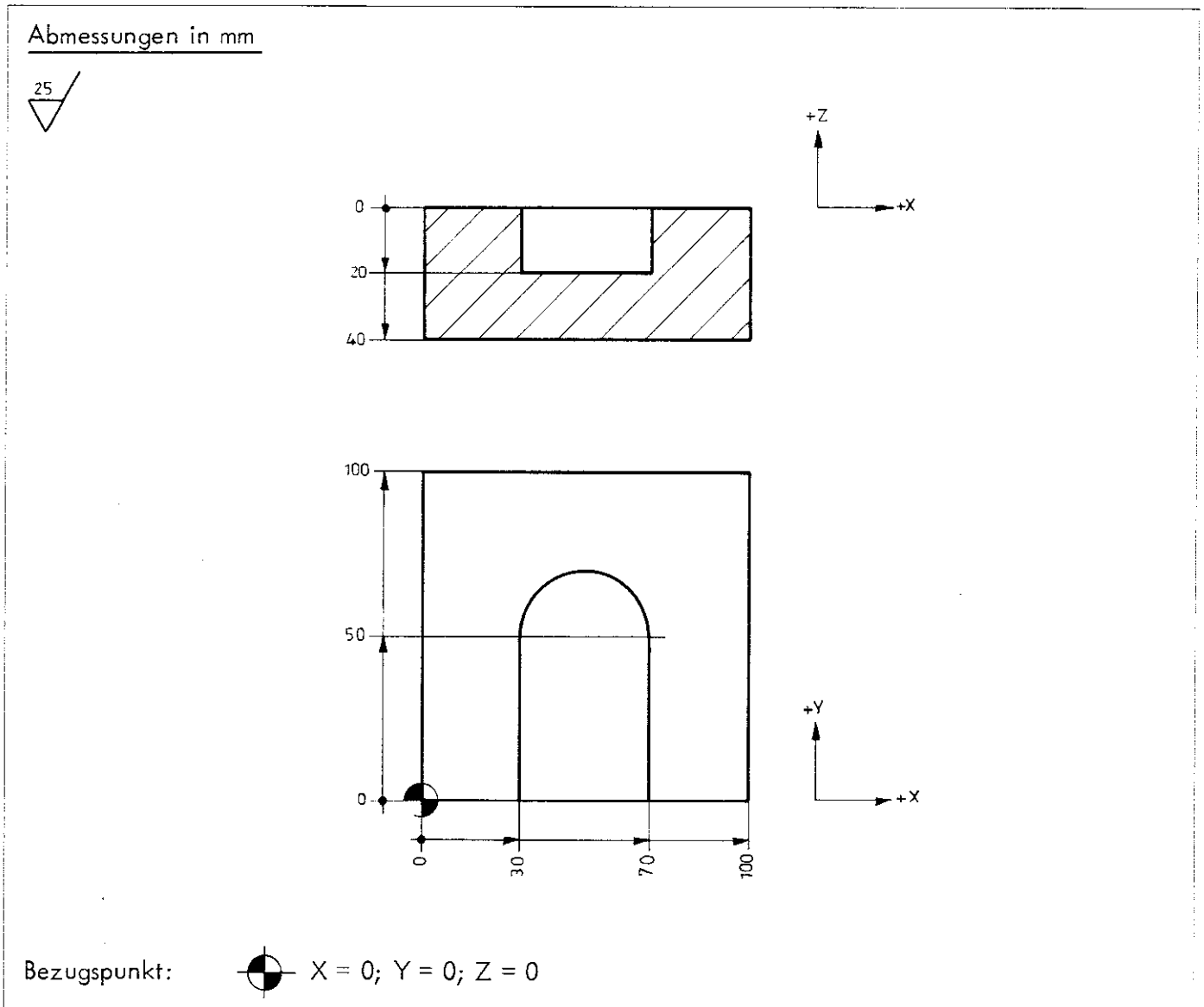
Die TNC 151/ TNC 155 unterscheidet sich von der TNC 150 in folgenden programmierbaren Funktionen:

- einfache Programmierung eines Kreises, der sich tangential an die vorhergehende Kontur anschließt über die Taste .
- Programmierung einer Fase nur durch Angabe der Fasen-Länge
- Programm-Aufruf über PGM CALL oder CYCL CALL

Die TNC 151/ TNC 155 kann wahlweise im HEIDENHAIN-Klartext oder nach DIN 66025 bzw. ISO 6983 programmiert werden.

Außerdem bietet die TNC 155 zur Überprüfung eines Bearbeitungsprogrammes eine sinnvolle und übersichtliche Grafik.

### 1. Tangentialer Kreis an vorhergehende Kontur

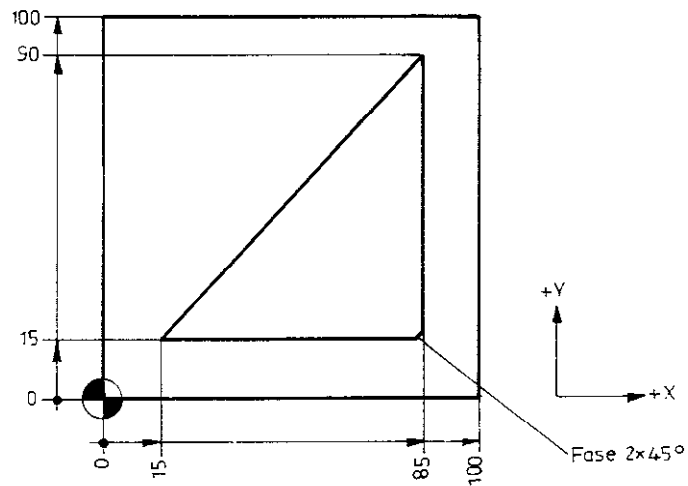
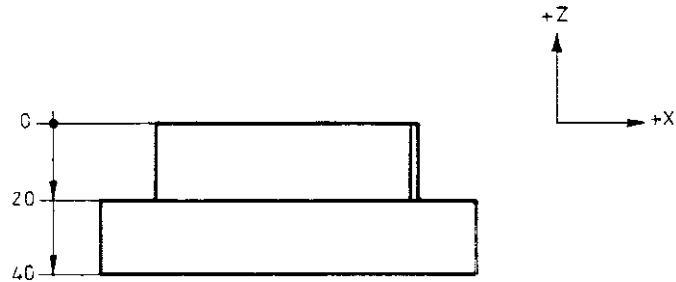


Werkstoff: Stahl St 37

Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden  $\varnothing$  25 mm)

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Rohlings-Definition für die grafische Darstellung	0	BEGIN PGM 1000 MM
	1	BLK FORM 0,1 Z X+ 0,000 Y+ 0,000 Z- 40,000
	2	BLK FORM 0,2 IX+100,000 IY+100,000 IZ+ 40,000
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	3	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	4	L Z+ 50,000
	5	L X- 40,000 R F15999 M Y- 40,000 R0 F M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden Ø 25 mm)	6	TOOL DEF 1 L+ 0,000 R+ 12,500
	7	STOP
	8	TOOL CALL 1 Z S 180,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, Fräsen der Kontur und Verlassen der Kontur	9	L Z- 20,000 R F M03
	10	L X+ 30,000 RR F30 M
	11	L X+ 30,000 Y+ 50,000 R F M
	12	CT X+ 70,000 Y+ 50,000 R F M
	13	L X+ 70,000 Y- 40,000 R F M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	14	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	15	L Z+ 50,000
	16	L X- 40,000 R F15999 Y- 40,000 R0 F M05
	17	END PGM 1000 MM

Abmessungen in mm



Bezugspunkt:   $X = 0; Y = 0; Z = 0$

Werkstoff: Stahl St 37

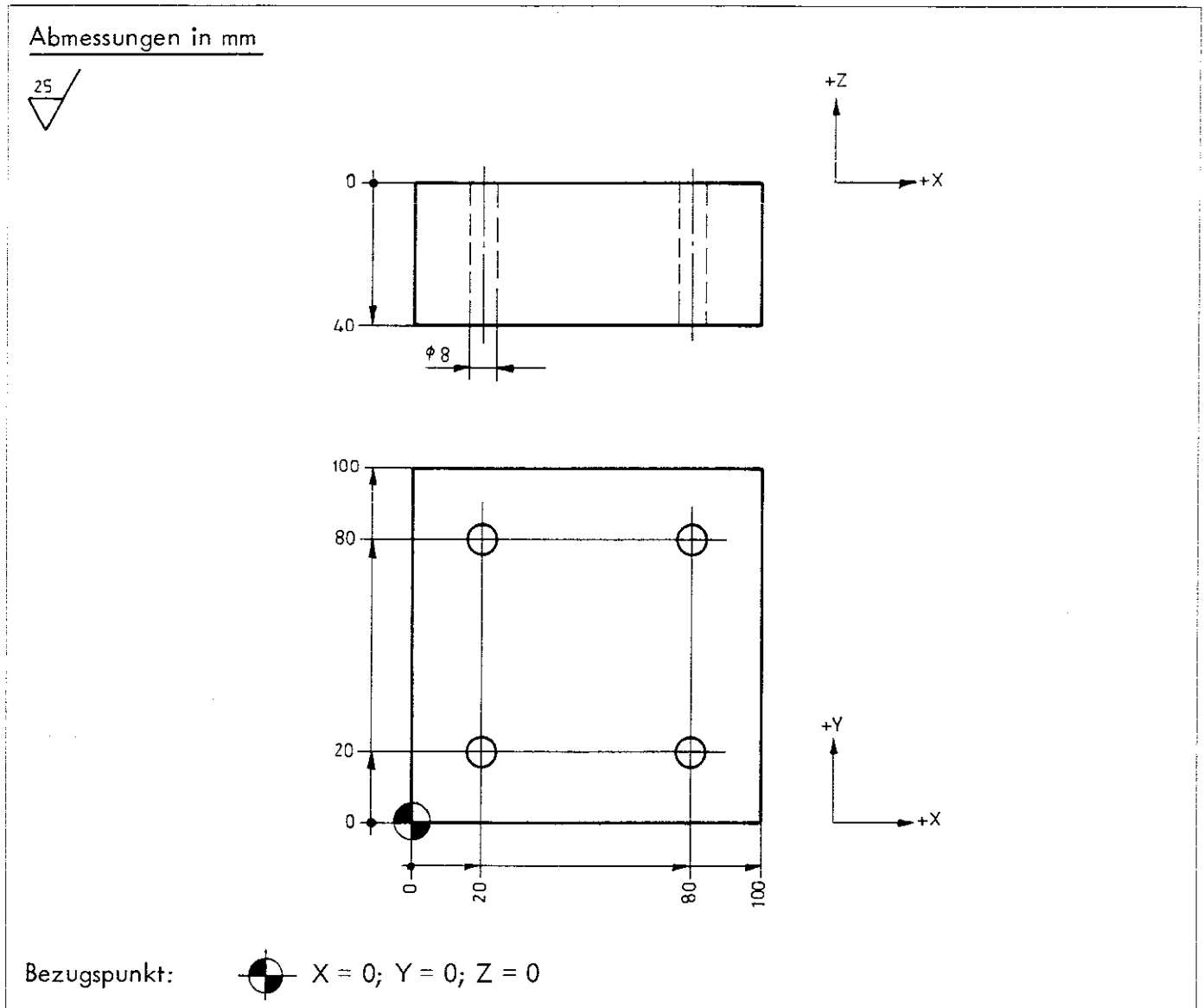
Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden  $\varnothing$  25 mm)

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Rohlings-Definition für die grafische Darstellung	0	BEGIN PGM 2000 MM
	1	BLK FORM 0,1 Z X+ 0,000 Y+ 0,000 Z- 40,000
	2	BLK FORM 0,2 IX+100,000 IY+100,000 IZ+ 40,000
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	3	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	4	L Z+ 50,000
	5	L X- 40,000 R F15999 M Y- 40,000 R0 F M05
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1 Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden Ø 25 mm)	6	TOOL DEF 1 L+ 0,000 R+ 12,500
	7	STOP
	8	TOOL CALL 1 Z S 180,000 M
Positioniersätze zum Startpunkt, Fräsen der Kontur und Verlassen der Kontur	9	L Z- 20,000
	10	L X- 40,000 R F M03 Y+ 15,000 RR F30 M
	11	L X+ 85,000 Y+ 15,000 R F M
Fase	12	L +2,000
	13	L X+ 85,000 Y+ 90,000 R F M
	14	L X+ 15,000 Y+ 15,000 R F M
	15	L X- 40 R0 F M
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	16	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	17	L Z+ 50,000
	18	L X- 40,000 R F15999 M Y- 40,000 R F M05
	19	END PGM 2000 MM

### 3. Frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)

Der fest programmierte Bearbeitungszyklus "Tiefbohren" zieht das Bohrwerkzeug zum Spanbrechen und Ausräumen der Bohrung zur Startposition zurück.

In vielen Fällen genügt zum Spanbrechen ein Anhalten des Vorschubs ohne Rückzug zur Startposition. Dieses Beispiel zeigt wie ein Bearbeitungszyklus "Tiefbohren mit Vorschub-Halt zum Spanbrechen" programmiert werden kann.



Werkstoff: Stahl St 37

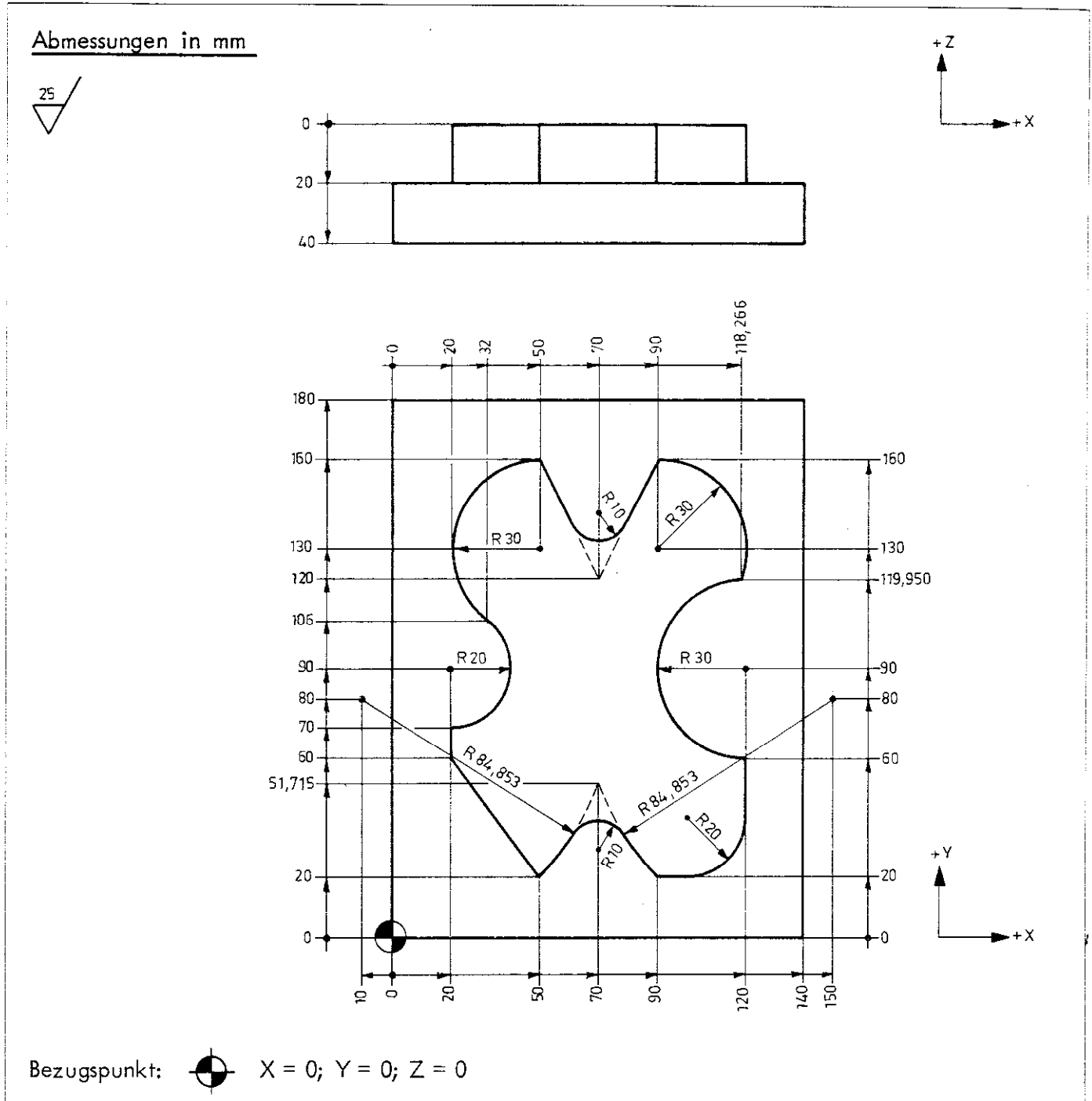
Werkzeug: Spiralbohrer  $\varnothing$  8 mm



Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Rohlings-Definition für die grafische Darstellung	0	BEGIN PGM 1 MM
	1	BLK FORM 0,1 Z X+ 0,000 Y+ 0,000 Z- 40,000
	2	BLK FORM 0,2 IX+100,000 IY+100,000 IZ+ 40,000
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	3	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	4	L Z+ 50,000 R F15999 M
	5	L X- 40,000 Y- 40,000 R0 F M05
Werkzeug-Definition 1, Spiralbohrer Ø 8 mm	6	TOOL DEF 1 L+ 0,000 R+ 4,000
	7	STOP M
	8	TOOL CALL 1 Z S1250,000 M
Parameter-Definition Q0 = Sicherheits-Abstand Q1 = Bohrtiefe Q2 = Zustell-Tiefe Q3 = Vorschub-Halt (Spanbrechzeit in Sekunden) Q4 = Vorschub	9	FN 0 : Q0 = - 2,000
	10	FN 0 : Q1 = - 43,000
	11	FN 0 : Q2 = - 12,000
	12	FN 0 : Q3 = + 1,000
	13	FN 0 : Q4 = +180,000
Das Programm 9999 wird als Bearbeitungszyklus definiert.	14	CYCL DEF 12.0 PGM CALL
	15	CYCL DEF 12.1 PGM 9999
Anfahren der Bohrungen und Zyklus-Aufruf M89 = Zyklus-Aufruf, modal M99 = letzter Zyklus-Aufruf, modale Funktion ist abgewählt.	16	L X+ 20,000 Y+ 20,000 R F M03
	17	L Z+ 2,000 R F M89
	18	L X+ 80,000 Y+ 20,000 R F M
	19	L X+ 80,000 Y+ 80,000 R F M
	20	L X+ 20,000 Y+ 80,000 R F M99
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	21	TOOL CALL 0 Z S 0,000
	22	L Z+ 50,000 R F M
	23	L X- 40,000 Y- 40,000 R F M05
	24	END PGM 1 MM
Das Programm 9999 enthält den Zyklus „Tiefbohren mit Vorschub-Halt zum Spanbrechen“. Dieses Programm ist geschützt (Anzeige P in Satz 0 und 21).	0	BEGIN PGM 9999 MM P
	1	FN 0 : Q5 = +Q2
	2	FN 1 : Q6 = -Q1 + -Q0
	3	L IZ+Q0 R FQ4 M
	4	FN 12 : IF +Q2 LT -Q1 GOTO LBL 3
	5	FN 9 : IF +Q2 EQU -Q1 GOTO LBL 3
	6	LBL 2
	7	L IZ+Q2 R F M
	8	CYCL DEF 9.0 VERWEILZEIT
	9	CYCL DEF 9.1 V.ZEIT Q3
	10	FN 1 : Q7 = -Q1 + +Q5
	11	FN 1 : Q5 = +Q5 + +Q2
	12	FN 11 : IF +Q7 GT -Q2 GOTO LBL 2
	13	L IZ-Q7 R F M
	14	L IZ+Q6 R F15999 M
	15	FN 11 : IF +Q2 GT +Q1 GOTO LBL 4
	16	LBL 3
	17	L IZ+Q1 R FQ4 M
	18	L IZ+Q6 R F15999 M
	19	LBL 4
	20	LBL 0
21	END PGM 9999 MM P	

#### 4. Programmierung im DIN/ISO-Format

Einen Vergleich zwischen HEIDENHAIN-Klartext und DIN/ISO-Programmierung liefert das TNC 145-Programmierbeispiel von Kapitel 5 - programmiert im DIN/ISO-Format in diesem Beispiel.



Werkzeug: Schrupp-Schlichtfräser  $\varnothing 20$  mm

Werkstoff: Stahl St 37

Vorgang	Programmsatz-Anzeige	
	Satz-Nr.	Satz-Inhalt
Rohlings-Definition für die grafische Darstellung	N 5 N 10	%10 G71* G30 G17 X+0 Y+0 Z-40* G31 G91 X+140 Y+180 Z+40*
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position. Im ersten Positioniersatz muß je eine G-Funktion aus den folgenden Gruppen enthalten sein: G17/G18/G19 G00/G01/G02/G03/G06 etc. G40/G41/G42/G43/G44 G90/G91	N 15 N 20	T0 G17 G00 G40 G90 Z+50* X-40 Y-40 M05*
Werkzeug-Definition 1, programmierter Halt und Werkzeug-Aufruf 1, Schrupp-Schlichtfräser (vier Schneiden) Ø 20 mm	N 25 N 30	G99 T1 L+0 R+10 M00* T1 G17 S250*
Positioniersätze zum Startpunkt, tangentiales Anfahren und Fräsen der Kontur, tangentiales Verlassen der Kontur	N 35 N 40 N 45 N 50 N 55 N 60 N 65 N 70 N 75 N 80 N 85  N 90 N 95 N100 N105 N110 N115 N120 N125	Z-20 M03* X-12 Y+60* G01 G42 X+20 Y+60 F40* G26 R5* X+50 Y+20* I-10 J+80 G03 X+70 Y+51, 715* I+150 J+80 G03 X+90 Y+20* G01 X+120 Y+20* G25 R20* X+120 Y+60* I+120 J+90 G02 X+118, 266 Y+119, 95* I+90 J+130 G03 X+90 Y+160* G01 X+70 Y+120* X+50 Y+160* I+50 J+130 G03 X+32 Y+106* I+20 J+90 G02 X+20 Y+70* G01 X+20 Y+60* G27 R5* G40 X-12 Y+60*
Anfahren der Werkzeugwechsel-Position	N130 N135 N9999	T0 Z+50 F15999* X-40 Y-40 M05* %10 G71*



Satz-Nr.	Satz-Inhalt	Bemerkungen
1	1 LBL 1	
2	A Z + 20,000 R0 F9999 M 05	
3	A X - 20,000 R0 F9999	
4	A Y + 20,000 R0 F9999	
5	LBL 0	
6	TOOL DEF 1 LAENGE + 0,000	
7	TOOL DEF 1 RADIUS + 2,000	
8	STOP	
9	TOOL CALL 1 Z S 2500	
10	CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN	
11	CYCL DEF 1.1 ABST - 2,000	
12	CYCL DEF 1.2 TIEFE - 25,000	
13	CYCL DEF 1.3 ZUSTLG - 3,000	
14	CYCL DEF 1.4 V. ZEIT 0	
15	CYCL DEF 1.5 F 200	
16	A X + 100,000 R0 F9999	
17	A Y - 20,000 R0 F9999	
18	A Z + 2,000 R0 F9999	
19	CYCL CALL M 03	
20	I X + 140,000 R0 F9999	
21	CYCL CALL	
22	I Y - 140,000 R0 F9999	
23	CYCL CALL	
24	I X - 140,000 R0 F9999	
25	CYCL CALL	
26	CALL LBL 1 REP	
27	STOP	
8		
9		
0		



Satz-Nr.	Satz-Inhalt	Bemerkungen
1	TOOL CALL 0 Z S 0.000	
2	L Z + 50,000 R0 F9999	
3	L X - 40,000 Y - 40,000 R0 F9999 M 05	
4	TOOL DEF 1 L 0.000 R + 20.000	
5	STOP	
6	TOOL CALL 1 Z S 112.000	
7	L X + 50,000 R0 F9999 M 03	
8	L Z - 20,000 R0 F9999	
9	L X + 15,000 Y + 15,000 RR F189	
10	RND R + 5,000	
11	CC X + 50,000 Y + 50,000	
12	C X + 50,000 Y + 15,000 DR+ RR F189	
13	RND R + 5,000	
14	L X + 50,000 Y - 40,000 R0 F9999	
15	TOOL CALL 0 Z S 0.000	
16	L Z + 50,000 R0 F9999	
17	L X - 40,000 Y - 40,000 R0 F9999 M 05	
18	STOP	
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		





Satz-Nr.	Satz-Inhalt	Bemerkungen
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		



Satz-Nr.	Satz-Inhalt	Bemerkungen
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		



TNC-Programmierblatt

Satz-Nr.	Satz-Inhalt	Bemerkungen
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
0		

HEIDENHAIN



Adressen *Adresses* Addresses