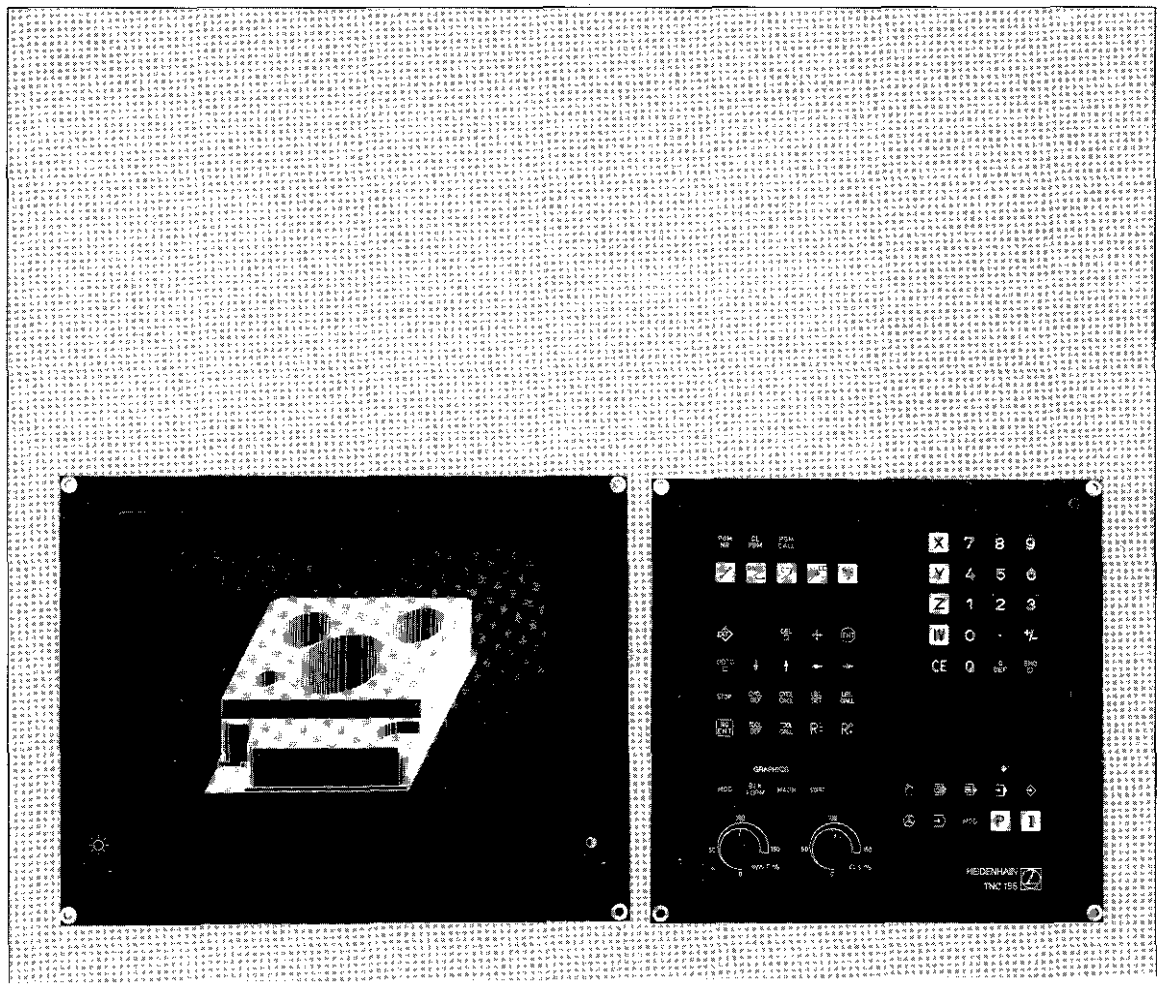
Bedienungs-Handbuch

HEIDENHAIN TNC 155 A/TNC 155 P

Bahnsteuerung

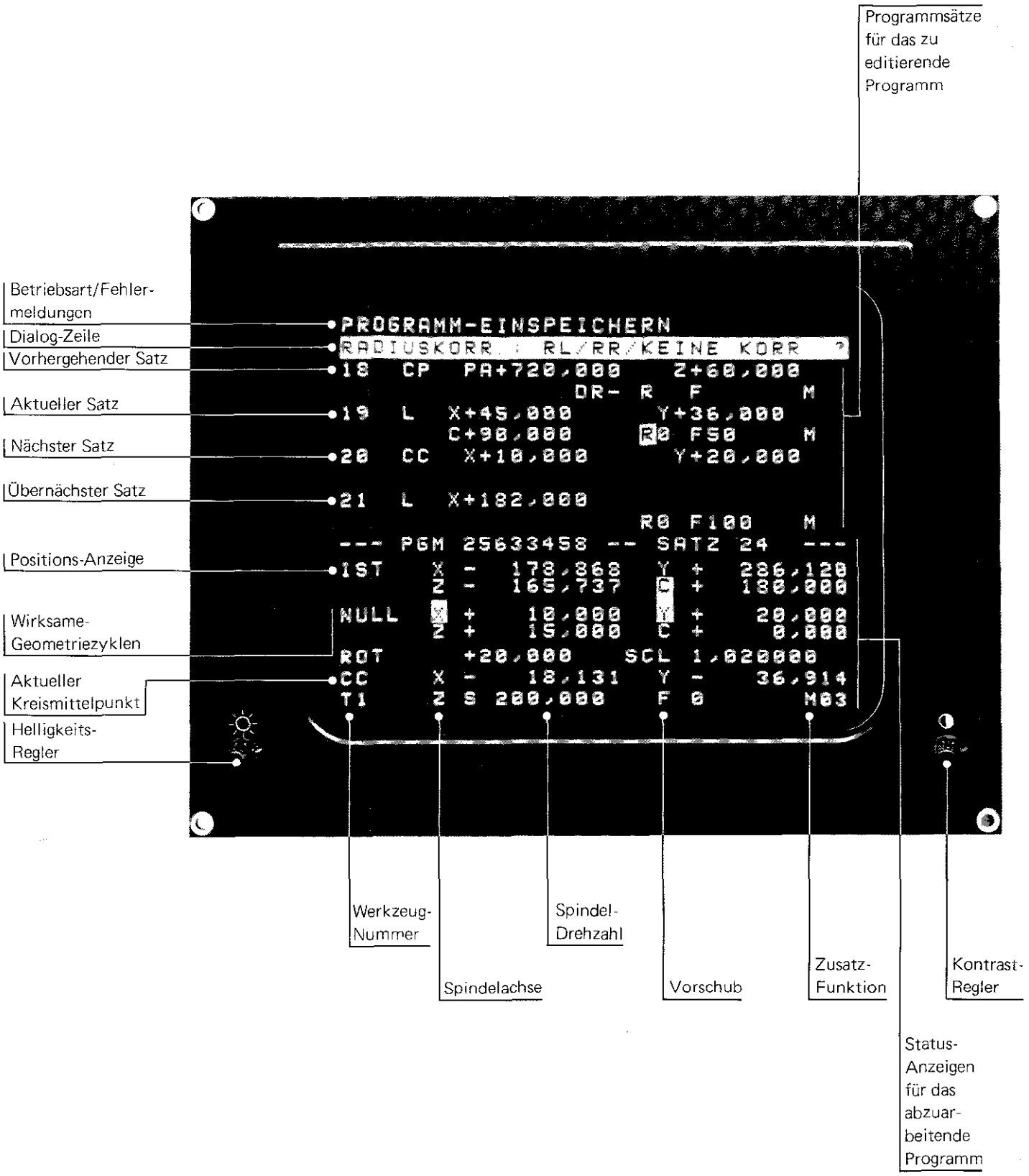
DR. JOHANNES HEIDENHAIN

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

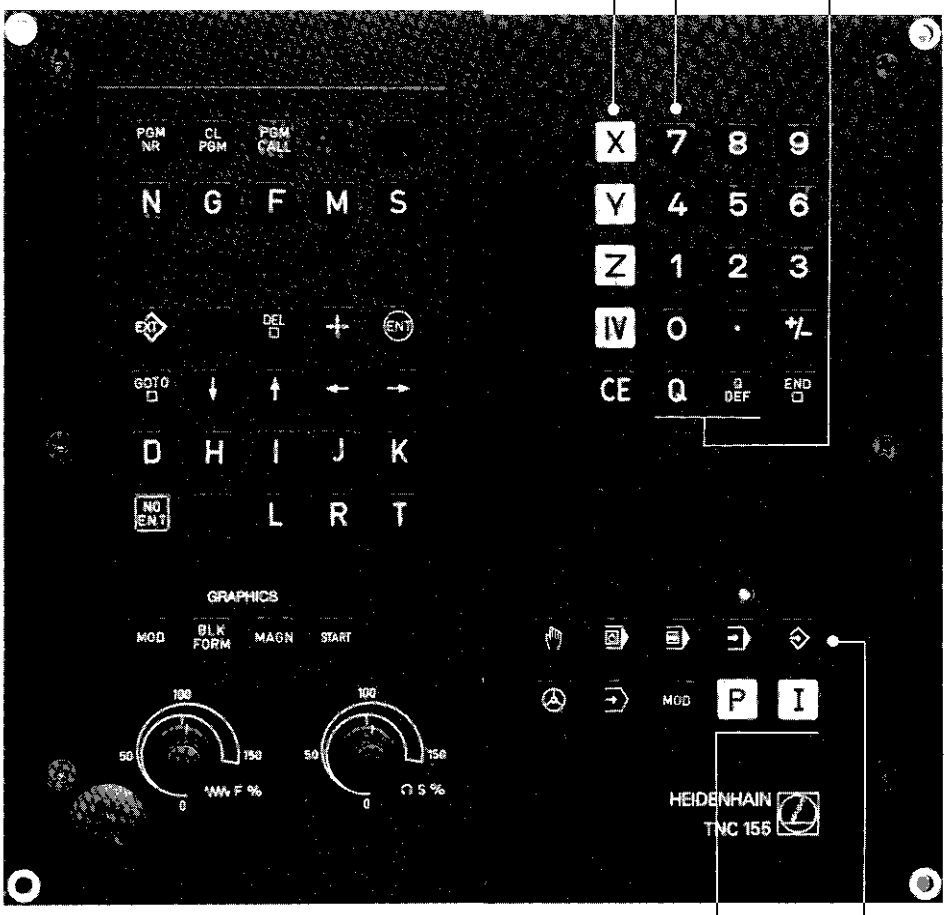


Ausgabe 2/85

Bildschirm-Anzeige



Vorsatz-Tastatur



Polarkoordinaten/Kettenmaß

Betriebsarten

Norm-Tasten:

- **N** Satznummer
- **G** Wegbedingung
- **F** Vorschub/Verweilzeit mit G04/Maßfaktor
- **M** Zusatzfunktion
- **S** Spindeldrehzahl

- **D** Parameter-Definition
- **H** Polarkoordinaten-Winkel/Drehwinkel im Zyklus G73
- **I** X-Koordinate des Kreismittelpunkts
- **J** Y-Koordinate des Kreismittelpunkts
- **K** Z-Koordinate des Kreismittelpunkts

- **L** Setzen einer Label-Nummer mit G98/Sprung auf eine Label-Nummer/Werkzeuglänge mit G99
- **R** Polarkoordinaten-Radius/Rundungsradius mit G25, G26, G27/Fase mit G24 Werkzeugradius mit G99
- **T** Werkzeug-Definition mit G99/Werkzeugaufruf

Tastatur

Programm-Verwaltung

- PGM NR Kennzeichnung und Aufruf von Programmen
- CL PGM Programm löschen
- CALL PGM Aufruf eines Programms in einem anderen Programm

Bahnfunktions-Tasten

- Gerade (Linear-Interpolation) / Fasen
- RND Ecken-Runden/tangentiales Anfahren und Verlassen der Kontur
- CT Anschluß-Kreis (nur Endpunkt)
- CC Kreismittelpunkt/Pol
- C Kreis (mit Mittelpunkt und Endpunkt)

Programmieren und Editieren

- Externe Datenübertragung
- DEL Satz löschen
- Übernahme Positions-Istwert als Eingabewert
- ENT Eingabe übernehmen (Enter)
- GOTO ↓ ↑ ← → Aufsuchen bestimmter Programmteile (Editier-Funktionen)
- STOP Programmierter Halt, Unterbrechen
- CYCL DEF CYCL CALL Definition und Aufruf von Arbeitszyklen
- LBL SET LBL CALL Definition und Aufruf von Programmteilen und Unterprogrammen
- NO ENT Keine Eingabe, Überspringen von Dialogfragen
- TOOL DEF TOOL CALL Definition und Aufruf von Werkzeug und Werkzeug-Korrektur
- R- R+ Bahnkorrektur

Grafik

- MOD Grafik-Betriebsarten
- BLK FORM Festlegen des Rohlings, Rücksetzen auf Rohling
- MAGN Lupe
- START Grafik Start

Eingabewerte und Achswahl

- X Y Z IV Achstasten
- CE Löschen der letzten Eingabe
- END Satz-Eingabe vorzeitig beenden

Parameter-Programmierung

- Q Parameter setzen
- Q DEF Parameter-Definition

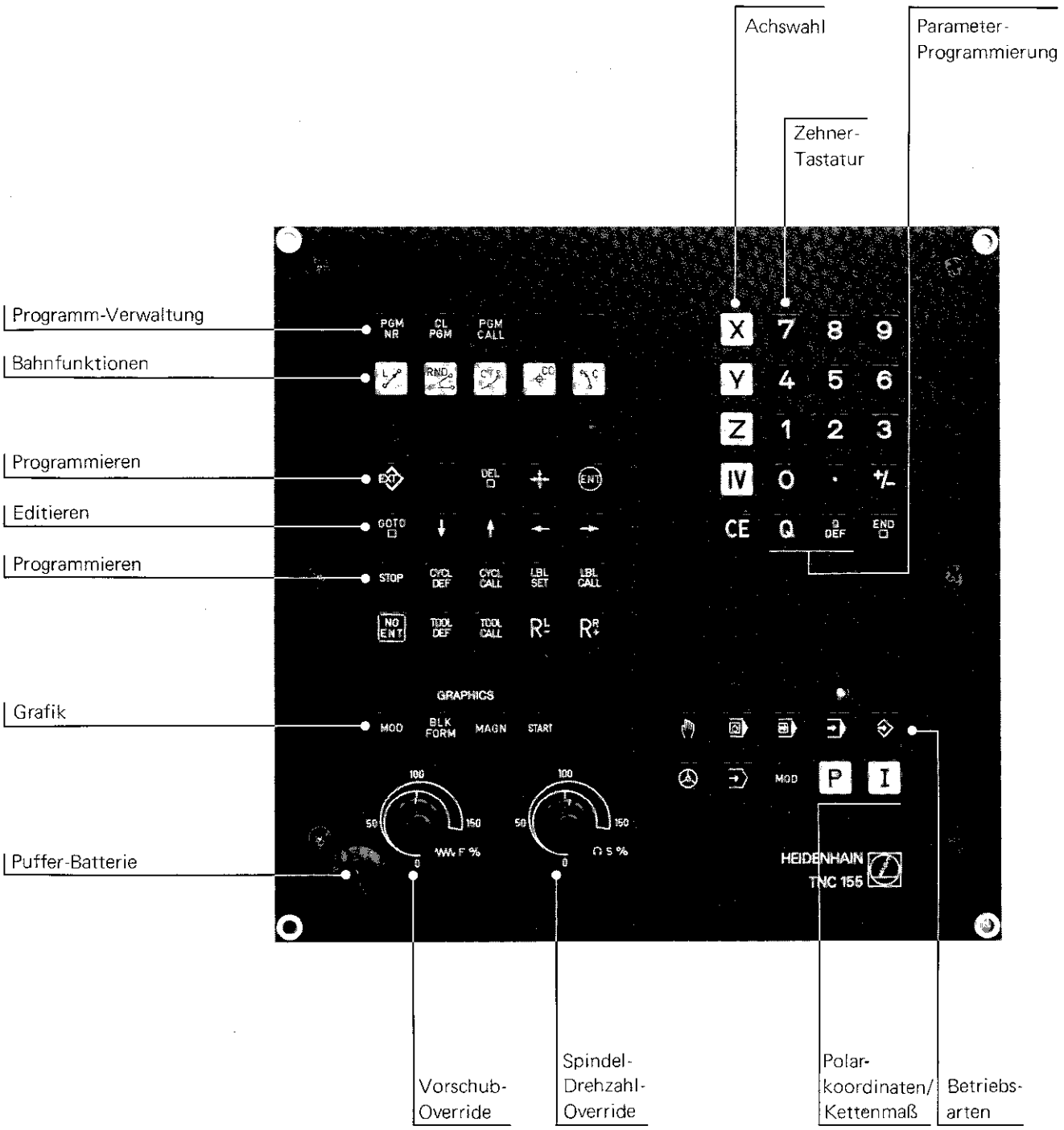
Betriebsarten

- Handbetrieb (TNC arbeitet als Positions-Anzeige)
- Positionieren mit Hand-Eingabe (Positioniersatz wird abgearbeitet, jedoch nicht gespeichert)
- Programmlauf-Einzelsatz (Programm wird Satz für Satz abgearbeitet)
- Programmlauf-Satzfolge (Programm wird kontinuierlich abgearbeitet)
- Programm-Einspeichern (Programm-Eingabe von Hand oder über Schnittstelle)
- Elektronisches Handrad
- Programm-Test (Überprüfen eines Programms ohne Maschinenbewegung)
- MOD Zusatz-Betriebsarten (freie Sätze — mm/inch — Positions-Anzeige groß/klein — Istwert-/Sollwert-/Restweg-/Schleppfehler-Anzeige — Baud-Rate — Arbeitsbereich-Begrenzung — Anwender-Parameter — Schlüsselzahl — NC/PC-Software-Nummer
  Bei DIN/ISO-Programmierung zusätzlich: Satznummer-Schritt

Polarkoordinaten/Kettenmaß

- P Eingabe der Soll-Position in Polarkoordinaten
- I Eingabe der Soll-Position im Kettenmaß (inkremental)

Bedienfeld


Achswahl
Parameter-Programmierung
Zehner-Tastatur
Programm-Verwaltung
Bahnfunktionen
Programmieren
Editieren
Programmieren
Grafik
Puffer-Batterie
PGM NR
CL PGM
PGM CALL
X
Y
Z
IV
CE
7
8
9
4
5
6
1
2
3
0
·
+/-
Q
DEF
END
EXT
DEL
ENT
GOTO
STOP
CYCL DEF
CYCL CALL
LBL SET
LBL CALL
NO ENT
TOOL DEF
TOOL CALL
GRAPHICS
MOD
BLK FORM
MAGN
START
P
I
HEIDENHAIN
TNC 155
Vorschub-Override
Spindel-Drehzahl-Override
Polarkoordinaten/Kettenmaß
Betriebsarten

Dieses Handbuch gilt für alle z. Zt. verfügbaren TNC 155-Versionen:

		TNC 155-Version mit Schnittstelle für **externe** Maschinen-Anpaßsteuerung	TNC 155-Version **mit PC-Leistungsplatine(n)**
Wegmeßsystem-Eingänge	Sinus-Signale	TNC 155 A	TNC 155 P
	Rechteck-Signale	TNC 155 AR	TNC 155 PR

Wir arbeiten ständig an der Weiterentwicklung unserer TNC-Steuerungen. Dadurch bedingt, kann eine bestimmte Steuerung in Details von der in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Version abweichen.

Inhalts-Übersicht

Kurzbeschreibung
Steuerung TNC 155

Steuerungsart

Die TNC 155 von HEIDENHAIN ist eine Bahnsteuerung für 4 Achsen. Die Achsen X, Y und Z sind für Linear-Achsen vorgesehen, die vierte Achse wahlweise zum Anschluß eines Rundtisches oder einer weiteren Linearachse. Die vierte Achse ist jederzeit zu- und abschaltbar.

Die Bahnsteuerung für 4 Achsen ermöglicht:
- Geraden-Interpolation in beliebigen 3 Achsen
- Kreis-Interpolation in zwei Linear-Achsen

Mit Hilfe der Parameter-Programmierung können auch komplizierte Konturen schnell gefertigt werden.

Programm-Eingabe

Die Programm-Eingabe kann wahlweise
- entweder im HEIDENHAIN Klartext-Dialog erfolgen
  oder
- nach DIN 66025 bzw. ISO 6983.

Die Dialog-Texte, Eingabewerte, das Bearbeitungsprogramm und Fehlermeldungen, sowie Positionswerte werden auf dem Bildschirm angezeigt. Der Programmspeicher kann 32 Programme mit insgesamt 3100 Sätzen aufnehmen.
Die Eingabe des Bearbeitungs-Programmes ist entweder durch Eintippen oder "elektronisch" über die Daten-Schnittstelle möglich.
Während der Abarbeitung eines Programms ermöglicht die TNC 155 die Eingabe bzw. das Editieren eines weiteren Programms.

Magnetband-Einheiten

Die HEIDENHAIN Magnetband-Einheiten ME 101/ME 102 wurden für die externe Speicherung von Programmen auf Magnetband-Kassetten entwikkelt. Diese Geräte haben je zwei Schnittstellen, so daß neben der TNC gleichzeitig ein Peripherie-Gerät (z. B. ein Drucker) angeschlossen werden kann.

Kurzbeschreibung
Steuerung TNC 155

Programm-Test

In der Betriebsart "Programm-Test" überprüft die TNC Bearbeitungsprogramme ohne Maschinenbewegung. Es kann eine Bearbeitung in den drei Hauptachsen bei gleichbleibender Werkzeugachse und mit zylindrischem Schaftfräser simuliert werden. Fehler im Programm werden im Klartext angezeigt. Eine weitere Test-Möglichkeit ist durch die grafische Simulation des Programmlaufs gegeben.

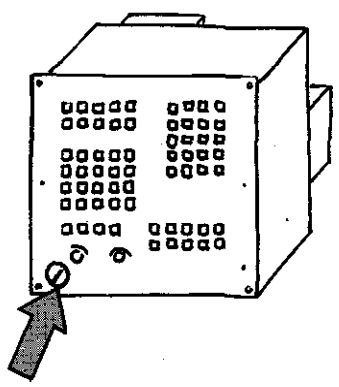
Aufwärts-Kompatibilität

Programme, die auf der TNC 145 oder auf der TNC 150 erstellt wurden, können auch für die TNC 155 verwendet werden. Die Steuerung paßt die Eingabe-Daten an die TNC 155 an.
So ist eine vorhandene TNC 145/TNC 150-Programm-Bibliothek auch für die TNC 155 verwendbar.

Puffer-Batterie wechseln

Die Puffer-Batterie ist die Spannungsquelle für den Speicher mit den Maschinen-Parametern und für den Programmspeicher der Steuerung. Sie befindet sich hinter dem Schraub-Verschluß auf der Frontplatte der Steuerung.
Erscheint der Hinweis
= PUFFER-BATTERIE WECHSELN =
so sind die Batterien auszutauschen. (Die Puffer-Batterie hält mit dem Erscheinen des Hinweises den Speicherinhalt noch mindestens 1 Woche).

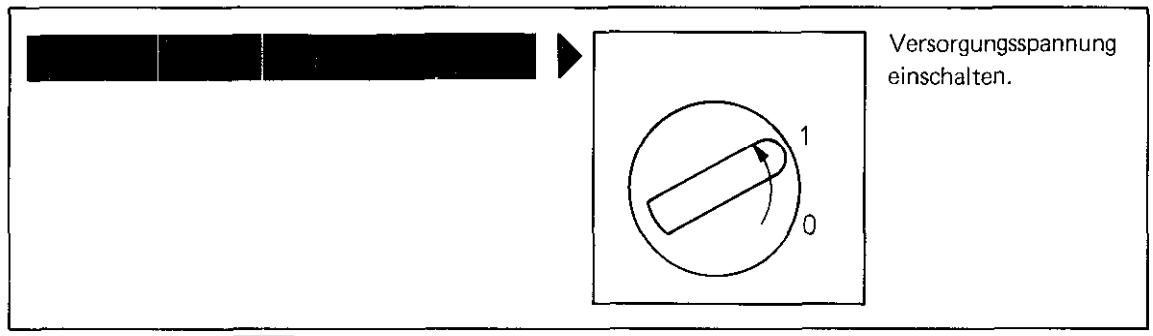
Der Austausch ist bei eingeschalteter Netzspannung vorzunehmen. Die Speicher der TNC werden dann über die Netzspannung mit Strom versorgt. Wird die Puffer-Batterie bei abgeschalteter Steuerung gewechselt, sind alle Daten im Speicher der Steuerung leer; die Maschinen-Parameter müssen dann neu eingegeben werden!



Batterie-Typ
Mignon-Zellen, leak-proof
IEC-Bezeichnung "LRG";
Empfehlung: VARTA Typ 4006

Einschalten der Steuerung
Überfahren der Referenzpunkte

Einschalten



Versorgungsspannung einschalten.

SPEICHER-TEST

STROMUNTERBRECHUNG ▶ CE Hinweis löschen.

STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT ▶ I Steuerspannung einschalten.

REFERENZPUNKT Z-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT X-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT Y-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT 4. ACHSE ANFAHREN

▶ START

Den Referenzpunkt jeder Achse anfahren.
Jede Achse erneut starten.

Die Reihenfolge der Achsen wird vom Maschinen-Hersteller über Maschinen-Parameter festgelegt.

MANUELLER BETRIEB

Für den Ausnahmefall, daß die Referenzpunkte nicht überfahren werden können, ist wie folgt vorzugehen:

Einschalten der Steuerung
Überfahren der Referenzpunkte

REFERENZPUNKT Z-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT X-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT Y-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT 4. ACHSE ANFAHREN

MOD — Zusatzbetriebsart anwählen.

FREIE SAETZE = 1654

↑ — Die MOD-Funktion "Schlüsselzahl" anwählen.

SCHLUESSEL-ZAHL =

Schlüsselzahl **84159** eingeben.

ENT — Eingabe übernehmen.

ACHTUNG: KEINE VOR-ENDSCHALTER
SCHLUESSEL-ZAHL = 84159
REFERENZPUNKT Z-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT X-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT Y-ACHSE ANFAHREN
REFERENZPUNKT 4. ACHSE ANFAHREN

X — Referenzpunkt der X-Achse anfahren

Y — Referenzpunkt der Y-Achse anfahren

Z — Referenzpunkt der Z-Achse anfahren

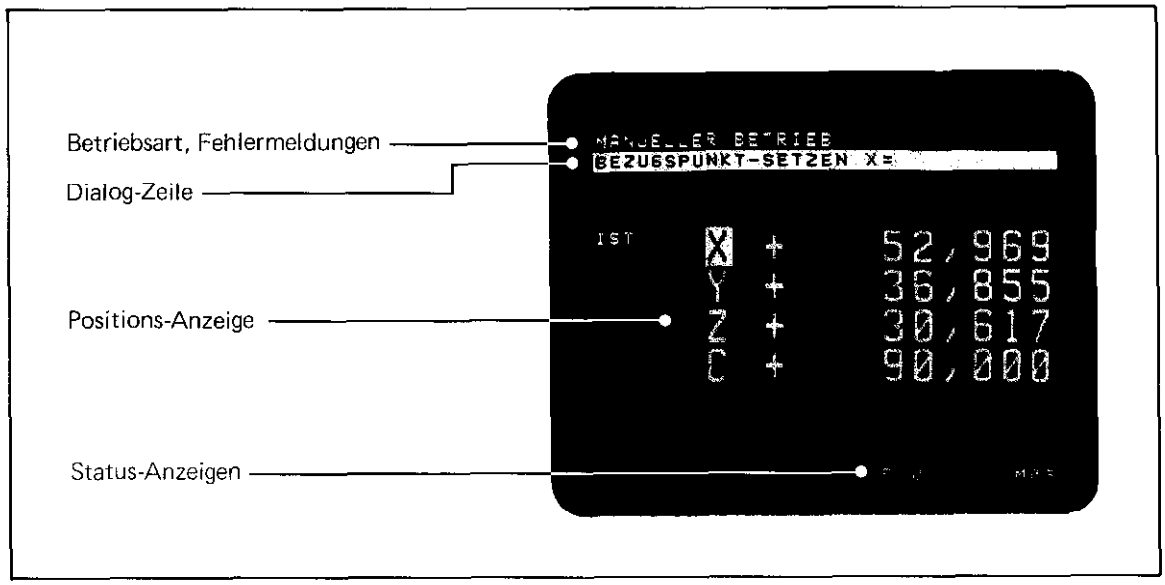
IV — Referenzpunkt der IV-Achse anfahren.

Die Referenzpunkte können in beliebiger Reihenfolge angefahren werden.

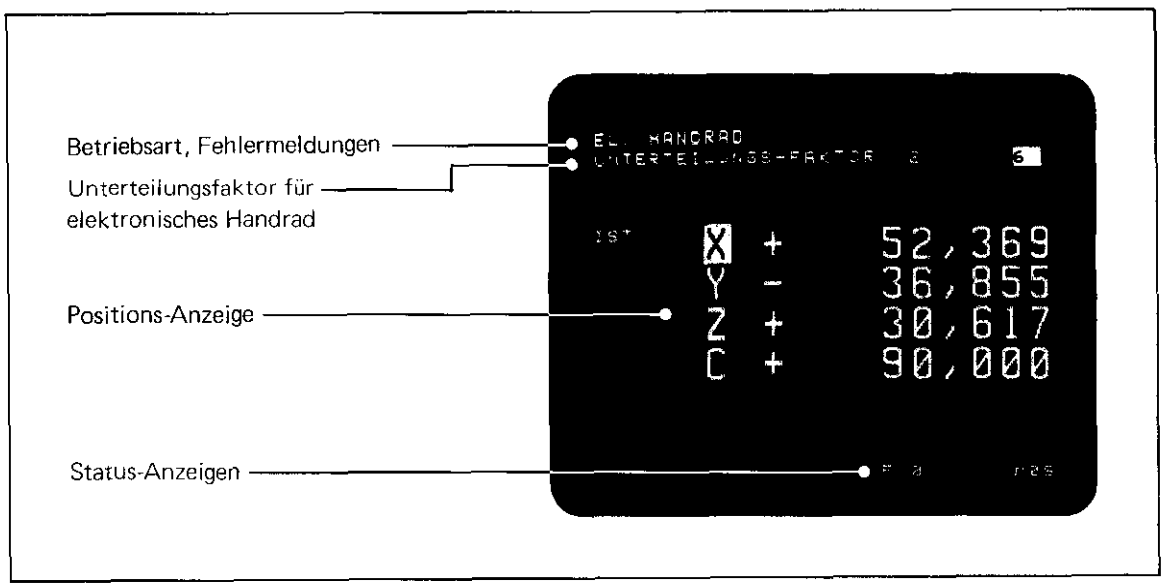
MANUELLER BETRIEB

Betriebsarten und Bildschirm-Anzeigen

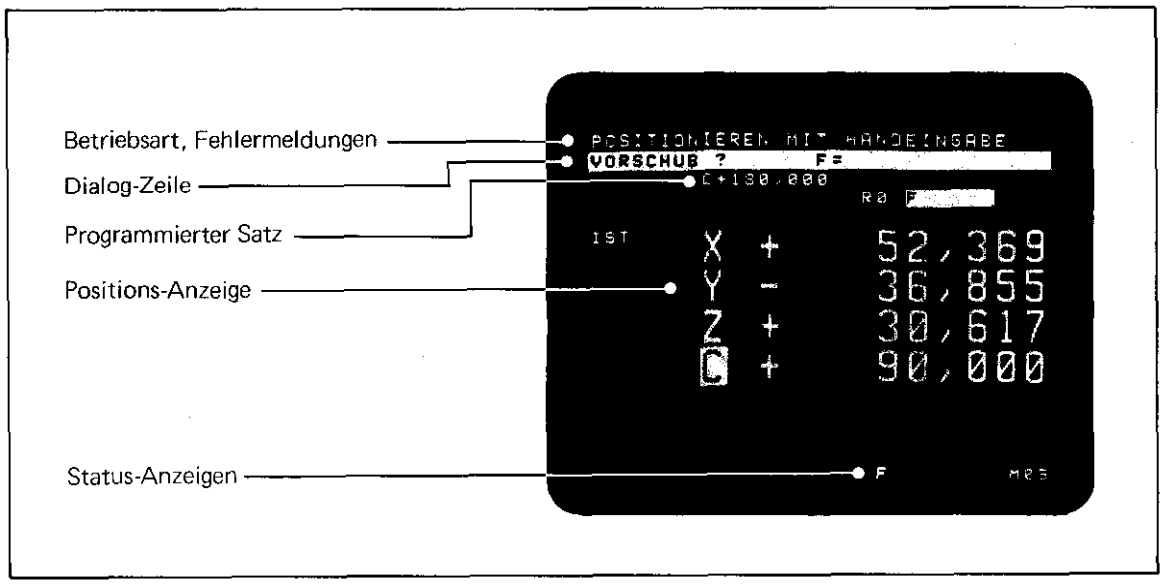
Manueller Betrieb



Elektronisches Handrad

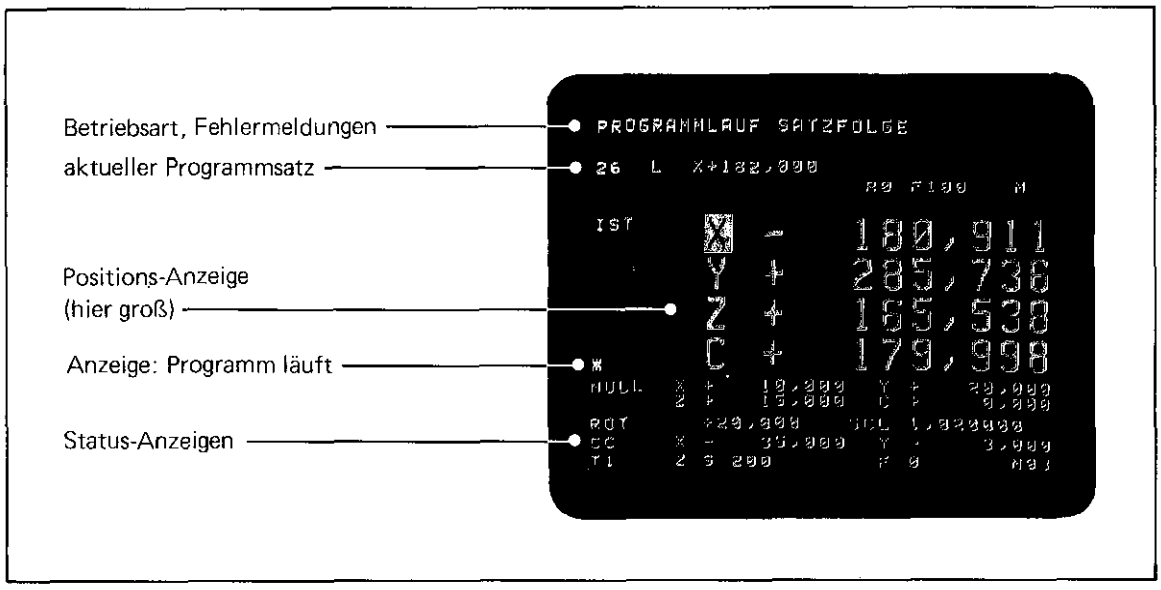


Positionieren mit Handeingabe

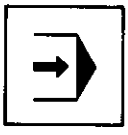


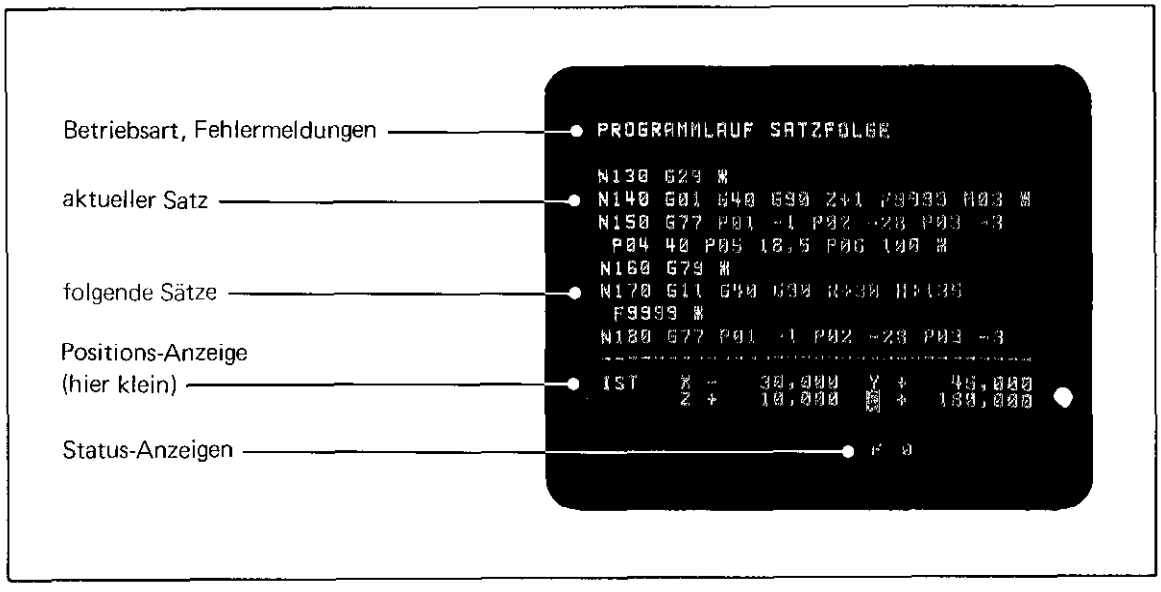
Betriebsarten und Bildschirm-Anzeigen

Programmlauf-Satzfolge (HEIDENHAIN-Klartext)

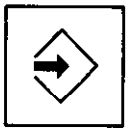


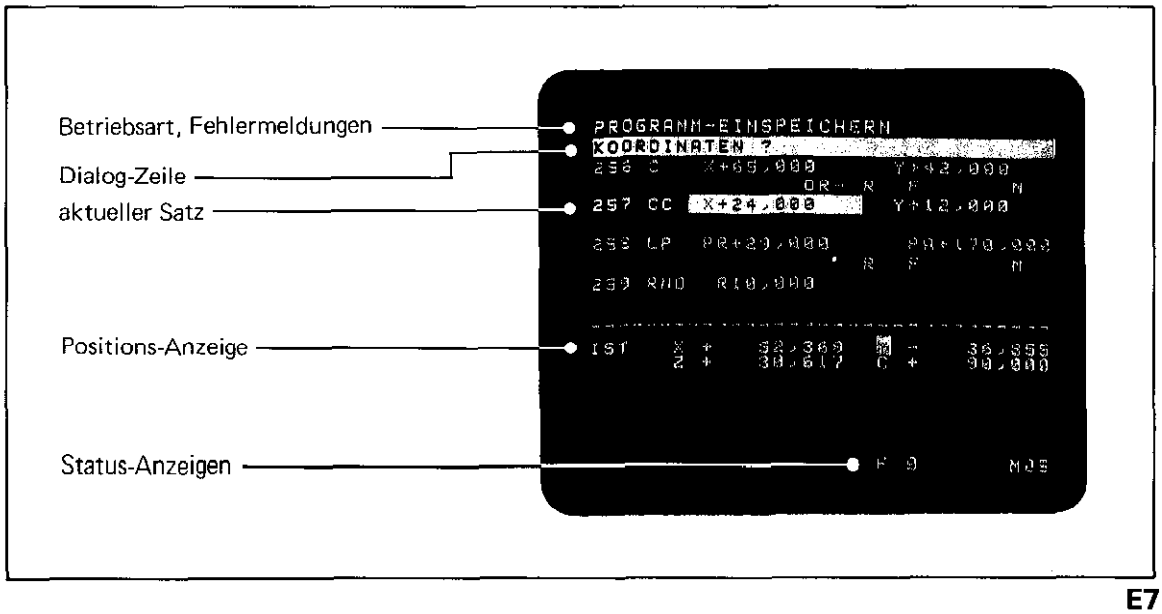
Programmlauf-Satzfolge (Normsprache)





Programm-Einspeichern



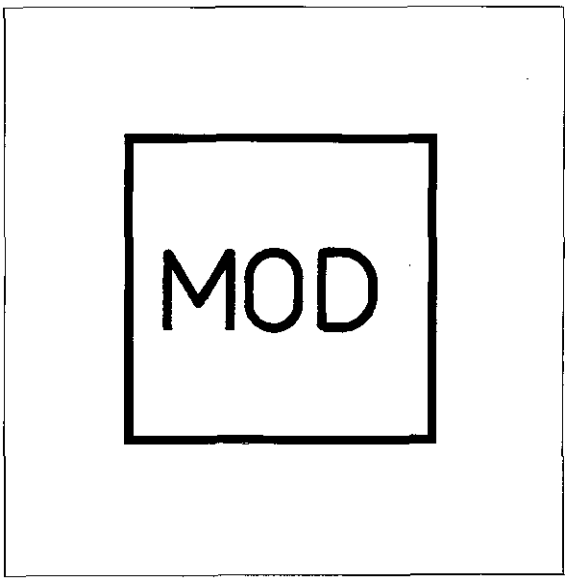


Zusatz-Betriebsarten

Einführung

Zusätzlich zu den Haupt-Betriebsarten gibt es bei der TNC 155 **Zusatz-Betriebsarten** oder MOD*-Funktionen.
Die Zusatz-Betriebsarten werden mit der [MOD] Taste angewählt. Nach Drücken der Taste erscheint in der Dialog-Zeile die erste MOD-Funktion "Freie Sätze".
Mit den Tasten [↓] [↑] kann vorwärts und rückwärts geblättert werden, mit der [MOD] Taste nur vorwärts.

Die Zusatz-Betriebsarten werden über die [DEL □] Taste wieder verlassen.



* MOD kommt von Modus (engl. Mode) = Art und Weise

Einschränkungen

Bei Programmlauf in den Betriebsarten [⊟] oder [⊟] können folgende Zusatz-Betriebsarten angewählt werden:
- Positions-Anzeige groß/klein.
- Freie Sätze

Solange der Hinweis
= STROMUNTERBRECHUNG =
am Bildschirm angezeigt wird, können folgende Zusatz-Betriebsarten angewählt werden:
- Schlüsselzahl
- Anwender Parameter
- NC-Software-Nummer
- PC-Software-Nummer

Freie Sätze

Über die MOD-Funktion "Freie Sätze" wird die Anzahl der im Programm-Speicher noch verfügbaren Programmsätze angezeigt.
Bei der Programmierung nach DIN/ISO wird die Anzahl der freien Zeichen angezeigt.

Anzeige-Beispiel

FREIE SAETZE = 1178

Zusatz-Betriebsarten
Anwählen und Verlassen der MOD-Funktionen

Anwählen

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung ..... MOD

FREIE SAETZE

Entweder MOD-Funktionen über Editiertasten anwählen ▶ ↓ ↑

oder MOD-Funktionen über die MOD Taste anwählen (nur vorwärts blättern möglich) ▶ MOD

Verlassen

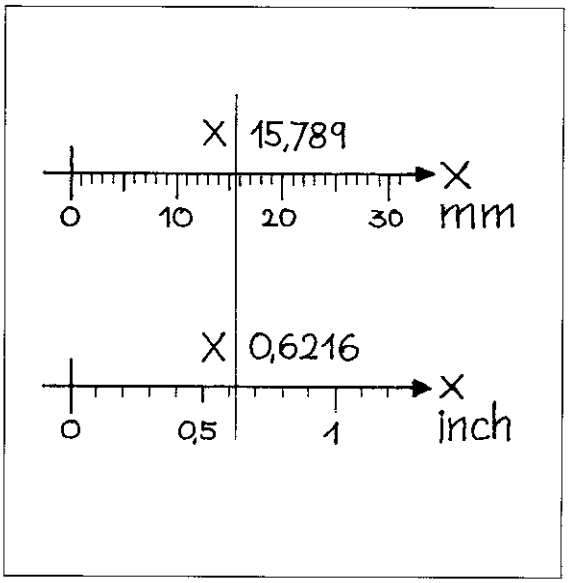
BEGRENZUNG X+ = X+ 350,000 ▶ DEL □ Zusatz-Betriebsart verlassen.

Zahleneingaben sind vor dem Verlassen der MOD-Funktionen mit der ENT Taste zu übernehmen.

Zusatz-Betriebsarten

Wechsel mm/inch

Über die MOD-Funktion "Wechsel mm/inch" wird festgelegt, ob die Steuerung Positionen im metrischen Maßsystem (mm) oder im Zoll-System (inch) anzeigt. Die Umschaltung von mm- auf inch-Betrieb oder umgekehrt erfolgt über die ENT Taste. Nach Drücken dieser Taste wird die Steuerung auf das jeweils andere Maßsystem umgeschaltet.



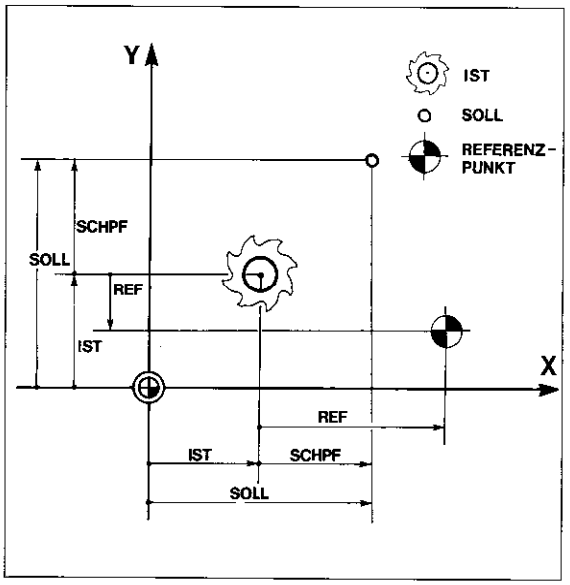
Ob die Steuerung in mm oder inch anzeigt ist an der Anzahl der Stellen hinter dem Komma bzw. dem Dezimalpunkt zu erkennen:

X 15,789 mm-Anzeige
X 0,6216 inch-Anzeige

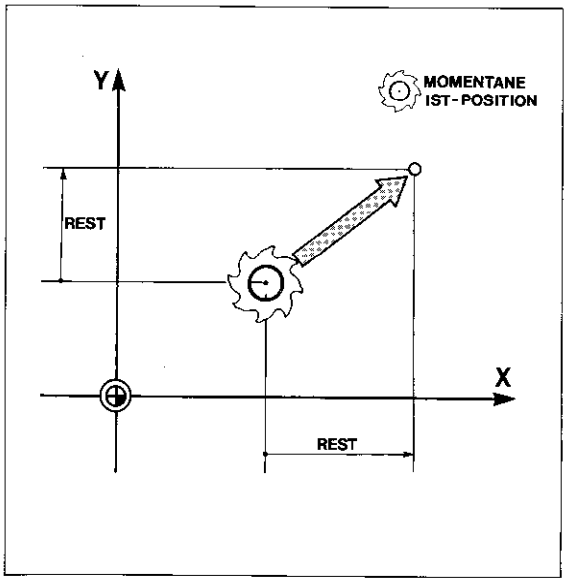
Positions-Anzeige

Über die MOD-Funktion "Positions-Anzeige" kann die Art der Positions-Anzeige umgeschaltet werden:

- Anzeige der jeweiligen Ist-Position: **IST**
- Anzeige der Restwege zu den Referenzpunkten: **REF**
- Anzeige der Differenzen zwischen momentaner Soll-Position und Ist-Position (Schlepp-Fehler oder Schlupf): **SCHPF**
- Anzeige der von der Steuerung errechneten momentanen Soll-Position: **SOLL**



- Anzeige der Restwege zur Soll-Position (Differenzen zwischen programmierter Soll-Position und momentaner Ist-Position): **REST**



Zusatz-Betriebsarten

Wechsel mm/inch

MOD-Funktion anwählen. ▶ MOD ↓

WECHSEL MM/INCH

Die Steuerung zeigt Positionen in mm an, soll aber in inch anzeigen. ▶ ENT Umschalten.

Das Umschalten vom Zoll-System auf das metrische System erfolgt in gleicher Weise.

Positions-Anzeige

MOD-Funktion anwählen. ▶ MOD ↓

PROGRAMMLAUF EINZELSATZ
POSITIONS-ANZEIGE

— — — — — — —

SOLL X... Y ...

Die Anzeige soll wieder auf "Ist-Position" umgeschaltet werden: ▶ ENT Umschalten. (Mehrmals drücken, bis IST erscheint)

PROGRAMMLAUF EINZELSATZ
POSITIONS-ANZEIGE

— — — — — — —

IST X... Y...

Die Anzeige soll wieder auf "Soll-Position" umgeschaltet werden: ▶ ENT Umschalten. (Mehrmals drücken bis SOLL erscheint)

Das Umschalten der Positions-Anzeige auf REF, SCHPF und REST erfolgt in gleicher Weise.

Zusatz-Betriebsarten

Positions-Anzeige groß/klein

Die Ziffernhöhe der Positions-Anzeige auf dem Bildschirm kann in den Betriebsarten [⇒] -Programmlauf-Einzelsatz oder [⇒] -Programmlauf-Satzfolge umgeschaltet werden.
Bei Positions-Anzeige mit kleinen Ziffern zeigt der Bildschirm vier Programmsätze (vorhergehender, aktueller, nächster und übernächster Satz), bei großen Ziffern nur den aktuellen Satz an.

Bei DIN/ISO-Programmierung kann die Positions-Anzeige nicht auf große Ziffernhöhe umgeschaltet werden, da Programmsätze länger als zwei Zeilen sein können.

Satznummer-Schritt

Über die MOD-Funktion "Satznummer-Schritt" kann bei DIN/ISO-Programmierung die Schrittweite von Satznummer zu Satznummer festgelegt werden.
Eingabebereich: 0 – 99.

Baud-Rate

Über die MOD-Funktion "Baud-Rate" wird die Übertragungsgeschwindigkeit für die Schnittstelle festgelegt (s. "Baud-Rate-Eingabe").

Zusatz-Betriebsarten

Positions-Anzeige groß/klein

MOD-Funktion "Positions-Anzeige groß/klein" anwählen: ▶ MOD ↓

PROGRAMMLAUF EINZELSATZ
POSITIONS-ANZEIGE GROSS/
KLEIN
17 L X... Y...
18 L X... Y...
19 CC X... Y...
20 C X... Y...
— — — — — — —
IST X... Y...

Umschalten auf Positions-Anzeige groß: ▶ ENT

PROGRAMMLAUF EINZELSATZ

18 L X... Y...
IST **X...**
Y...
Z...
C...

Das Umschalten von groß auf klein erfolgt in der gleichen Weise.

MOD-Funktion "Satznummer-Schritt" anwählen: ▶ MOD ↓

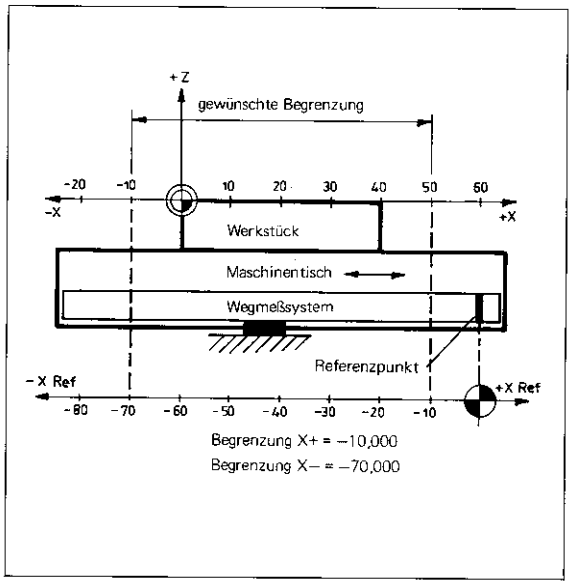
SATZNUMMER-SCHRITT = ▶ ☐ Schrittweite der Satznummern eingeben.

▼ ENT Eingabe übernehmen.

Zusatz-Betriebsarten

Begrenzung

Über die MOD-Funktion "Begrenzung" können Verfahrwege beliebig eingeschränkt werden um z. B. bei bestimmten Werkstücken eine Kollision zu vermeiden.
Die maximalen Verfahrwege sind durch Software-Endschalter vorgegeben. Die Begrenzung des Verfahrwegs wird in jeder Achse nacheinander in + und – Richtung bezogen auf den Referenzpunkt festgelegt. Deshalb sollte bei der Bestimmung der Grenzpositionen die Positions-Anzeige auf REF geschaltet sein.



Zusatz-Betriebsarten

Begrenzung des Verfahrbereichs

Betriebsart ..... [ ] oder [ ]

Bei der Begrenzung des Verfahrbereichs ist die Positions-Anzeige auf REF zu schalten.

MOD-Funktion "Begrenzung" anwählen: ▶ [MOD] [↓]

BEGRENZUNG X+ = + 30 000,000

Mit den externen Achsrichtungstasten oder dem elektronischen Handrad auf die Grenzposition fahren.

Angezeigte Position z. B. – 10,000 programmieren: ▶ [ ] X-Wert eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

BEGRENZUNG X+ = – 10,000

Nächste MOD-Funktion "Begrenzung" anwählen: ▶ [↓]

BEGRENZUNG X– = – 30 000,000

Mit den externen Achsrichtungstasten oder dem elektronischen Handrad auf die Grenzposition fahren.

Angezeigte Position, z. B. – 70,000 programmieren: ▶ [ ] X-Wert eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

BEGRENZUNG X– = – 70,000

Die Begrenzung der anderen Verfahrbereiche erfolgt in der gleichen Weise.

Soll ohne Verfahrbereichs-Begrenzung gearbeitet werden, so sind für die entsprechenden Achsen die Werte + 30 000,000 mm bzw. – 30 000,000 mm einzugeben!

Zusatz-Betriebsarten

NC-Software-Nummer

Über diese MOD-Funktion wird die Software-Nummer der TNC-Steuerung angezeigt.

Anzeige-Beispiel:

NC: SOFTWARE-NUMMER 227 020 AA

PC-Software-Nummer

Über diese MOD-Funktion wird die Software-Nummer der integrierten PC angezeigt.

Anzeige-Beispiel:

PC: SOFTWARE-NUMMER 221 510 02

Anwender-Parameter

Über diese MOD-Funktion können dem Maschinen-Bediener bis zu 16 Maschinen-Parameter zugänglich gemacht werden. Die Anwender-Parameter werden vom Maschinen-Hersteller festgelegt, der Ihnen auch nähere Informationen mitteilt.

Schlüsselzahl

Über diese MOD-Funktion kann mit Hilfe von Schlüsselzahlen ein Sonderablauf für das "Referenzpunkt anfahren" angewählt oder der "Lösch- bzw. Editierschutz für Programme" aufgehoben werden (s. entsprechende Kapitel).

Zusatz-Betriebsarten

Anwender-Parameter

MOD-Funktion "Anwender-Parameter" anwählen: ▶ MOD ↑

ANWENDER-PARAMETER

▶ ENT — MOD-Funktion übernehmen.*

↓ ↑ — Gewünschten Anwender-Parameter anwählen.

Ggf. Parameter ändern.

ENT — Eingabe übernehmen.

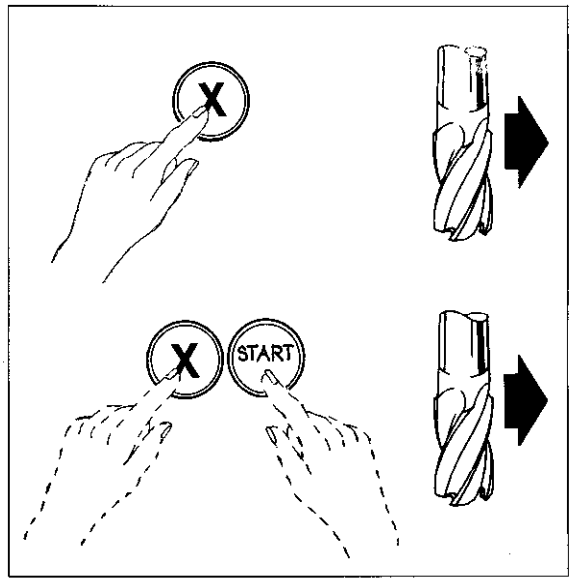
Verlassen der Anwender-Parameter

MOD-Funktion "Anwender-Parameter" soll verlassen werden: ▶ DEL □ — MOD-Funktion verlassen.

*Falls der Maschinen-Hersteller keinen Dialog-Text festgelegt hat, erscheint die Anzeige USER PAR. 1

Manueller Betrieb
Betriebsart „Handbetrieb"

In der Betriebsart [✋] "Handbetrieb" können die Maschinenachsen über die externen Achs-Richtungstasten (X) (Y) (Z) (IV) verfahren werden.



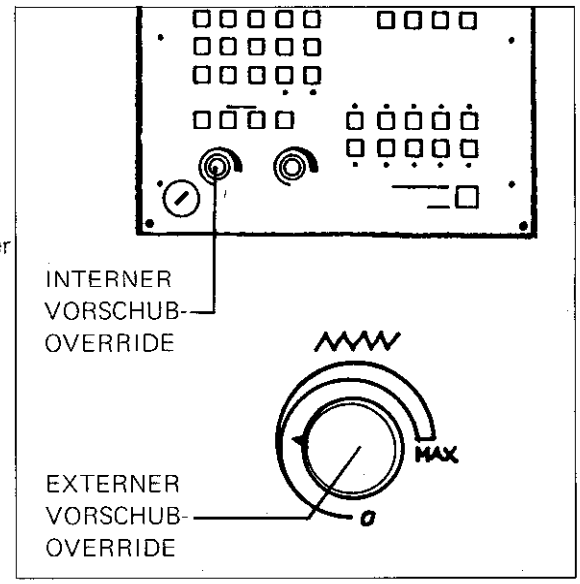
Tipp-Betrieb

Die Maschinenachse wird solange verfahren, solange die betreffende externe Achsrichtungstaste gedrückt wird. Die Maschinenachse bleibt sofort stehen, wenn die Achsrichtungstaste losgelassen wird.
Es können gleichzeitig mehrere Achsen im Tippbetrieb verfahren werden.

Kontinuierlicher Betrieb

Wird **zugleich** mit einer **Achsrichtungstaste** die **externe Start-Taste** gedrückt, so **fährt** die angewählte Maschinenachse auch nach dem Loslassen der Taste weiter. Mit der **externen Stop-Taste** wird die Bewegung wieder **angehalten.**

In der Betriebsart [✋] dienen die Tasten [X] [Y] [Z] [IV] zur Festlegung des Werkstück-Nullpunkts (s. "Werkstück-Nullpunkt").



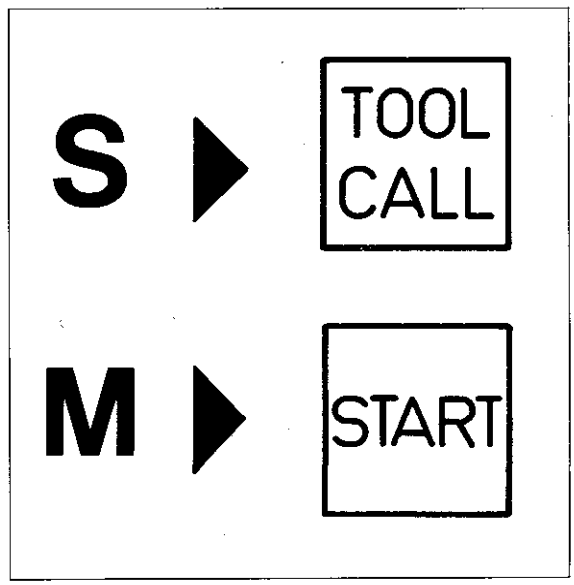
Vorschub

Die Verfahrgeschwindigkeit (Vorschub) kann entweder
- mit dem **internen Vorschub-Override** der Steuerung, oder
- mit dem **externen Vorschub-Override** der Maschine eingestellt werden (abhängig von den eingegebenen Maschinenparametern).

Der eingestellte Vorschub-Wert wird am Bildschirm angezeigt.

Spindel-Drehzahl

Die Spindel-Drehzahl kann über die Taste [TOOL CALL] festgelegt werden (s. "TOOL CALL").
Während der Bearbeitung kann die programmierte Spindel-Drehzahl über den Spindel-Override verändert werden.



Zusatz-Funktion

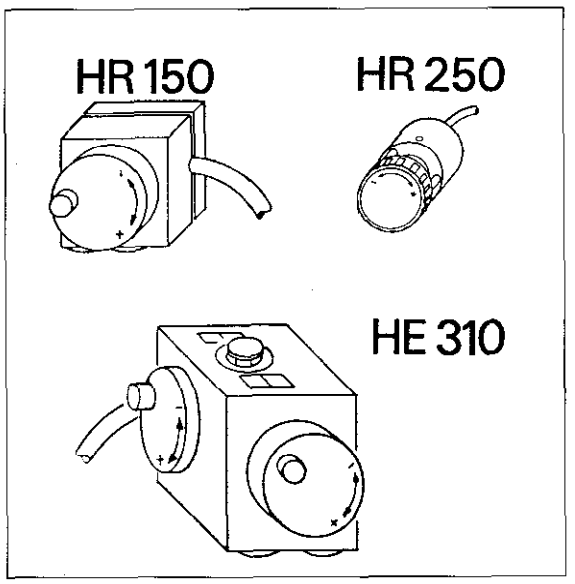
Zusatz-Funktionen können über die [STOP] Taste eingegeben werden (s. "Programm-Halt").

Manueller Betrieb
Betriebsart „Elektronisches Handrad"

Ausführung

Die Steuerung kann mit einem elektronischen Handrad ausgerüstet werden. Damit ist es z. B. möglich, die Maschine einzurichten.
Es gibt drei Ausführungen des elektronischen Handrads:

- **HR 150**: 1 Handrad zum Einbau in die Maschinen-Bedientafel;
- **HR 250**: 1 Handrad im portablen Gerät;
- **HE 310**: 2 Handräder im portablen Gerät mit Achs-Tasten und zusätzlicher Not-Aus-Taste.



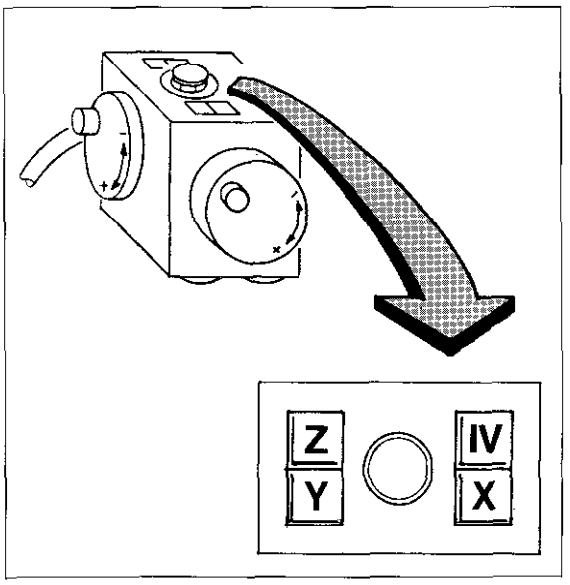
Untersetzung

Der Verfahrweg pro Handrad-Umdrehung wird durch die Untersetzung festgelegt (siehe nebenstehende Tabelle).

Untersetzung	Verfahrweg in mm pro Umdrehung
1	10,0
2	5,0
3	2,5
4	1,25
5	0,625
6	0,313
7	0,156
8	0,078
9	0,039
10	0,020

Bedienung

Bei den **Ausführungen HR 150** und **HR 250** wird das Handrad mit den Achstasten X Y Z IV der Steuerung auf die Maschinenachsen umgeschaltet.
Bei der **Ausführung HE 310** mit zwei Handrädern sind zusätzliche Achstasten X Y Z IV an der Handrad-Einheit angebracht. Damit kann das eine Handrad wahlweise auf die X- oder die IV. Achse geschaltet werden, das andere auf die Y- bzw. auf die Z-Achse.
Die Achse, die mit dem elektronischen Handrad verfahren wird, steht in der Bildschirm-Anzeige im Hellfeld.



In der Betriebsart ⊕ können die Maschinenachsen mit den externen Achsrichtungs-Tasten (X) (Y) (Z) (IV) zusätzlich verfahren werden!

Manueller Betrieb
Betriebsart „Elektronisches Handrad"

Bedienung HR 150 / HR 250

Betriebsart und Dialog-Eröffnung .....

UNTERTEILUNGS-FAKTOR: 3	**0**	▶ [ ]	Gewünschten Unterteilungs-Faktor eingeben, z. B. 4.
		▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.
UNTERTEILUNGS-FAKTOR: 4	**4**	▶ [Y]	Gewünschte Fahr-Achse eingeben, z. B. Y.

Mit dem elektronischen Handrad kann jetzt das Werkzeug in positiver oder negativer Y-Richtung bewegt werden.

Bedienung HE 310

Betriebsart und Dialog-Eröffnung .....

UNTERTEILUNGS-FAKTOR: 4	**0**	▶ [ ]	Gewünschten Unterteilungs-Faktor eingeben, z. B. 6.
		▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.
UNTERTEILUNGS-FAKTOR: 6	**6**	▶ [Z]	Erste Fahr-Achse auf dem Handrad eingeben, z. B. Z.
		▼ [X]	Zweite Fahr-Achse auf dem Handrad eingeben, z. B. X.

Mit dem ersten Handrad kann jetzt das Werkzeug in positiver und negativer Z-Richtung bewegt werden, mit dem zweiten in positiver und negativer X-Richtung.

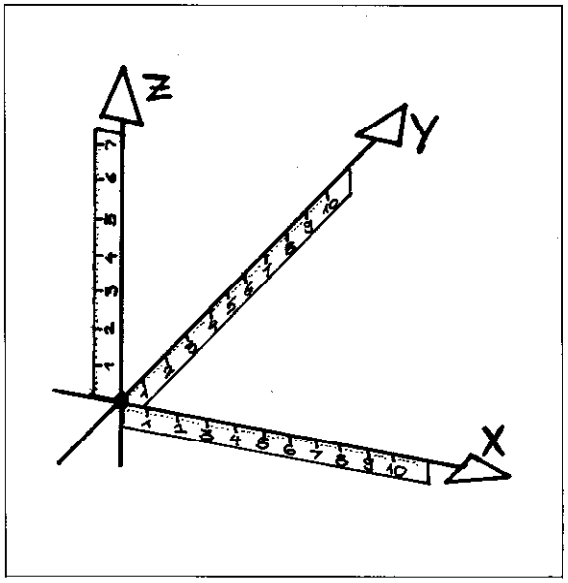
Koordinatensystem und Maßangaben

Eine NC-Maschine kann nur dann Werkstücke automatisch bearbeiten, wenn durch das NC-Programm die gesamte Bearbeitung vollständig definiert ist; insbesondere müssen die Soll-Positionen des Werkzeugs in Bezug auf das Werkstück im NC-Programm festgelegt sein. Zu dieser Festlegung der Werkzeug-Sollpositionen ist ein Bezugssystem, ein Koordinatensystem, erforderlich. Die TNC 155 ermöglicht die Benutzung von rechtwinkligen Koordinaten oder von Polar-Koordinaten — je nach Art der Werkstückbemaßung.

Rechtwinkliges oder kartesisches *) Koordinatensystem

Ein rechtwinkliges Koordinatensystem wird in der Ebene durch 2 Achsen, im Raum durch 3 Achsen gebildet, die sich in einem Punkt schneiden und senkrecht aufeinander stehen. Den Schnittpunkt der Achsen nennt man Ursprung oder Nullpunkt des Koordinatensystems. Die Achsen werden mit den Buchstaben X, Y und Z bezeichnet.
Auf die Achsen legt man gedanklich Maßstäbe, deren Nullpunkte mit dem Nullpunkt des Koordinatensystems zusammenfallen. Der Pfeil gibt die positive Zählrichtung der Maßstäbe an.

* nach dem franz. Mathematiker René Descartes, lat. Renatus Cartesius (1596 — 1650)

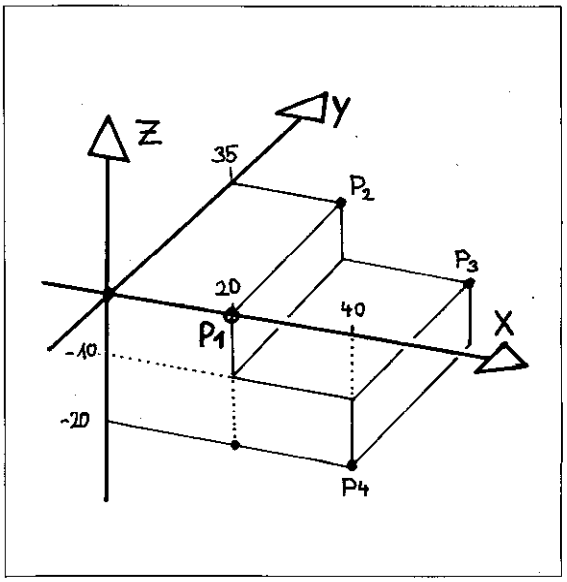


Beispiel

Mit Hilfe des kartesischen Koordinatensystems können beliebige Punkte eines Werkstücks durch Angabe der betreffenden X-, Y- und Z-Koordinaten beschrieben werden:

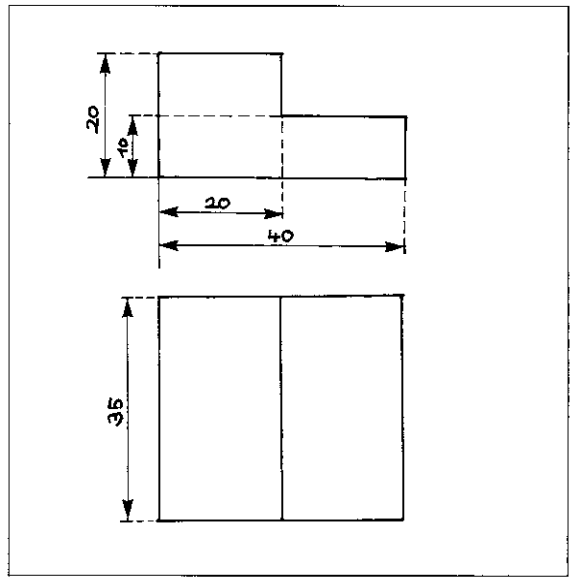
P1 X = 20, Y = 0, Z = 0 } oder in verkürzter Schreibweise P1 (20; 0; 0)

P2 (20; 35; 0)
P3 (40; 35; —10)
P4 (40; 0; —20)



Koordinatensystem und Maßangaben

Das kartesische Koordinatensystem eignet sich besonders gut, wenn die Fertigungszeichnung "rechtwinklig" bemaßt ist.
Bei Werkstücken mit Kreiselementen oder bei Winkelangaben ist oft die Festlegung von Positionen mit Polar-Koordinaten einfacher.

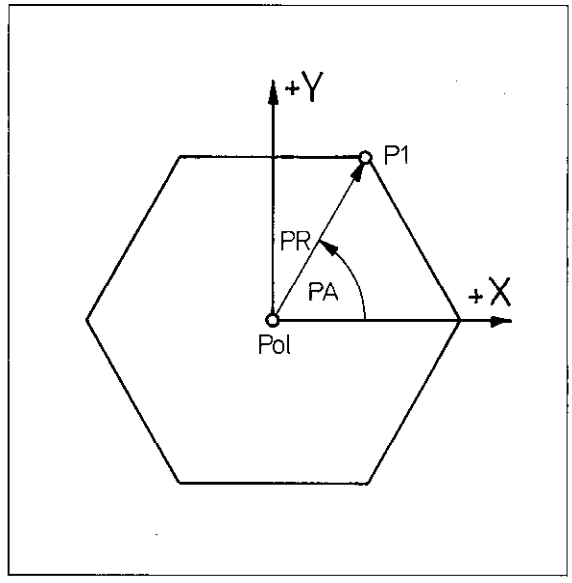


Polar-Koordinaten

Das Polar-Koordinatensystem dient zur Definition von Punkten in einer Ebene. Als Bezug dient der Pol (= Nullpunkt des Koordinatensystems) und eine Richtung (= Bezugsachse für die Winkelangabe).

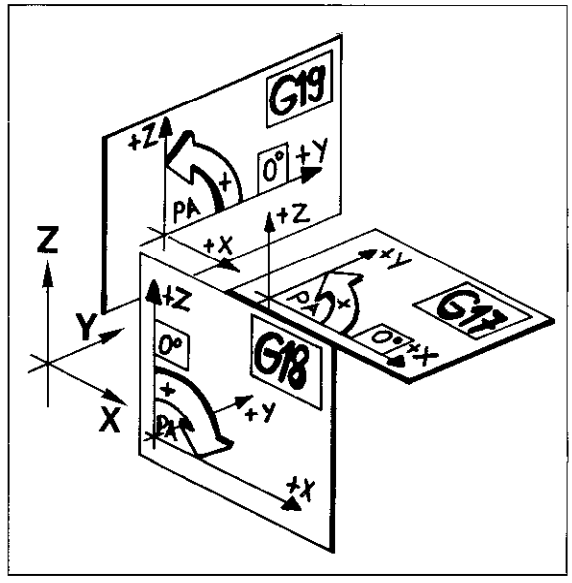
Punkte werden folgendermaßen beschrieben: durch die Angabe des Polarkoordinaten-Radius **PR** (= Abstand Pol-Punkt P1) und durch den Winkel **PA** zwischen der Bezugsrichtung (im Bild die + X-Achse) und der Verbindungslinie Pol-Punkt P1.

A ist die Abkürzung für den englischen Ausdruck angle, zu deutsch Winkel.



Die Winkel-Bezugsachse (0°-Achse) ist
in der X, Y-Ebene die +X-Achse,
in der Y, Z-Ebene die +Y-Achse,
in der Z, X-Ebene die +Z-Achse.

Das Vorzeichen für den Winkel PA kann an Hand nebenstehender Zeichnung bestimmt werden.

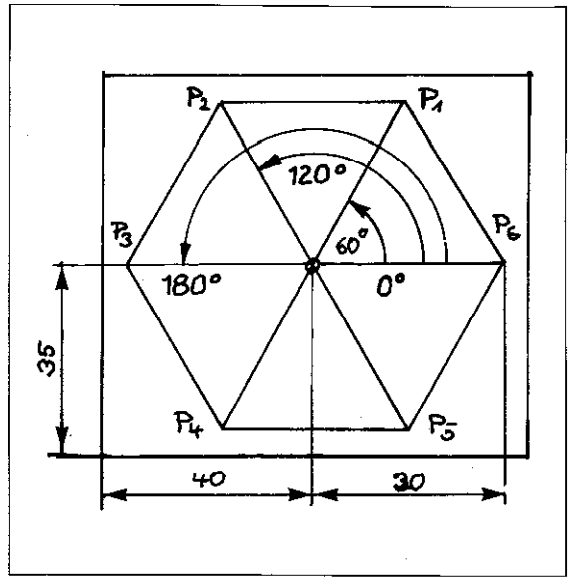


Koordinatensystem und Maßangaben

Beispiel

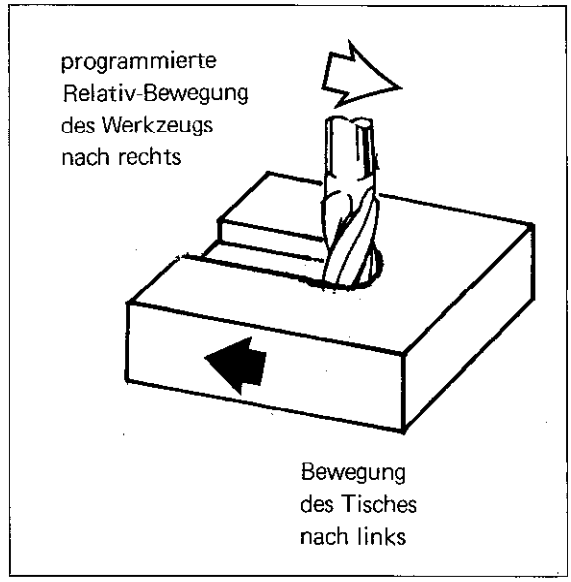
Punkt	Polarkoord.-Radius	Polarkoord.-Winkel PA absolut	inkremental
P1	30	60°	60°
P2	30	120°	60°
P3	30	180°	60°
P4	30	240°	60°
P5	30	300°	60°
P6	30	360°	60°

Das Polar-Koordinatensystem eignet sich besonders gut zur Beschreibung von Werkstück-Punkten, wenn in der Fertigungszeichnung vor allem Winkel angegeben sind, wie im nebenstehenden Beispiel.



Relative Werkzeug-Bewegung

Bezüglich der Bearbeitung eines Werkstückes ist es gleichgültig, ob sich das Werk**zeug** bewegt — oder ob sich das Werk**stück** bewegt und das Werkzeug stillsteht.
Es geht bei der Erstellung der Programme immer um die sogenannte relative Werkzeug-Bewegung.
Das heißt z.B.:
Fährt der Arbeitstisch der Fräsmaschine mit dem aufgespannten Werkstück nach links, so entspricht dies einer Bewegung des Werkzeugs relativ zum Werkstück nach rechts. Fährt der Tisch nach oben, so entspricht dies einer Werkzeug-Bewegung relativ zum Werkstück nach unten.
Nur bei Spindelbock-Bewegungen wird das Werkzeug tatsächlich bewegt, so daß Maschinen-Bewegung und relative Werkzeug-Bewegung stets übereinstimmen.



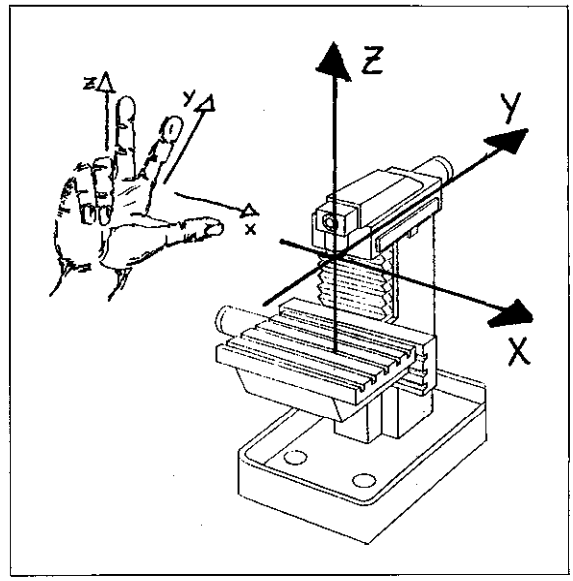
Zuordnung von Maschinen-schlitten-Bewegung und Koordinaten-system

Damit Werkstück-Koordinaten im Bearbeitungs-Programm von der Steuerung richtig interpretiert werden, müssen zwei Vereinbarungen getroffen werden, und zwar:

- welcher Maschinenschlitten sich parallel zu welcher Koordinatenachse bewegt (Zuordnung Maschinen-Achse und Koordinaten-Achse)
- welcher Zusammenhang zwischen den Positionen der Maschinenschlitten und den Koordinatenangaben im Programm besteht.

Die drei Hauptachsen

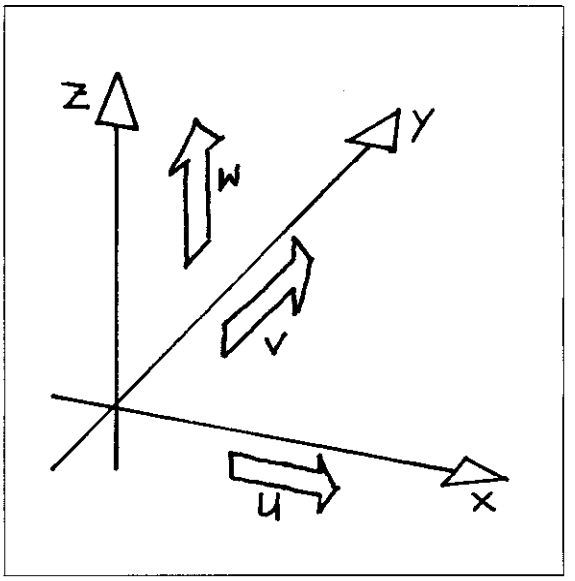
Die Zuordnung der drei Haupt-Koordinatenachsen zum jeweiligen Maschinenschlitten ist für verschiedene Werkzeugmaschinen durch die DIN 66217 festgelegt. Die Verfahrrichtungen kann man sich mit Hilfe der "Rechte-Hand-Regel" leicht merken.



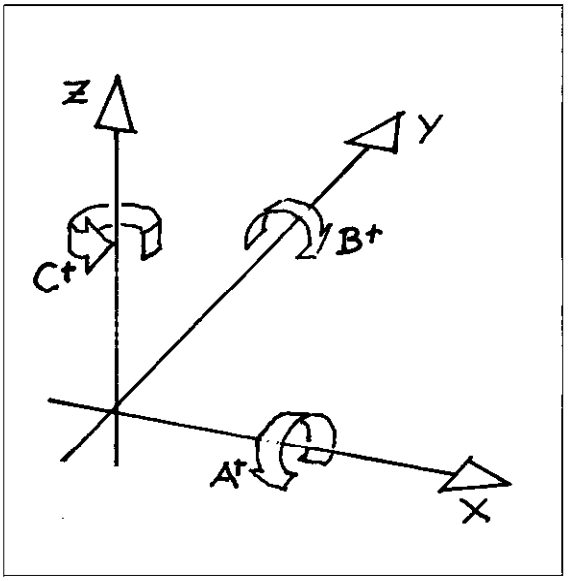
Koordinatensystem und Maßangaben

Die vierte Achse

Vom Maschinenhersteller wird festgelegt, ob die vierte Achse – wenn sie angeschaltet wird – für einen **Rundtisch** oder eine zusätzliche **Linearachse** (z.B. gesteuerte Pinole) benutzt werden kann, und wie diese Achse am Bildschirm benannt wird.
Eine zusätzliche Linearachse mit Bewegung parallel zur X-, Y- oder Z-Achse wird als U-, V- oder W-Achse bezeichnet.



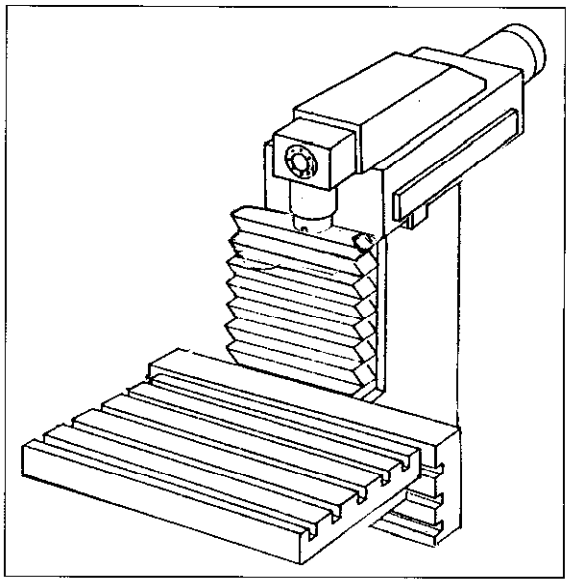
Zur Programmierung von Rundtischen gibt man den Drehwinkel des Tisches durch A-, B- bzw. C-Werte in Grad (^{o}) an.
Man spricht in diesem Zusammenhang von einer A-, B- oder C-"Achse" und meint damit eine Drehung um die X-, Y- oder Z-Achse.

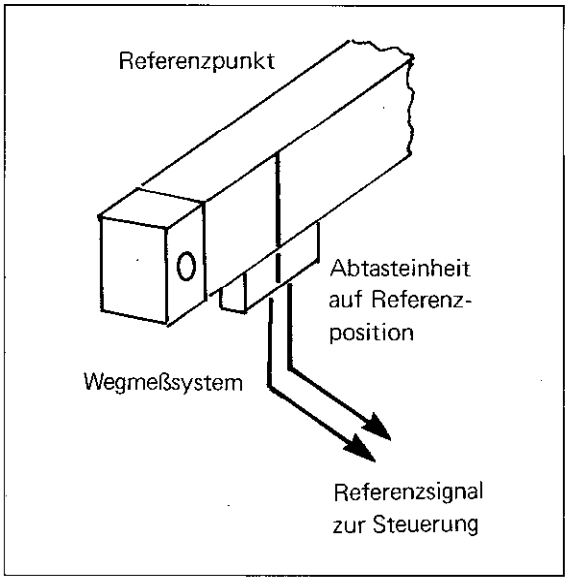


Koordinatensystem und Maßangaben

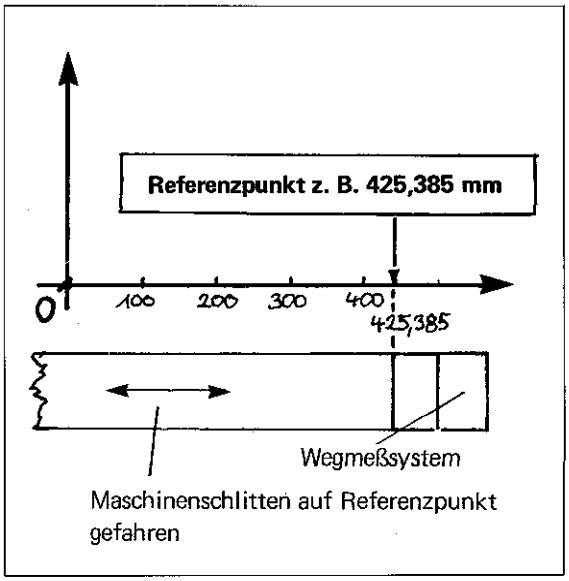
Zuordnung des Koordinatensystems

Die Lage des Koordinatensystems der Maschine wird folgendermaßen festgelegt:
Man fährt den Maschinenschlitten über eine festgelegte Position, die Referenzposition (auch Referenzpunkt genannt). Durch Überfahren dieses Punktes erhält die Steuerung vom Wegmeßsystem ein elektrisches Signal – das Referenzsignal. Beim Eintreffen des Referenzsignals ordnet die Steuerung dem Referenzpunkt einen bestimmten Koordinatenwert zu. Diesen Vorgang wiederholt man für alle Maschinenschlitten um die Lage des Koordinatensystems der Maschine festzulegen.





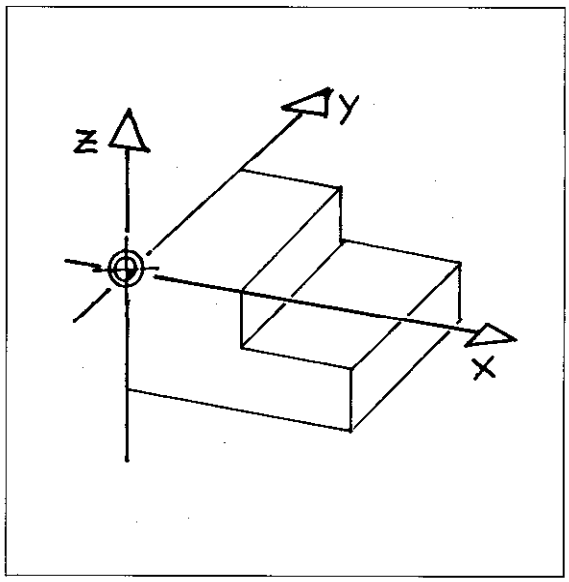
Die Referenzpunkte müssen nach jeder Stromunterbrechung überfahren werden, da durch die Stromunterbrechung die Zuordnung von Koordinatensystem und Maschinenschlitten-Position verloren geht.
Vor Überfahren der Referenzpunkte sind alle Bedienmöglichkeiten gesperrt.
Mit dem Überfahren der Referenzpunkte weiß die Steuerung auch den letzten gesetzten Werkstück-Nullpunkt wieder (siehe nächstes Kapitel) sowie die Software-Endschalter.



Koordinatensystem und Maßangaben
Setzen des Werkstück-Nullpunkts

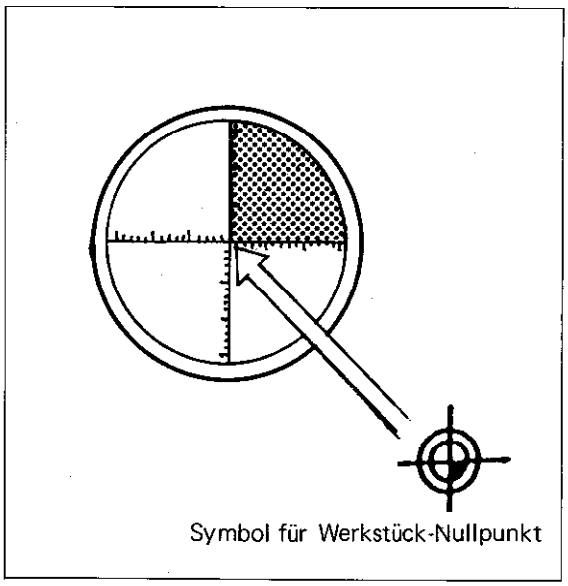
Setzen des Werkstück-Nullpunkts

Um Rechenaufwand zu sparen, legt man den Werkstück-Nullpunkt auf **die** Stelle des Werkstücks, von der aus das Werkstück vermaßt ist. In der Zustellachse wird der Werkstück-Nullpunkt aus Sicherheitsgründen fast immer auf die "höchste" Stelle des Werkstücks gelegt.



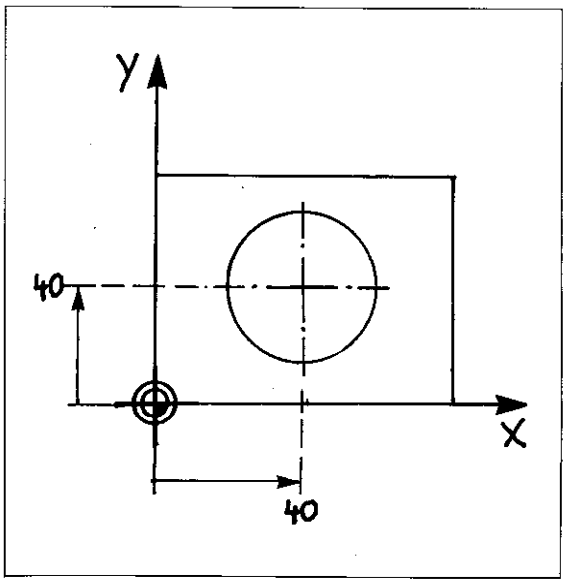
Setzen des Werkstück-Nullpunkts in der Bearbeitungsebene Mit optischem Kontursucher

Hierbei fährt man auf den gewünschten Nullpunkt am Werkstück und setzt die Anzeige der beiden Achsen der Bearbeitungsebene auf Null.


Symbol für Werkstück-Nullpunkt

Mit Zentriergerät

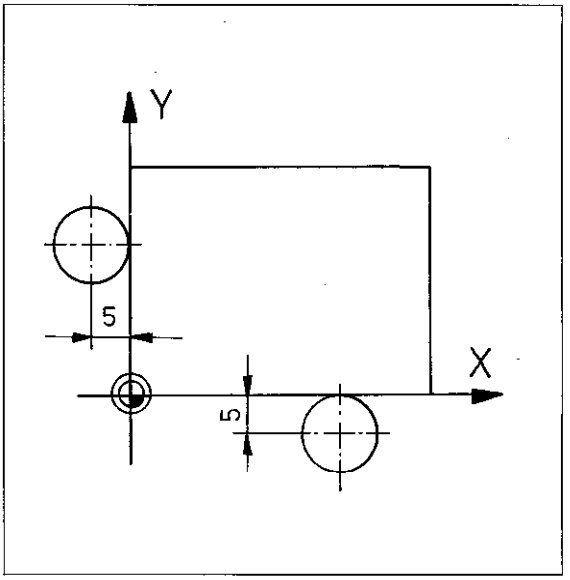
Hierbei fährt man auf eine bekannte Position, z.B. mit Hilfe des Zentriergeräts auf eine Bohrungsmitte. Anschließend gibt man die Koordinaten der Bohrungsmitte in die Steuerung ein (hier z. B. X = 40, Y = 40). Die Lage des Werkstück-Nullpunkts ist damit festgelegt.



Koordinatensystem und Maßangaben
Setzen des Werkstück-Nullpunkts

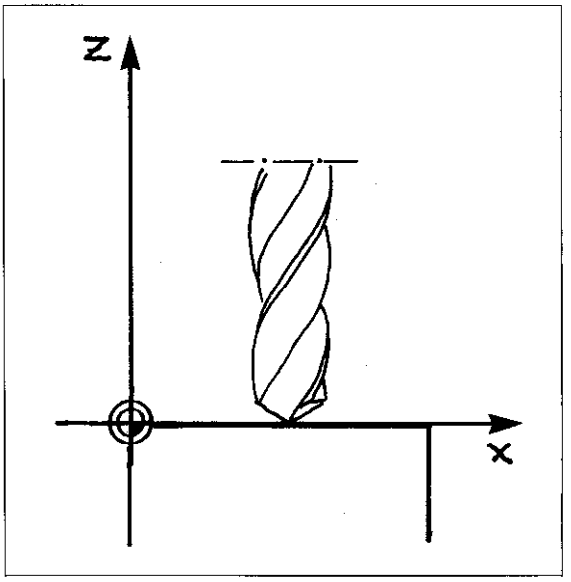
Mit Kantentaster oder Werkzeug

Man fährt mit dem Werkzeug an die Werkstück-Bezugsflächen. Wenn das Werkzeug die Fläche berührt, setzt man die Istwert-Anzeige der zugehörigen Achse auf den Wert des Werkzeugradius mit negativem Vorzeichen (hier z. B. X = – 5, Y = – 5).



Setzen des Werkstück-Nullpunkts in der Zustellachse Durch Ankratzen

Man fährt mit dem Nullwerkzeug auf die Werkstück-Oberfläche. Wenn die Werkzeugspitze die Oberfläche berührt, setzt man die Istwert-Anzeige der Zustellachse auf den Wert Null.
Darf die Werkstück-Oberfläche nicht angekratzt werden, kann ein dünnes Blech bekannter Dicke (ca. 0,1 mm) zwischen Werkzeugspitze und Werkstück gelegt werden. Dann gibt man statt Null die Dicke des Blechs ein (z. B. Z = 0,1).

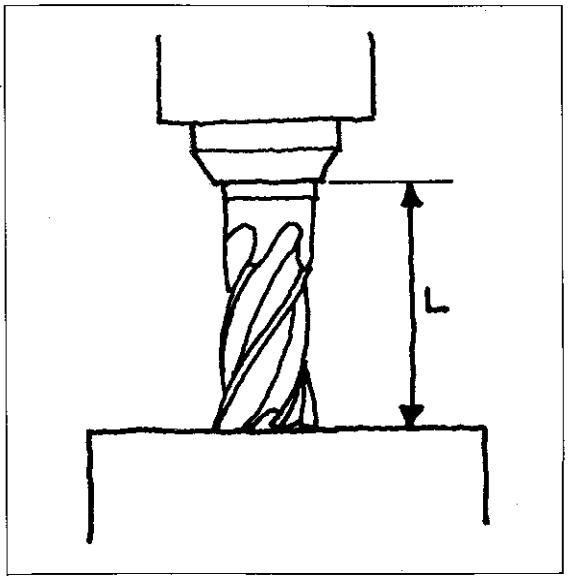


Mit voreingestellten Werkzeugen

Bei voreingestellten Werkzeugen, d.h. wenn die Werkzeug-Längen bereits bekannt sind, wird mit einem beliebigen Werkzeug die Werkstück-Oberfläche angetastet. Um der Oberfläche den Wert 0 zuzuordnen, gibt man die Länge L des betreffenden Werkzeugs als Istwert der Zustellachse mit positivem Vorzeichen ein. Hat die Werkstück-Oberfläche einen von 0 verschiedenen Wert, so ist folgender Istwert einzugeben:

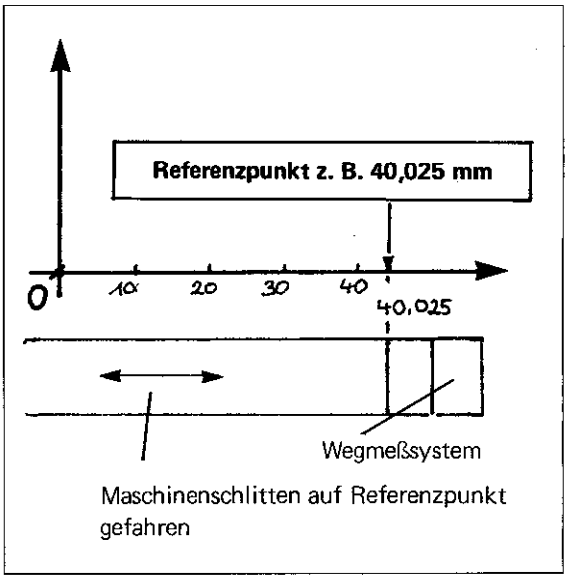
(Istwert Z) = (Werkzeug-Länge L) + (Position Oberfläche)

Beispiel:
Werkzeug-Länge L = 100 mm
Position der Werkstück-Oberfläche = + 50 mm
Istwert Z = 100 mm + 50 mm = 150 mm



Koordinatensystem und Maßangaben
Setzen des Werkstück-Nullpunkts

Mit dem Setzen des Werkstück-Nullpunkts werden auch den Referenzpunkten bestimmte Zahlenwerte, die sog. "REF-Werte" zugeordnet.
Diese Werte speichert die Steuerung automatisch, so daß auch nach einer Stromunterbrechung der zuletzt festgelegte Werkstück-Nullpunkt einfach durch Überfahren der Referenzpunkte reproduziert wird.



Maschinenschlitten auf Referenzpunkt gefahren

Koordinatensystem und Maßangaben
Setzen des Werkstück-Nullpunkts

Werkstück-Nullpunkt setzen

Betriebsart ..... [✋]

Der Werkstück-Nullpunkt kann nur dann gesetzt werden, wenn die Ist-Position angezeigt wird. Gegebenenfalls muß mit der MOD-Funktion diese Anzeige angewählt werden.

Dialog-Eröffnung ..... [X]

BEZUGSPUNKT- SETZEN X =	▶ [ ]	Wert für die X-Achse eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Dialog-Eröffnung ..... [Y]

BEZUGSPUNKT- SETZEN Y =	▶ [ ]	Wert für die Y-Achse eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Dialog-Eröffnung ..... [Z]

BEZUGSPUNKT- SETZEN Z =	▶ [ ]	Wert für die Z-Achse eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Dialog-Eröffnung ..... [IV]

BEZUGSPUNKT- SETZEN C =	▶ [ ]	Wert für die 4. Achse eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Abhängig von den eingegebenen Maschinenparametern wird die 4. Achse entweder mit A, B, C oder mit U, V, W bezeichnet und angezeigt.

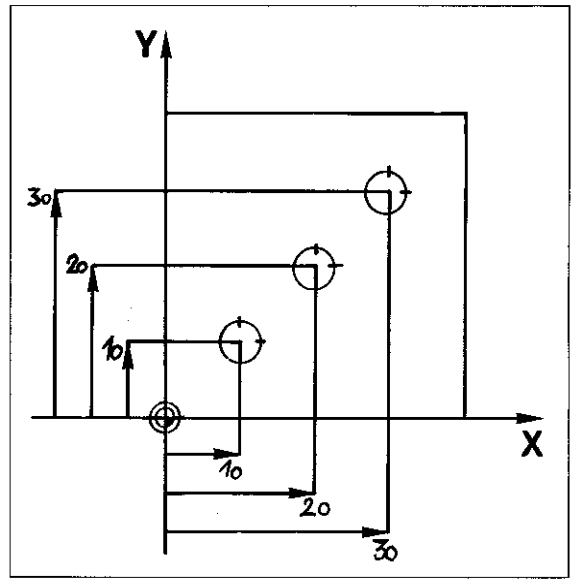
Koordinatensystem und Maßangaben
Absolutmaß/Kettenmaß

Maßangaben

Maßangaben in Zeichnungen sind entweder Absolutmaße oder Kettenmaße.

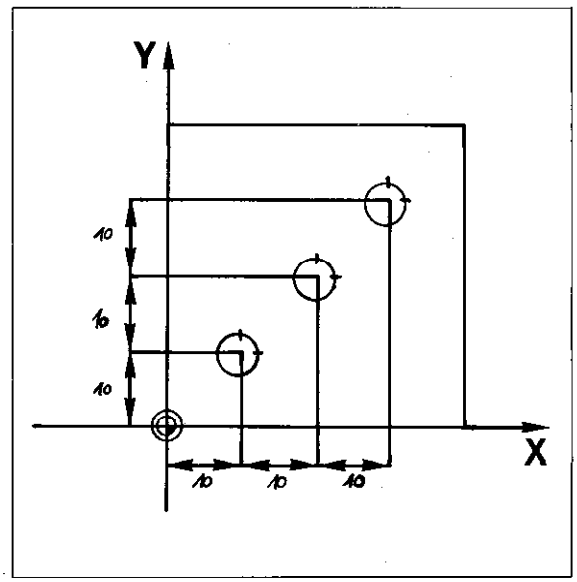
Absolutmaß-Angabe

Absolutmaße im Bearbeitungsprogramm beziehen sich auf einen festen, absoluten Punkt, z.B. den Nullpunkt des Koordinatensystems oder den gesetzten Werkstück-Nullpunkt.



Kettenmaß-Angabe

Kettenmaße im Bearbeitungsprogramm beziehen sich auf die jeweils vorhergehend programmierte Soll-Position des Werkzeugs.

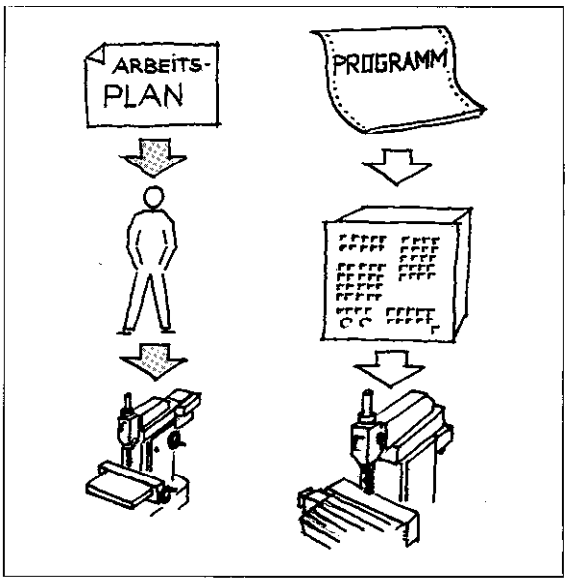


Programmierung
Einführung

Einführung

Wie bei der konventionellen, von Hand "bedienten" Werkzeugmaschine, wird auch bei der NC-Werkzeugmaschine nach einem Arbeitsplan verfahren; der Arbeitsablauf ist der gleiche.

Während bei der konventionellen Maschine die einzelnen Arbeitsschritte vom Bediener veranlaßt werden müssen, übernimmt bei der NC-Maschine die elektronische Steuerung die Berechnung des Werkzeugwegs, die Koordinierung der Vorschubbewegungen der Maschinenschlitten und die Überwachung der Spindel-Drehzahl. Die Informationen hierzu erhält die Steuerung aus einem vorher eingegebenen **Programm.**



Programm

Dieses Programm ist nichts anderes als ein Arbeitsplan, der in einer für die Steuerung verständlichen Sprache abgefaßt ist.

Programmieren

Programmieren ist also die Erstellung und Eingabe eines Arbeitsplanes in einer für die Steuerung verständlichen Sprache.

Programmiersprache

Im Bearbeitungs-Programm entspricht jeder **NC-Programmsatz** einem Arbeitsschritt. Ein Satz setzt sich aus **Einzelbefehlen** zusammen.

Beispiele

programmierter Arbeitsbefehl	Interpretation
Y–50,000	Verfahre den Y-Achsschlitten auf die Position – 50,000 mm.
F250	Verfahre die Achsschlitten mit einem Vorschub von 250 mm/min.
TOOL CALL * 1	Tausche eingespanntes Werkzeug mit dem Werkzeug Nr. 1 aus.

*engl.: Werkzeugaufruf

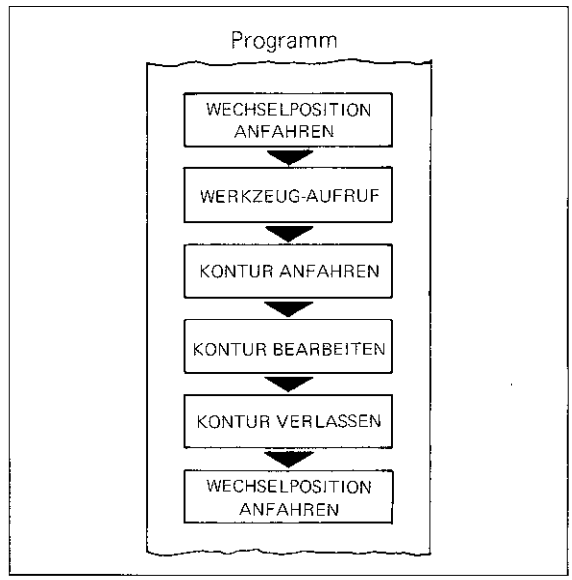
Programmierung
Programm

Programm-aufbau

Ein Programm für die Erzeugung eines Werkstücks läßt sich in folgende **Abschnitte** unterteilen:

- Werkzeugwechsel-Position anfahren,
- Werkzeug einsetzen,
- Werkstück-Kontur anfahren,
- Werkstück-Kontur bearbeiten,
- Werkstück-Kontur verlassen,
- Werkzeugwechsel-Position anfahren.

Jeder Programmabschnitt besteht aus einzelnen Programmsätzen.



Satznummer

Die Steuerung weist jedem Satz selbstätig eine Satznummer zu. Die **Satznummer** kennzeichnet den Programmsatz innerhalb eines Bearbeitungs-Programms.

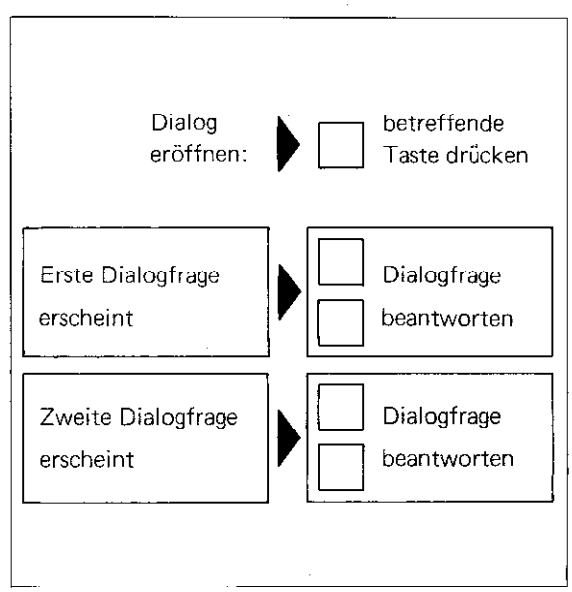
Die Satznummer bleibt beim Löschen eines Satzes erhalten; der nächstfolgende Satz tritt dann an die Stelle des gelöschten Satzes.

7	L	Z – 20,000		
			R0 F9999	M03
8	L	X – 12,000	Y + 60,000	
			R0 F9999	M
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

Dialog-Führung

Die Programmierung ist dialog-geführt, d.h. die Steuerung fragt bei der Programm-Eingabe die notwendigen Daten im Klartext ab.
Für jeden Programmsatz wird über die Dialogeröffnungs-Taste, z. B. [TOOL DEF] die betreffende Dialogsequenz ausgelöst (die Steuerung fragt anschließend nach der Werkzeug-Nummer, dann nach der Werkzeug-Länge usw.).

Fehler bei der Programm-Eingabe werden ebenfalls im Klartext angezeigt. Falsche Angaben können sofort – während der Programm-Eingabe – berichtigt werden.



Die Eingabe von Programmen erfolgt in der Betriebsart "PROGRAMM EINSPEICHERN" [◆]

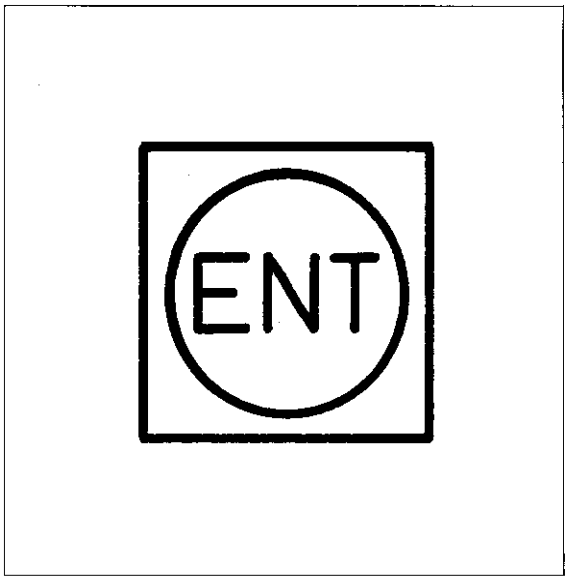
Programmierung
Beantworten von Dialog-Fragen

Beantworten von Dialog-Fragen

Grundsätzlich muß auf jede Dialog-Frage eine Antwort gegeben werden. Die Antwort wird in das Hellfeld auf dem Bildschirm geschrieben.
Nach Beantwortung der Dialog-Frage wird die Eingabe mit der (ENT) -Taste in das Programm übernommen.
Die Steuerung stellt dann die nächste Dialog-Frage.

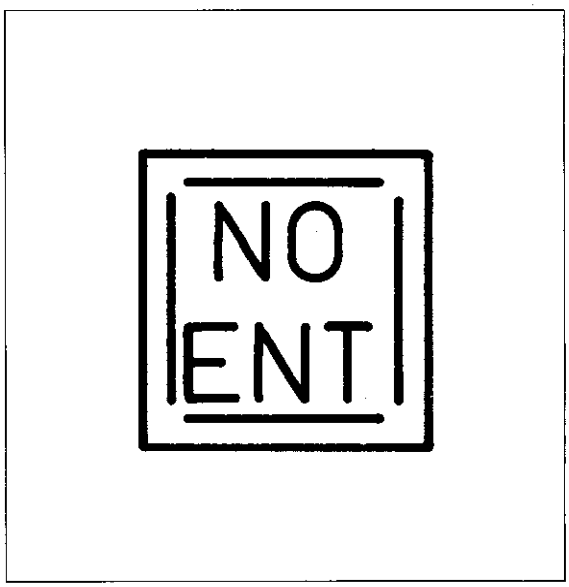
"ENT": Abkürzung für englisch "enter", sinngemäß "übernehmen, abspeichern, eintragen".

Beim Programmieren von Achsen ohne Zahlenwerte (z. B. zu spiegelnde Achse) darf die (ENT) Taste nicht gedrückt werden.



Übergehen von Dialog-Fragen

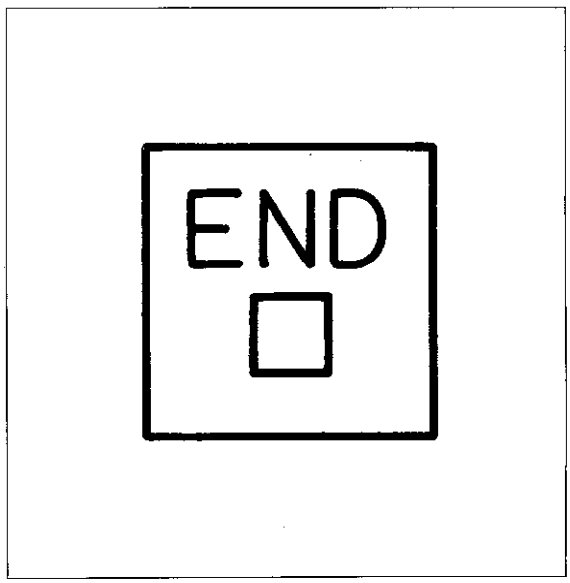
Bestimmte Eingaben bleiben von einem Satz zum nächsten Satz gleich, z. B. Vorschub oder Spindeldrehzahl. Die betreffenden Dialog-Fragen brauchen dann nicht mehr beantwortet zu werden und können mit der NO ENT Taste übergangen werden. Die bereits in das Hellfeld geschriebenen Eingaben werden dabei wieder gelöscht; auf dem Bildschirm erscheint die nächste Dialog-Frage.
Beim Abarbeiten des Programms gelten die zuvor unter der entsprechenden Adresse programmierten Werte.



Vorzeitiges Beenden eines Satzes

Mit der END □ -Taste ist es möglich, das Programmieren von Positioniersätzen, Werkzeug-Aufrufen oder der Zyklen "Nullpunkt" und "Spiegeln" vorzeitig zu beenden. Die END □ Taste kann nach der letzten Antwort als Übernahme-Taste (im Sinne von (ENT)) benutzt werden, oder direkt im Anschluß an die folgende Dialog-Frage (im Sinne von NO ENT) gedrückt werden.
Beim Abarbeiten des Programms gelten die zuvor unter der entsprechenden Adresse programmierten Werte.

□ ist das Symbol für einen Programmsatz.



Programmierung
Eingabe von Zahlenwerten

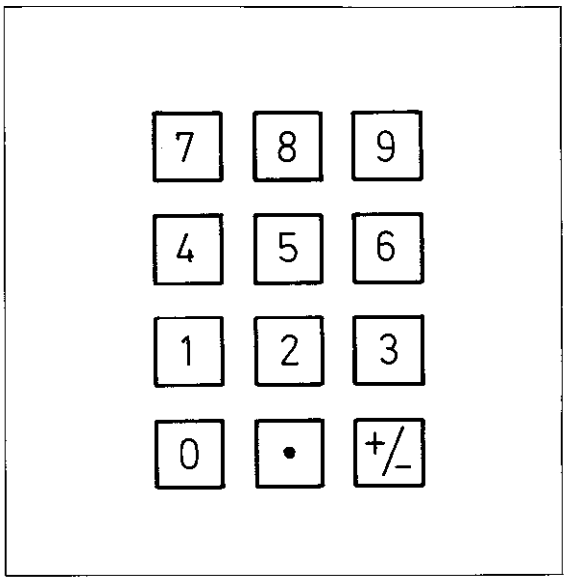
Eingabe von Zahlenwerten

Die Eingabe von Zahlenwerten erfolgt über die Zehnertastatur – mit Dezimalpunkt- und Vorzeichen-Taste. Dabei erübrigt es sich führende Nullen vor dem Dezimalpunkt einzugeben (der Dezimalpunkt wird am Bildschirm als Dezimalkomma angezeigt).

Die Vorzeichen-Eingabe ist vor, während und nach der Zahlen-Eingabe möglich.

Irrtümlich falsch eingegebene Zahlen können mit der CE Taste vor der Übernahme gelöscht und anschließend korrekt eingegeben werden.

Mit Drücken der CE Taste erscheint eine Null im Helfifeld!
Soll keine Eingabe erfolgen, ist die NO ENT Taste zu drücken!



Anmerkungen

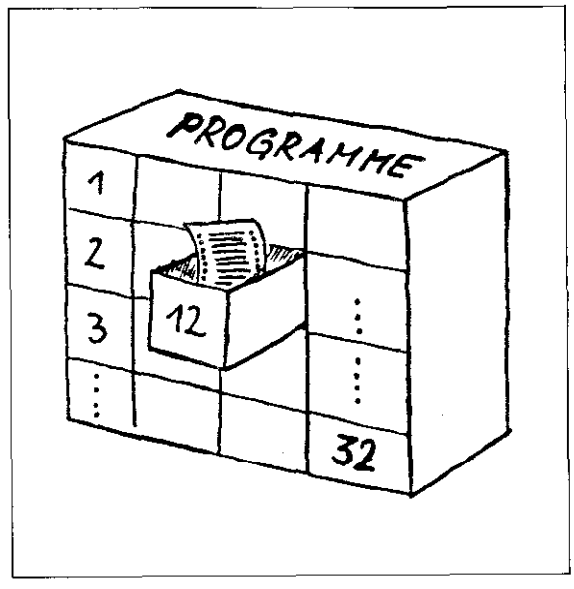
Programm-Verwaltung

Eingabe eines neuen Programms

Die Steuerung kann bis zu 32 Programme mit insgesamt 3100 Programmsätzen speichern. Ein Bearbeitungsprogramm kann bis zu 999 Sätze enthalten. Zur Unterscheidung der Programme ist es notwendig, jedes Bearbeitungsprogramm mit einer **Programm-Nummer** zu kennzeichnen.

Lösch- bzw. Editierschutz

Es ist möglich, Programme vor direktem Eingriff (z.B. Programmänderungen oder Löschen) zu schützen.



Inhalts-verzeichnis

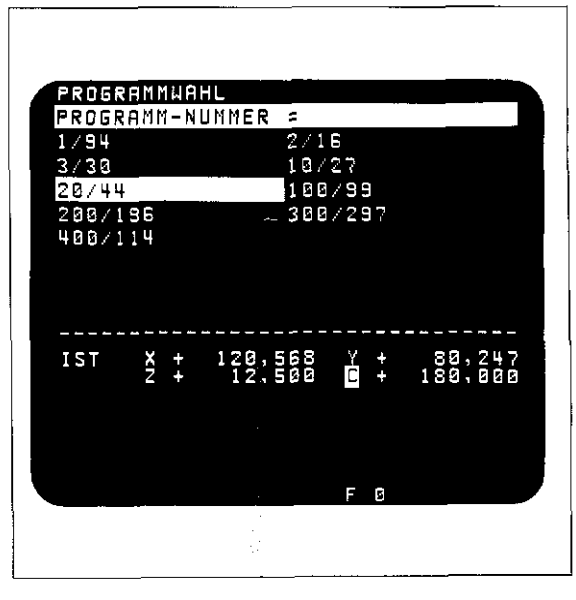
Der Dialog zur Eingabe oder zum Aufruf einer Programm-Nummer wird mit der Taste [PGM NR] eröffnet. Auf dem Bildschirm erscheint die **Programmbibliothek**, das **Inhaltsverzeichnis** der im Speicher der Steuerung befindlichen Programme. Hinter der Programm-Nummer ist die **Programmlänge (Anzahl der Programm-Sätze)** angegeben.

Aufruf eines bestehenden Programms

Bereits eingegebene Programme werden über die Programm-Nummer aufgerufen. Hierzu gibt es zwei Möglichkeiten:

- Die in der Steuerung gespeicherten Programme sind mit ihren Programm-Nummern auf dem Bildschirm aufgeführt. Die zuletzt eingegebene oder aufgerufene Nummer steht im Hellfeld. Dieses Hellfeld kann mit den Editiertasten [↑] [↓] [←] [→] in der Tabelle zur gewünschten Programm-Nummer bewegt werden. Das Programm wird durch Drücken der [ENT] Taste aufgerufen.

- Ein Programm kann auch durch Eintippen der Programm-Nummer aufgerufen werden.



Programm-Verwaltung

Eingabe einer neuen Programm-Nummer

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [PGM NR]

PROGRAMMWAHL

PROGRAMM-NUMMER = ▶ [ ] Programm-Nummer eingeben (maximal 8 Ziffern).

▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

MM = ENT / INCH = NO ENT ▶ [ENT] für **Maßangaben in mm**

oder

▶ [NO ENT] für **Maßangaben in inch**

Anzeige-Beispiel

0 BEGIN PGM 12345678 MM

1 END PGM 12345678 MM

Das Programm hat die Nummer 12345678; alle Maßangaben erfolgen in mm.
Mit dem Programmieren wird das Programm zwischen dem BEGIN-Satz und dem END-Satz eingefügt.

Anwählen einer vorhandenen Programm-Nummer

Betriebsart ..... [⇨] oder [⇨] oder [⇨] oder [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [PGM NR]

PROGRAMMWAHL

PROGRAMM-NUMMER =

Entweder die Programm-Nummer mit dem Hellfeld anwählen: ▶ [↓] [↑] [←] [→] Hellfeld auf gewünschte Nummer setzen.

▼ [ENT] Nummer übernehmen.

Oder die Programm-Nummer eingeben: ▶ [ ] Nummer eingeben.

▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

0 BEGIN PGM 8324 MM

1 L ...

Auf dem Bildschirm erscheint der Anfang des angewählten Programms.

Programm-Verwaltung
Programme mit Editierschutz

Lösch- bzw. Editierschutz

Nach der Programm-Erstellung kann ein Lösch- bzw. Editierschutz eingegeben werden. Programme mit Lösch- bzw. Editierschutz sind am Anfang und am Ende des Programms mit einem P gekennzeichnet.

Ein geschütztes Programm kann nur gelöscht werden, falls der Lösch- bzw. Editierschutz vorher aufgehoben wird. Dies geschieht durch Anwählen des Programmes und Eingabe der Schlüsselzahl 86 357.

Programm-Verwaltung
Programme mit Editierschutz

Lösch- bzw. Editierschutz eingeben

Betriebsart .....

0 BEGIN PGM 22 MM	▶ [→]	Satz-Nummer 0 des Programms anwählen, das geschützt werden soll. Taste drücken bis Dialog-Frage PGM – Schutz erscheint.
PGM – SCHUTZ ?	▶ [ENT]	
0 BEGIN PGM 22 MM [P]	[→]	Lösch- bzw. Editierschutz ist programmiert.

Anzeige-Beispiel

```
0 BEGIN PGM 22 MM    P

1 L...

2 L...
```

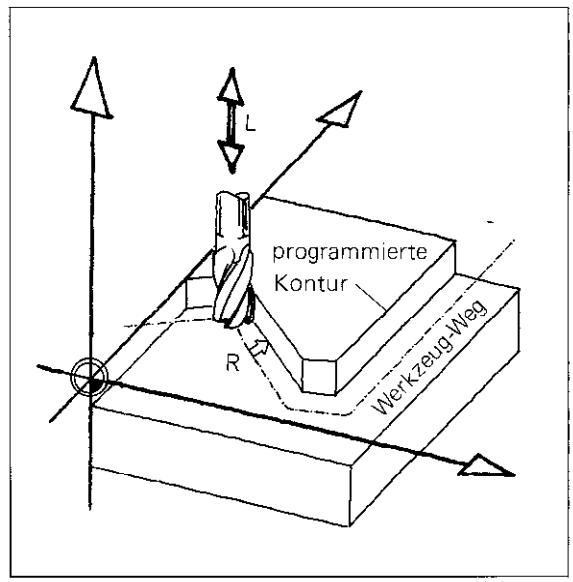
Lösch- bzw. Editierschutz aufheben

0 BEGIN PGM 22 MM P	▶ [MOD]	Programm, bei dem der Editierschutz aufgehoben werden soll, anwählen. Zusatzbetriebsart anwählen.
FREIE SAETZE 2951	▶ [↑]	Die MOD-Funktion "Schlüsselzahl" anwählen.
SCHLUESSEL-ZAHL =	▶ [ ]	Schlüsselzahl 86 357 eingeben.
	[ENT]	Lösch- bzw. Editierschutz ist aufgehoben.

Programmieren der Werkzeug-Korrektur

Werkzeug-Definition TOOL DEF

Damit die Steuerung aus der eingegebenen Werkstück-Kontur den Werkzeugweg errechnen kann, müssen Werkzeug-Länge und Werkzeug-Radius eingegeben werden. Diese Daten werden in der Werkzeug-Definition (engl. TOOL DEFINITION) programmiert.



Werkzeug-Nummer

Die Korrekturwerte beziehen sich jeweils auf ein bestimmtes Werkzeug, das mit einer Nummer gekennzeichnet wird.
Die möglichen Eingabewerte für die Werkzeug-Nummer richten sich nach der Ausstattung der Maschine:

mit automatischem Werkzeug-Wechsel: 1 – 99,

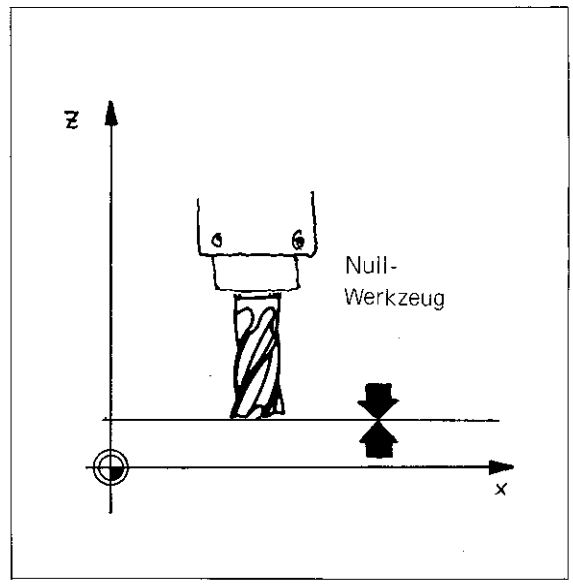
ohne automatischen Werkzeug-Wechsel: 1 – 254.

Werkzeug-Länge

Der **Korrekturwert** für die Werkzeug-Länge kann auf der Maschine oder an einem Voreinstellgerät ermittelt werden.

Wird der Längenkorrekturwert auf der Maschine ermittelt, so ist vorher der Werkstück-Nullpunkt festzulegen. Das Werkzeug, mit dem der Bezugspunkt gesetzt wurde, hat die Korrekturlänge 0 und heißt **Null-Werkzeug.**

Als **Werkzeug-Längenkorrekturen** werden dann die **Längenunterschiede** der anderen eingespannten Werkzeuge zum Null-Werkzeug programmiert.

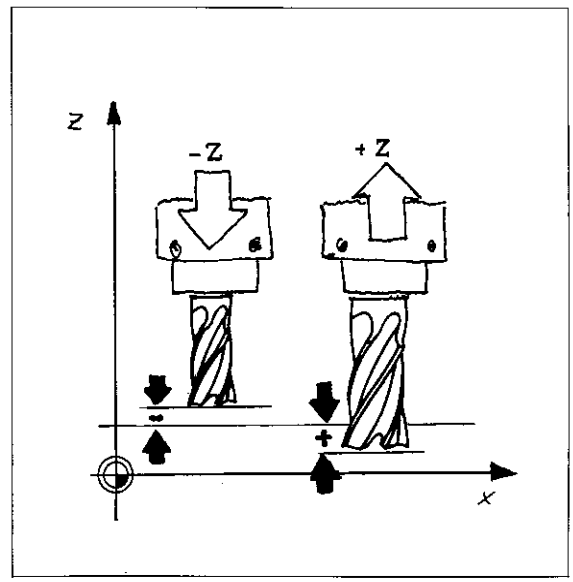


Vorzeichen

Ist ein Werkzeug kürzer als das Null-Werkzeug, so wird die Differenz als negative Werkzeug-Längenkorrektur eingegeben.

Ist ein Werkzeug länger als das Null-Werkzeug, so wird die Differenz als positive Werkzeug-Längenkorrektur programmiert

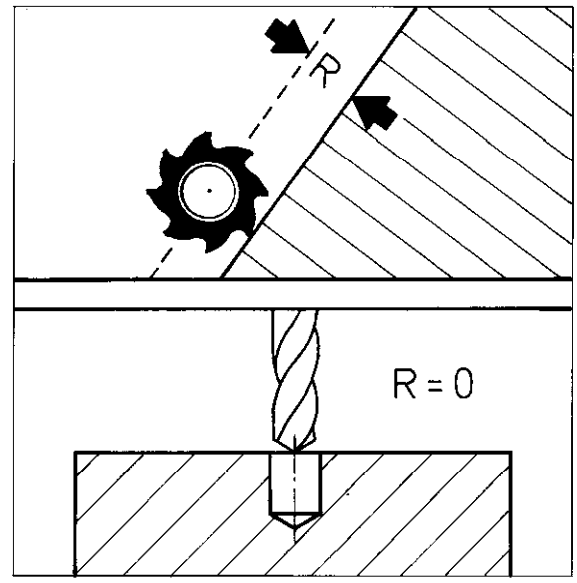
Wird ein **Voreinstellgerät** benutzt, sind alle Werkzeug-Längen bereits bekannt. Die Korrekturwerte werden nach Liste vorzeichenrichtig eingegeben.



Programmieren der Werkzeug-Korrektur

Werkzeug-Radius

Der Werkzeug-Radius wird grundsätzlich positiv eingegeben (Ausnahme: Rad uskorrektur bei achsparalleler Bearbeitung).



Bei Bohrwerkzeugen ist für den Werkzeug-Radius der Wert 0 einzugeben.

Möglicher Eingabebereich: ± 30 000,000 mm.

Anmerkungen

Programmieren der Werkzeug-Korrektur
Werkzeug-Definition

Eingabe einer Werkzeug-Korrektur

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [TOOL DEF]

WERKZEUG-NUMMER ?

▶ [ ] Werkzeug-Nummer eingeben.

▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

Unter TOOL DEF darf die Werkzeug-Nummer 0 nicht programmiert werden. Diese Nummer ist bereits intern belegt (s. "TOOL CALL 0"). Werkzeug-Länge und Werkzeug-Radius können auch im Playback-Verfahren eingegeben werden (s. "Werkzeug-Korrektur bei Playback").

WERKZEUG-LAENGE L ?

▶ [ ] Differenz zum Null-Werkzeug eingeben.

▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

WERKZEUG-RADIUS R ?

▶ [ ] Werkzeug-Radius eingeben.

▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

15 TOOL DEF 28 L + 15,780

R + 20,000

Das Werkzeug Nr. 28 hat die Korrekturwerte 15,780 mm und 20 mm für den Radius.

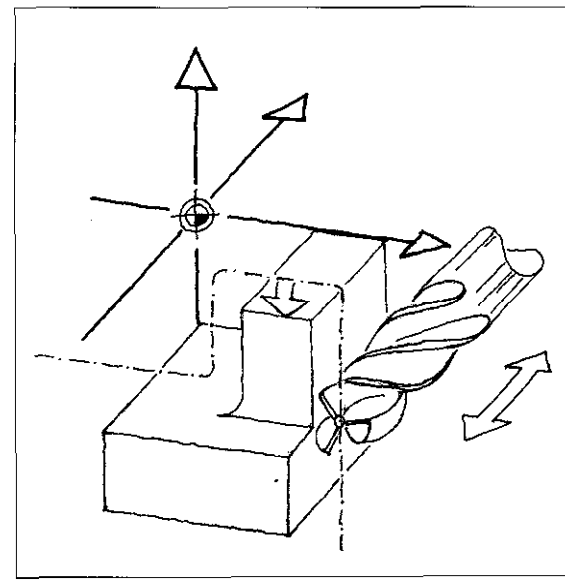
Programmieren der Werkzeug-Korrektur
Werkzeug-Aufruf

Werkzeug-Aufruf TOOL CALL

TOOL CALL ruft ein neues Werkzeug und die dazugehörigen Korrekturwerte für Länge und Radius auf.

Neben der **Werkzeug-Nummer** muß die Steuerung informiert werden in welcher Achse die Spindel arbeitet, um die Längenkorrektur in der richtigen Achse bzw. die Radiuskorrektur in der richtigen Ebene ausführen zu können.

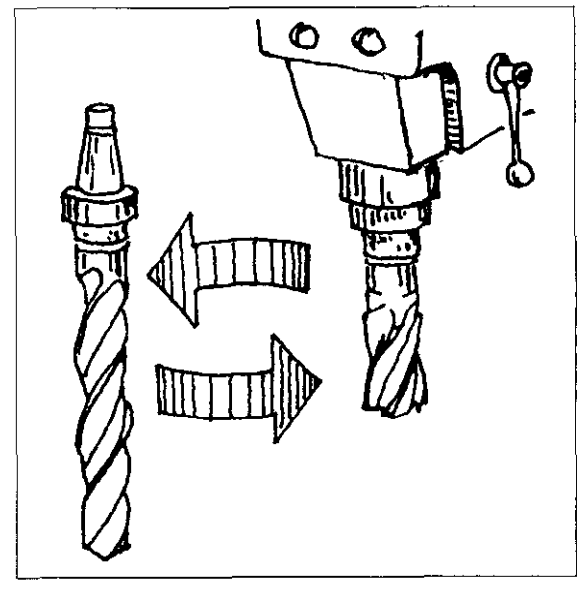
Direkt im Anschluß an die Spindelachse wird die **Spindel-Drehzahl** eingegeben. Liegt eine Drehzahl außerhalb des für die Maschine erlaubten Bereichs, so erscheint beim Programmlauf die Fehlermeldung = FALSCHE DREHZAHL =.



Werkzeug-Wechsel

Der **Werkzeug-Wechsel** erfolgt in einer definierten **Wechsel-Position**. Die Steuerung muß also das Werkzeug auf die **unkorrigierten Sollwerte** für die Werkzeugwechsel-Positionen fahren. Dazu müssen die Korrekturdaten des gerade in Arbeit befindlichen Werkzeugs abgewählt werden.

Dies geschieht mit dem Werkzeug-Aufruf
TOOL CALL 0:
Das Werkzeug fährt auf die gewünschte, unkorrigierte Soll-Position, die im nächsten Satz programmiert ist.

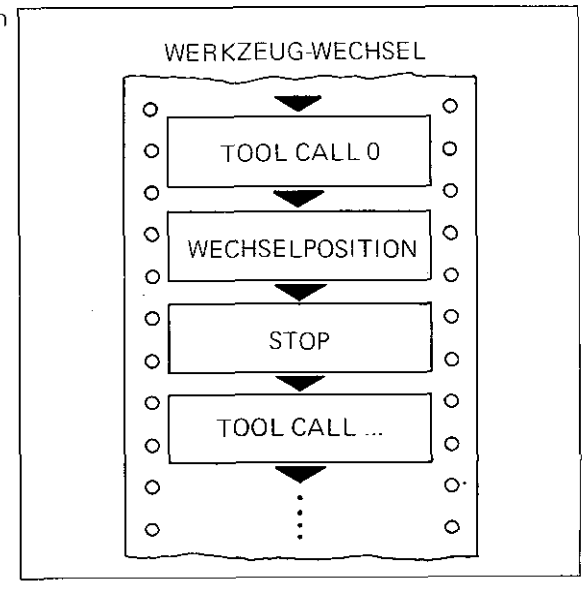


Programm-Struktur

Beim **Werkzeug-Wechsel von Hand** muß das Programm angehalten werden. Deshalb ist vor TOOL CALL ein Programmlauf-STOP einzugeben. Das Programm wird dann solange angehalten, bis die externe Start-Taste gedrückt wird.

Nur wenn ein Werkzeug-Aufruf lediglich zum Ändern einer Drehzahl programmiert wird, kann der Programmlauf-STOP entfallen.

Beim **automatischen Werkzeug-Wechsel** entfällt ein Programm-STOP. Das Programm läuft erst dann weiter, wenn der Werkzeug-Wechsel ausgeführt ist.



Programmieren der Werkzeug-Korrektur
Werkzeug-Aufruf/Programmlauf-Halt

Eingabe eines Werkzeug-Aufrufs

Betriebsart ..... [⇒]

Dialog-Eröffnung ..... [TOOL CALL]

WERKZEUG-NUMMER ? ▶ [ ] Werkzeug-Nummer eingeben.
▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

▼

SPINDELACHSE PARALLEL X/Y/Z ? ▶ [Z] Spindelachse eingeben, z. B. Z.

▼

SPINDELDREHZAHL S IN U/MIN ? ▶ [ ] Spindeldrehzahl eingeben (siehe Tabelle nächste Seite).
▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

TOOL CALL 5 Z **S 125,000**	Das Werkzeug Nr. 5 wird aufgerufen. Die Spindelachse arbeitet in Richtung der Z-Achse, die Drehzahl beträgt 125 U/min.

Eingabe eines Programmlauf-Halts

Betriebsart ..... [⇒]

Dialog-Eröffnung ..... [STOP]

ZUSATZ-FUNKTION M ?

Zusatz-Funktion erwünscht: ▶ [ ] Zusatz-Funktion eingeben.
▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

Keine Zusatz-Funktion erwünscht: ▶ [NO ENT] Keine Eingabe.

Anzeige-Beispiel

18 STOP	Der Programmlauf wird im Satz 18 angehalten.
M	Keine Zusatz-Funktion.

Werkzeug-Aufruf
Spindeldrehzahlen

Programmierbare Spindeldrehzahlen (bei codierter Ausgabe)

S in U/min	S in U/min	S in U/min	S in U/min	S in U/min
0	1	10	100	1000
0,112	1,12	11,2	112	1120
0,125	1,25	12,5	125	1250
0,14	1,4	14	140	1400
0,16	1,6	16	160	1600
0,18	1,8	18	180	1800
0,2	2	20	200	2000
0,224	2,24	22,4	224	2240
0,25	2,5	25	250	2500
0,28	2,8	28	280	2800
0,315	3,15	31,5	315	3150
0,355	3,55	35,5	355	3550
0,4	4	40	400	4000
0,45	4,5	45	450	4500
0,5	5	50	500	5000
0,56	5,6	56	560	5600
0,63	6,3	63	630	6300
0,71	7,1	71	710	7100
0,8	8	80	800	8000
0,9	9	90	900	9000

Die Drehzahlen müssen bei codierter Ausgabe der Spindel-Drehzahlen im Bereich der Normwerte liegen. Die Steuerung rundet gegebenenfalls auf den nächsten Normwert auf.

Programmierbare Spindeldrehzahlen (bei analoger Ausgabe)

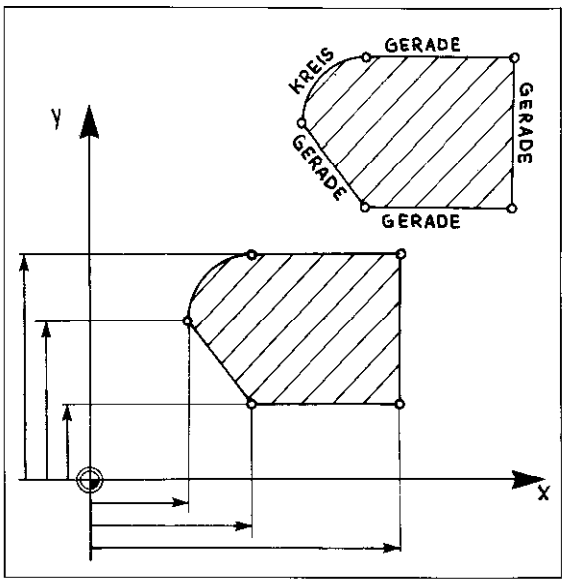
Die programmierten Drehzahlen müssen nicht den Werten in der Tabelle entsprechen. Es können beliebige Drehzahlen eingegeben werden, vorausgesetzt die maximale Drehzahl wird nicht überschritten und die minimale Drehzahl nicht unterschritten.
Das Potentiometer "Spindel Override" überlagert der programmierten Drehzahl den eingestellten % Fehler.

Ob Ihre Maschine mit codierter oder analoger Ausgabe der Spindeldrehzahl arbeitet, erfahren Sie von Ihrem Werkzeugmaschinen-Hersteller.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Kontur

Die Werkstück-Kontur

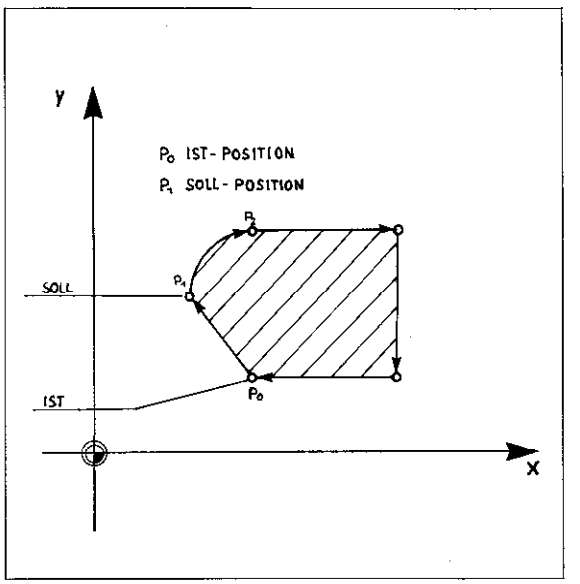
Die bei der TNC 155 programmierbaren Werkstück-Konturen setzen sich aus den Kontur-Elementen **Gerade** und **Kreis** zusammen.



Erzeugung der Werkstück-Kontur

Für die Erzeugung einer Kontur müssen der Steuerung Art und Lage der einzelnen Kontur-Elemente mitgeteilt werden. Da in jedem Programm-Satz der nächste Schritt festgelegt wird, genügt es

- die **Koordinaten** des jeweiligen Zielpunkts einzugeben und
- **wie**, d.h. auf welcher Bahn (Gerade oder Kreis bzw. ggf. Spirale) der Zielpunkt erreicht werden soll.



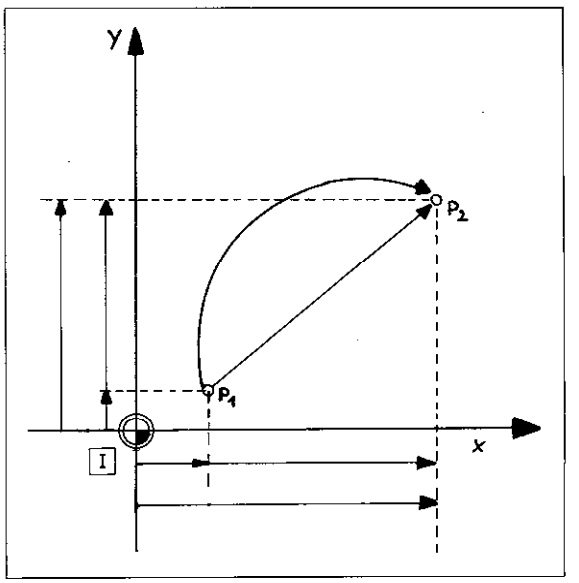
Programmieren von Koordinaten

Koordinaten eines Punktes können erst dann eingegeben werden, wenn die **Bahn**, auf der dieser Punkt erreicht werden soll, festgelegt ist.

Die Bahn wird mit einer der **Bahnfunktions-Tasten** (siehe nächste Seite) programmiert. Diese Tasten eröffnen gleichzeitig den Eingabe-Dialog.

Inkremental-/ Absolutmaß

Sollen die Koordinaten des Punktes als **Inkrementalmaß** eingegeben werden, so muß die [I] Taste gedrückt werden. Die rote Meldelampe zeigt an, daß die Eingabe als Inkrementalmaß übernommen wird. Die [I] Taste ist eine Wechselschalt-Taste. Durch nochmaliges Drücken der [I] Taste wird wieder auf **Absolutmaßeingabe** umgeschaltet und die rote Meldelampe erlischt.



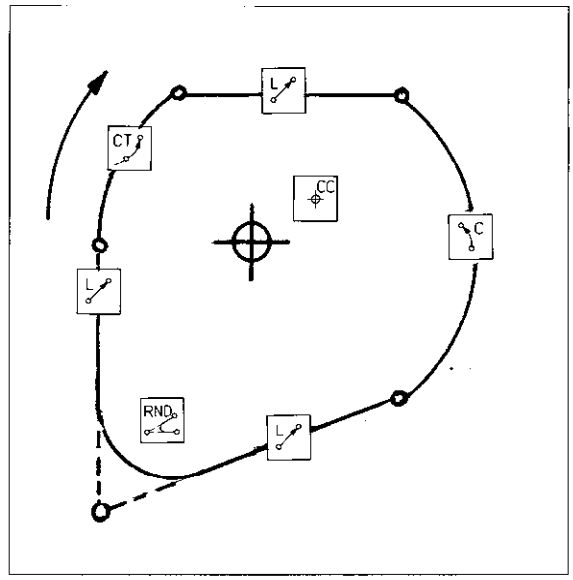
Programmieren der Werkstück-Kontur
Bahnfunktions-Tasten/Rechtwinklige Koordinaten

Bahnfunktions-Tasten

Geraden- oder Linear-Interpolation L ("Line"):
Das Werkzeug bewegt sich auf einer Geraden. Zu programmieren ist der Endpunkt der Geraden.

Kreis- oder Circular-Interpolation C ("Circle"):
Das Werkzeug bewegt sich auf einer Kreisbahn. Zu programmieren ist der Endpunkt des Kreisbogens.

Kreismittelpunkt CC ("Circle Centre")(zugleich Pol für Polarkoordinaten):
Programmierung des Kreismittelpunkts für Kreis-Interpolation bzw. des Pols für Polarkoordinaten-Eingabe.

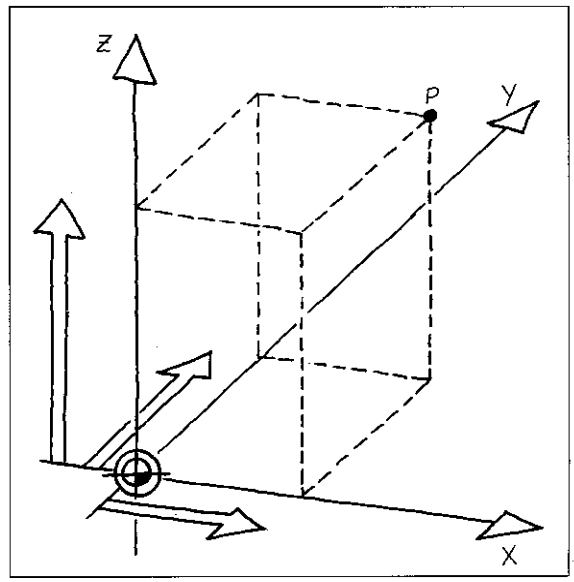


Ecken-Runden RND:
Das Werkzeug fügt einen Kreisbogen mit tangentialen Übergängen in die anschließende Kontur ein. Zu programmieren ist nur der Radius des Kreisbogens.

Anschluß-Kreis CT:
Das Werkzeug fügt einen Kreisbogen mit tangentialem Übergang an das vorhergehende Konturelement an. Zu programmieren ist nur der Endpunkt des Kreisbogens.

Rechtwinklige Koordinaten

Es können maximal drei Achsen mit den dazugehörigen Zahlenwerten programmiert werden. Wird die IV. Achse als Rundtisch-Achse (A-, B- oder C-Achse) verwendet, muß die Eingabe in ° erfolgen.



Programmieren der Werkstück-Kontur
Rechtwinklige Koordinaten

Eingabe von rechtwinkligen Koordinaten

Dialog-Frage:

KOORDINATEN ?	X	Achse wählen, z. B. X.
	I	Inkremental – Absolut?
		Zahlenwert eingeben.
	Y	nächste Koordinate, z. B. Y eingeben und ggf. dritte Koordinate eingeben (maximal 3 Achsen)
Ist die Eingabe **aller Koordinaten** erfolgt:	ENT	Eingabe übernehmen.

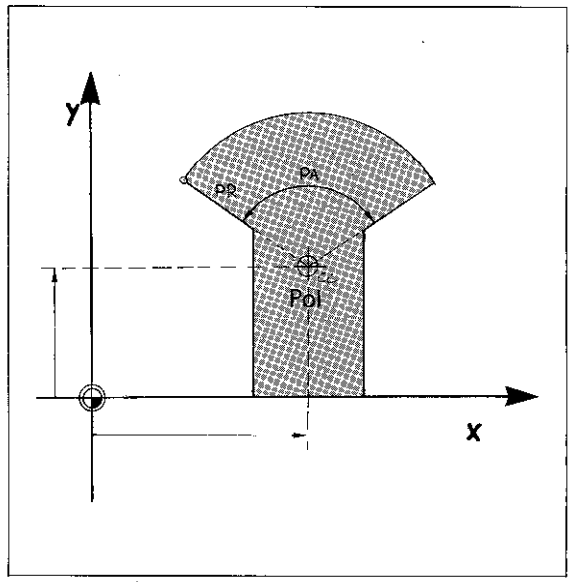
Programmieren der Werkstück-Kontur
Polarkoordinaten

Pol CC

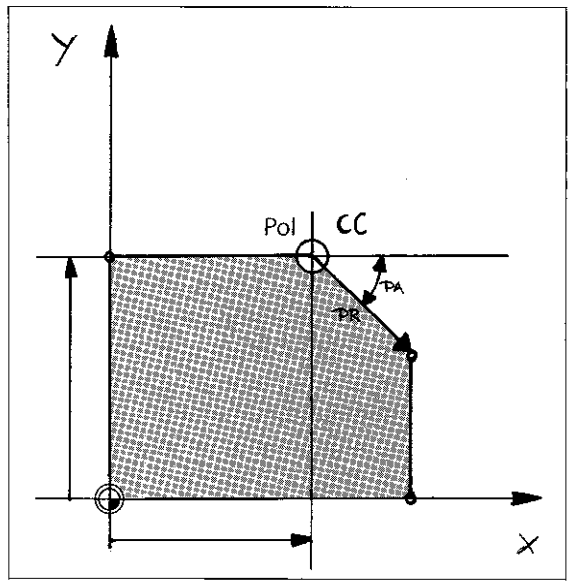
Vor der Eingabe von Polarkoordinaten muß der Pol festgelegt sein.

Drei Arten der Programmierung sind möglich:

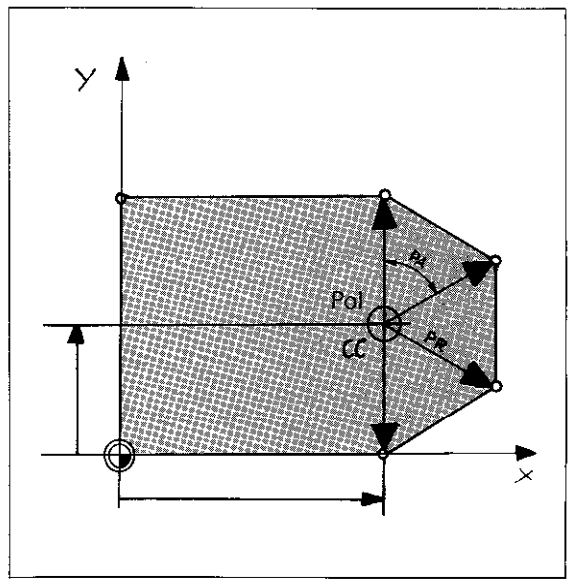
- Der Pol wird durch rechtwinklige Koordinaten neu definiert.



- Die letzte Soll-Position wird als Pol übernommen. Programmiert wird ein leerer CC-Satz. Die zuletzt programmierten Koordinaten des Programms werden dann zur Pol-Definition herangezogen.



- Der Pol hat die im letzten CC-Satz programmierten Koordinaten.
  Es braucht kein CC-Satz programmiert zu werden.



Der Pol kann nur in rechtwinkligen Koordinaten programmiert werden.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Polarkoordinaten/Pol

Eingabe des Pols

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CC]

KOORDINATEN ?	[X]	Erste Achse wählen, z. B. X.
	[I]	Inkremental — Absolut ?
	[ ]	Zahlenwert eingeben.
Ändert sich zur letzten Soll-Position nur eine Koordinate, braucht die andere Koordinate nicht eingegeben zu werden.	[Y]	Zweite Achse wählen, z. B. Y.
	[I]	Inkremental — Absolut ?
	[ ]	Zahlenwert eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.

Wenn der letzte Positions-Sollwert als Pol übernommen werden soll, Tasten [NO ENT] oder [END] drücken.

Anzeige-Beispiel 1

```
27 CC X + 10,000  Y + 45,000
```

Der Pol hat die absolute X-Koordinate 10 und die inkrementale Y-Koordinate 45.

Anzeige-Beispiel 2

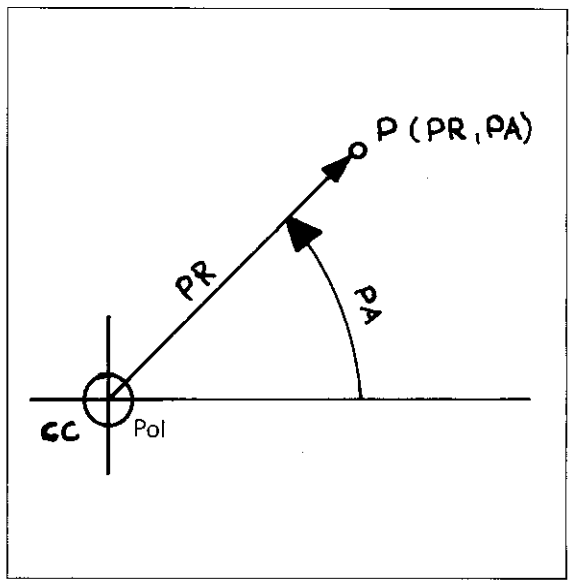
```
92 L  X + 20,500    Y + 33,000

                    R  F        M

93 CC
```

Der Pol im Satz 93 hat die Koordinaten X 20,500 und Y 33,000.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Polarkoordinaten

Polar-Koordinaten

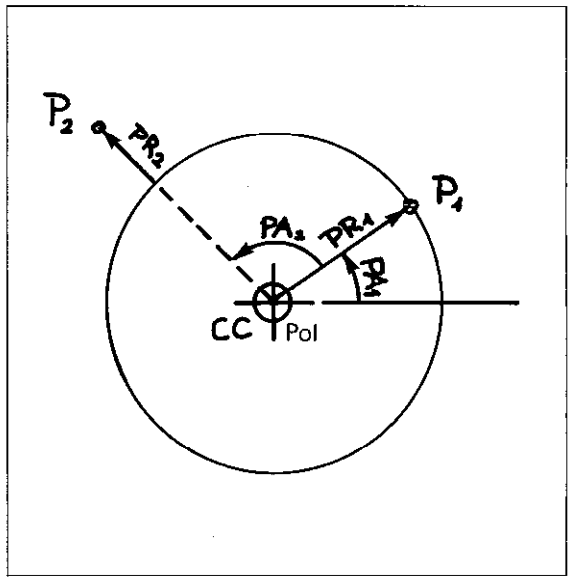
Punkte können wahlweise auch durch Polarkoordinaten (Polarkoordinaten-Radius PR, Polarkoordinaten-Winkel PA) festgelegt werden.
Polarkoordinaten beziehen sich immer auf einen bestimmten **Pol CC.**



Eingabe Inkremental

Bei inkrementaler Eingabe wächst der Polarkoordinaten-Radius um den programmierten Wert.
Ein inkrementaler Polarkoordinaten-Winkel PA bezieht sich auf den Schenkel des zuletzt eingegebenen Winkels.

Beispiel: Der Punkt P1 hat die Polarkoordinaten PR1 (absolut) und PA1 (absolut). Der Punkt P2 hat die Polarkoordinaten PR2 (inkremental) und PA2 (inkremental). Für PR2 wird nur die **Radiusänderung**, für PA2 nur die **Winkeländerung** als Wert eingegeben. Der Punkt P2 hat die Absolut-Werte PR = (PR1 + PR2) und PA = (PA1 + PA2).



Programmieren der Werkstück-Kontur
Polarkoordinaten

Eingabe von Polar-Koordinaten

Dialog-Frage:

POLARKOORDINATEN-RADIUS PR ?

- I — Inkremental – Absolut ?
- Polarkoordinaten-Radius PR zum Zielpunkt eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

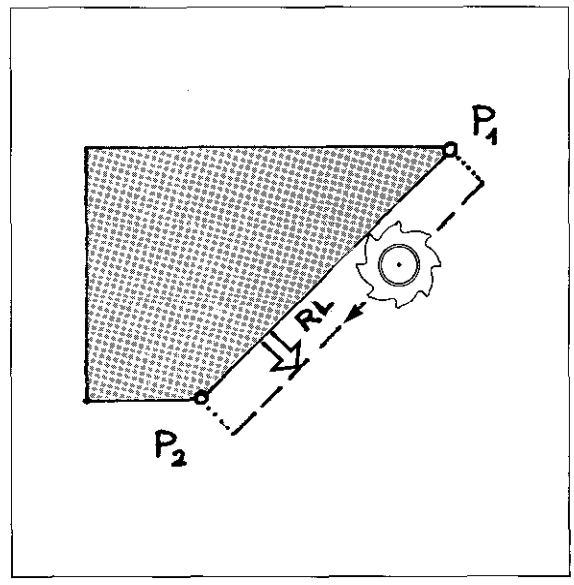
POLARKOORDINATEN-WINKEL PA ?

- I — Inkremental – Absolut ?
- Winkel PA zur Bezugsachse eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Radiuskorrektur-Bahnkorrektur

Werkzeug-Radiuskorrektur

Zur automatischen Kompensation von Werkzeuglänge und -radius – wie in den TOOL DEF-Sätzen eingegeben – benötigt die Steuerung die Angabe, ob sich das Werkzeug in Vorschubrichtung links, rechts oder auf der programmierten Kontur befinden soll.

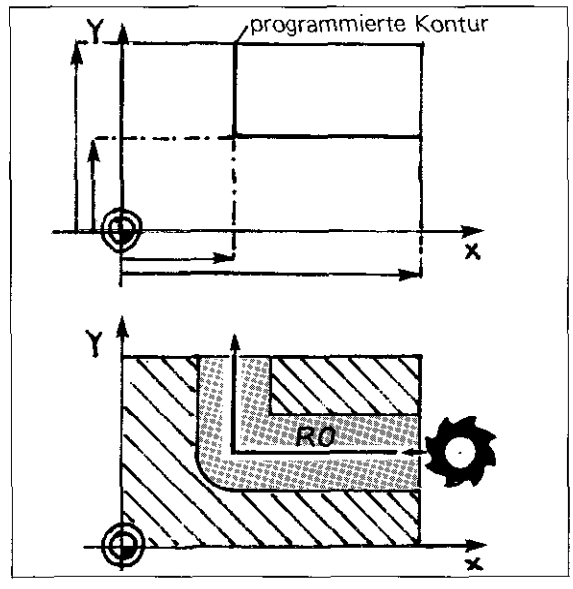


Bahnkorrektur

Fährt das Werkzeug mit Bahnkorrektur, d.h. bewegt sich der Mittelpunkt des Werkzeugs unter Berücksichtigung des programmierten Werkzeug-Radius, so folgt es einer Bahn, die im Abstand des Werkzeugradius parallel zur Kontur verläuft (äquidistant).

Programmieren der Radiuskorrektur

Die Radiuskorrektur wird über die Wechselschalt-Tasten [R⁻ᴸ] und [R⁺ᴿ] eingegeben. Die rote Meldelampe über jeder Taste zeigt an, wie der Werkzeugradius von der Steuerung verrechnet wird.

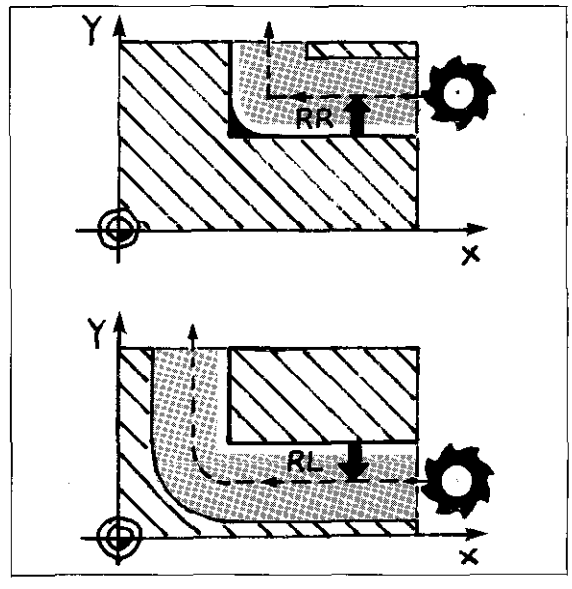


R0

Soll das Werkzeug auf der programmierten Kontur fahren, darf in dem Positioniersatz keine Radiuskorrektur wirksam sein.

RR

Soll das Werkzeug im Abstand des Radius **rechts** von der programmierten **Kontur** fahren, ist die Taste [R⁺ᴿ] zu drücken. Die rote Meldelampe zeigt an, daß die Funktion [R⁺ᴿ] wirksam ist.



RL

Soll das Werkzeug im Abstand des Radius **links** von der programmierten **Kontur** fahren, so muß die Taste [R⁻ᴸ] gedrückt werden. Die rote Meldelampe zeigt an, daß die Funktion [R⁻ᴸ] wirksam ist.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Radiuskorrektur

Eingabe RL oder RR

Dialog-Frage:

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?	▶ [R⁻ᴸ] [R⁺ᴿ]	Radiuskorrektur anwählen.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Eingabe R0

Keine rote Meldelampe über [R⁺ᴿ] und [R⁻ᴸ] darf leuchten.

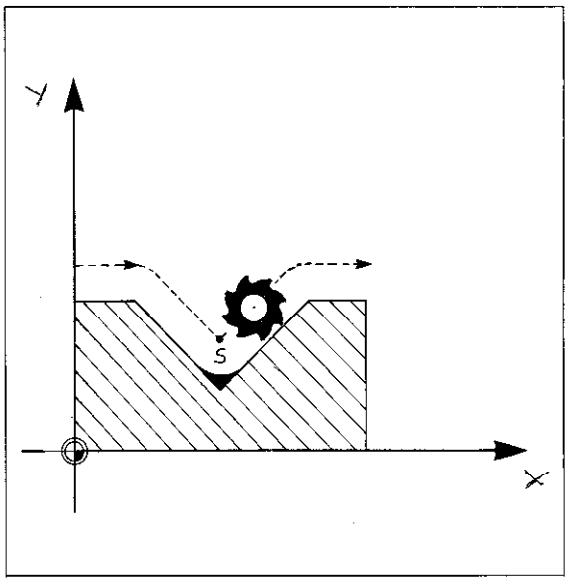
Dialog-Frage:

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?	▶ [ENT]	"Keine Korrektur" übernehmen.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Bahnkorrektur

Bahnkorrektur bei Innenecken

Nach Aufruf der Radiuskorrektur ermittelt die Steuerung bei **Innenecken** automatisch den **Schnittpunkt S** der kontur-parallelen (äquidistanten) Fräserbahn. Dadurch wird eine Hinterschneidung der Kontur an der Innenecke verhindert; das Werkstück wird nicht beschädigt.

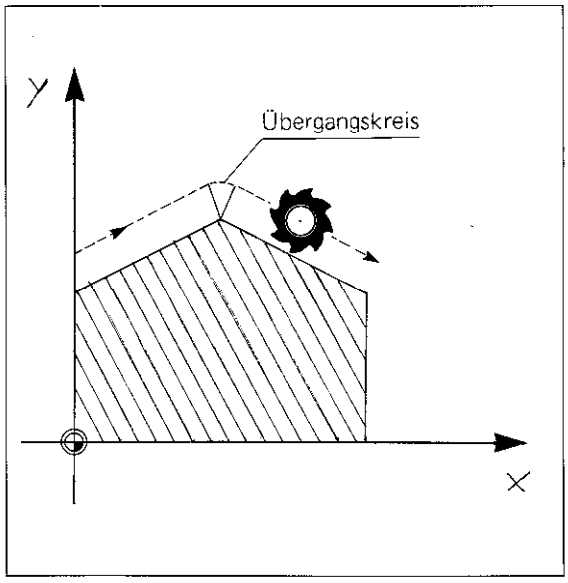


Bahnkorrektur bei Außenecken

Bei einer programmierten Radiuskorrektur fügt die Steuerung an Außenecken einen **Übergangskreis** ein, so daß sich das Werkzeug am Eckpunkt abwälzt.

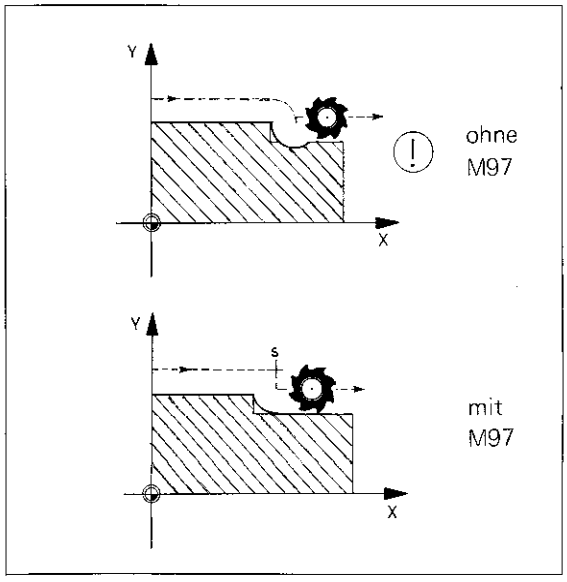
Dadurch wird das Werkzeug in den meisten Fällen mit konstanter Bahngeschwindigkeit um die Außenecke geführt. Ist der programmierte Vorschub für den Übergangskreis zu hoch, wird die Bahngeschwindigkeit auf einen kleineren Wert reduziert, (was zu einer genaueren Kontur führt). Der Grenzwert ist in der Steuerung fest programmiert.

Diese automatische Reduzierung kann ggf. mit der Zusatzfunktion M90 (s. "Bahngeschwindigkeit") aufgehoben werden.



Bahn-schnittpunkt-Korrektur M97

Wenn der Werkzeugradius größer als die **Konturstufe** ist, kann der Übergangskreis an Außenecken zu einer Beschädigung der Kontur führen.
Über die Zusatzfunktion **M97** wird das Einfügen des Übergangskreises verhindert. Die Steuerung ermittelt dann einen weiteren **Bahnschnittpunkt S** und fährt das Werkzeug über diesen Punkt, die Kontur wird nicht beschädigt.

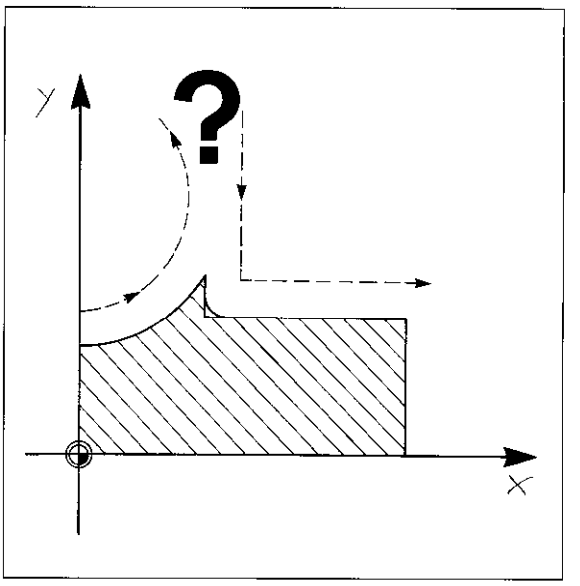


Die Bahnschnittpunkt-Korrektur M97 ist satzweise wirksam. Sie muß in dem Satz programmiert werden, in dem der Außeneckpunkt programmiert ist.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Bahnkorrektur

Sonderfall bei M97

In besonderen Fällen, z. B. Konturschnittpunkt Kreis – Gerade, findet die Steuerung bei einer Bahnkorrektur mit M97 keinen Bahn-Schnittpunkt. Bei der Abarbeitung des Programms erscheint die Fehlermeldung
= WERKZEUG-RADIUS ZU GROSS =



Abhilfe

Man fügt im Programm einen Hilfs-Positioniersatz ein, der an dem Endpunkt des Kreisbogens ein Geradenstück mit der Länge Null anhängt. Die Steuerung führt dann eine Geraden-Interpolation aus, die zur Ermittlung des Schnittpunkts S führt.

Beispiel

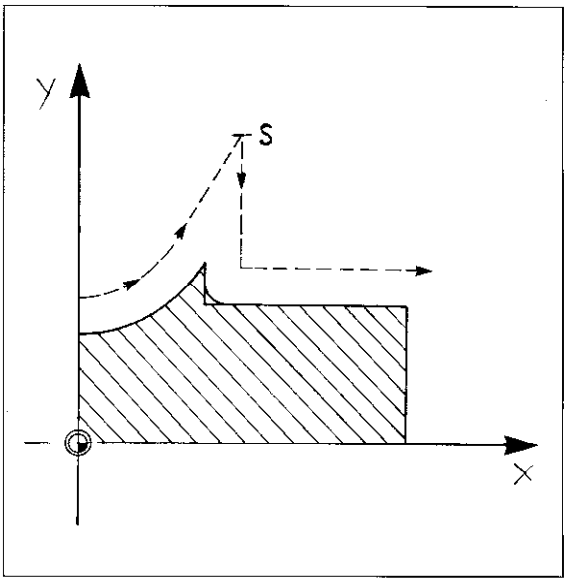
16 CC Kreis-Mittelpunkt

17 C Kreis-Endpunkt

18 L IX 0,000 IY 0,000
R F M97

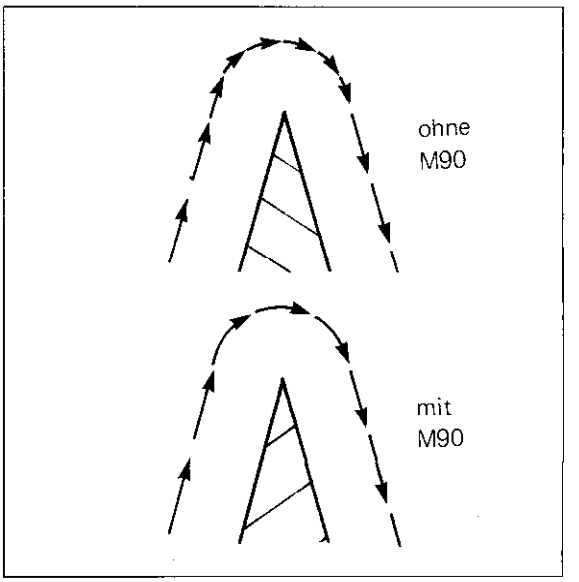
19 L Gerade

Im Satz 18 ist ein Geradenstück der Länge Null programmiert.



Konstante Bahngeschwindigkeit bei Außenecken M90

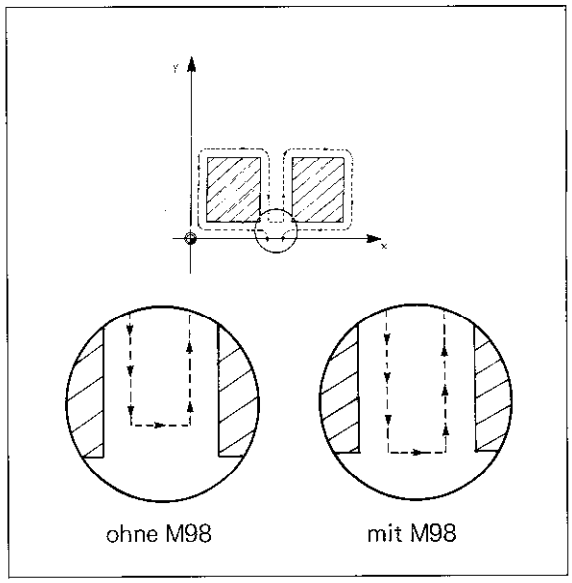
Die Reduzierung des Vorschubs bei Außenecken läßt sich über die Zusatzfunktion M90 aufheben, was zu einer geringfügigen Konturverzerrung führen kann.
Diese M-Funktion ist abhängig von den gespeicherten Maschinen-Parametern (Betrieb mit Schlepp-Fehler). Ob die Steuerung auf diese Weise arbeitet, teilt ggf.der Maschinen-Hersteller mit.



Programmieren der Werkstück-Kontur
Bahnkorrektur

Beenden der Bahnkorrektur M98

Die Zusatz-Funktion M98 im Positioniersatz zum letzten Konturpunkt bewirkt, daß das betroffene Konturelement vollständig bearbeitet wird.
Ist wie im nebenstehendem Beispiel eine weitere Kontur programmiert, so wird infolge M98 der erste Konturpunkt mit Radiuskorrektur angefahren, und auch diese Kontur vollständig bearbeitet (s. auch "Wegfahr-Anweisung").



Anmerkungen

Programmieren der Werkstück-Kontur
Vorschub F/Zusatz-Funktion M

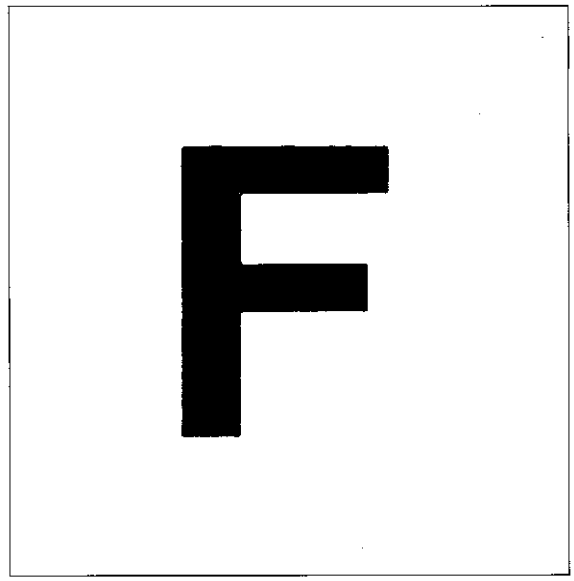
Vorschub

Der **Vorschub F**, also die Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs auf der Werkzeugbahn, wird in mm/min bzw. in 0,1 inch/min programmiert; bei Rundtischen (A-, B- oder C-Achse) bezieht sich der Eingabewert auf °/min.

Mit dem **Vorschub-Override** auf der Frontplatte der Steuerung kann der Vorschub in einem Bereich von 0 bis 150 % variiert werden.

Die **maximalen Eingabewerte** (Eilgang) für den Vorschub sind
- 15 999 mm/min. bzw.
- 6 299/10 inch/min.

Die maximale Vorschubgeschwindigkeit der einzelnen Maschinenachsen wird vom Maschinenhersteller über die Maschinenparameter festgelegt.

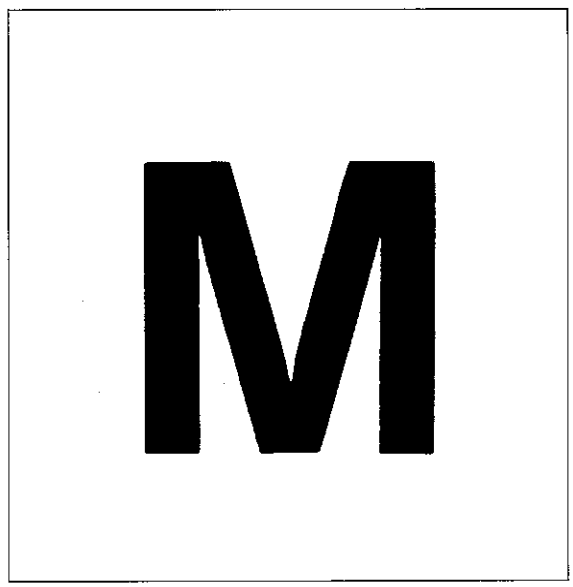


Zusatz-Funktion

Zur Ansteuerung von speziellen Maschinenfunktionen (z. B. Spindel "Ein") und zur Beeinflussung des Werkzeug-Fahrverhaltens können Zusatz-Funktionen programmiert werden. Die Zusatz-Funktionen bestehen aus der **Adresse M** und einer **Codezahl**.

Bei der Programmierung ist darauf zu achten, daß bestimmte M-Funktionen zu Beginn des Satzes (z. B. M03: Spindel "Ein"-Rechtslauf) wirken, andere hingegen erst am Satz-Ende wirksam werden (z. B. M05: Spindel "Halt").

Eine Auflistung aller M-Funktionen befindet sich auf den nächsten Seiten.



Programmieren der Werkstück-Kontur
Eingabe des Vorschubs/ Eingabe einer Zusatz-Funktion

Eingabe des Vorschubs

Dialog-Frage:

VORSCHUB ? F =	▶ ☐	Zahlenwert eingeben.
	▼ (ENT)	Eingabe übernehmen.

Eingabe einer Zusatz-Funktion

Dialog-Frage:

ZUSATZ-FUNKTION M ?	▶ ☐	Code eingeben.
	▼ (ENT)	Eingabe übernehmen.

Zusatz-Funktionen M

M-Funktionen mit Einfluß auf den Programm-Ablauf

M	Funktion	Wirksam am Satz-Anfang	Wirksam am Satz-Ende
M00	Programmlauf-Halt Spindel-Halt Kühlmittel-Aus		•
M02	Programmlauf-Halt Spindel-Halt Kühlmittel-Aus Rücksprung zu Satz 1		•
M03	Spindel-Ein im Uhrzeigersinn	•	
M04	Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn	•	
M05	Spindel-Halt		•
M06	Werkzeug-Wechsel ggf. Programmlauf-Halt (abhängig von den eingegebenen Maschinenparametern) Spindel-Halt Kühlmittel-Aus		•
M08	Kühlmittel-Ein	•	
M09	Kühlmittel-Aus		•
M13	Spindel-Ein im Uhrzeigersinn Kühlmittel-Ein	•	
M14	Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn Kühlmittel-Ein	•	
M30	wie M02		•
M89	Zyklus-Aufruf (modal wirksam)	•	
M90	Konstante Bahngeschwindigkeit bei Ecken (s. "Bahngeschwindigkeit")	•	
M91	**im Positioniersatz:** Werkstück-Nullpunkt wird durch den Referenzpunkt ersetzt	•	
M92	**im Positioniersatz:** Gesetzter Werkstück-Nullpunkt wird durch eine vom Maschinen-Hersteller mit Maschinenparameter definierte Position ersetzt, z. B. Werkzeug-Wechsel-Position.	•	
M93	Die Belegung dieser M-Funktion behält sich die Firma HEIDENHAIN vor.	•	
M94	Reduktion der Positionsanzeige der Rundtisch-Achse auf einen Wert unter 360°	•	
M95	Ändern des Anfahrverhaltens (s. "Anfahranweisung M95")		•
M96	Ändern des Anfahrverhaltens (s. "Anfahranweisung M96")		•
M97	Bahnschnittpunkt-Korrektur bei Außenecken		•
M98	Bahnkorrektur-Ende		•
M99	Zyklus-Aufruf		•

Zusatz-Funktionen M

Freie Zusatz-Funktionen

Freie Zusatz-Funktionen werden vom Maschinenhersteller festgelegt und können der Maschinen-Betriebsanleitung entnommen werden.

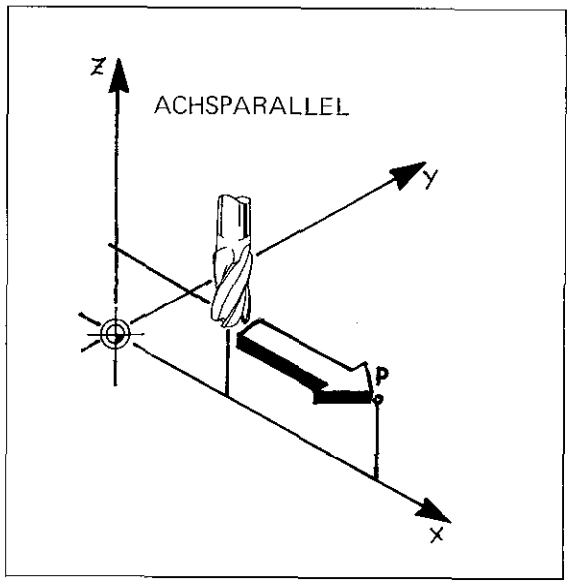
M	Funktion	Wirksam am Satz-Anfang	Wirksam am Satz-Ende
M01			●
M07		●	
M10			●
M11		●	
M12			●
M15		●	
M16		●	
M17		●	
M18		●	
M19		●	
M20		●	
M21		●	
M22		●	
M23		●	
M24		●	
M25		●	
M26		●	
M27		●	
M28		●	
M29		●	
M31		●	
M32			●
M33			●
M34			●
M35			●
M36		●	
M37		●	
M38		●	
M39		●	
M40		●	
M41		●	
M42		●	
M43		●	
M44		●	
M45		●	
M46		●	
M47		●	
M48		●	
M49		●	
M50		●	
M51		●	

M	Funktion	Wirksam am Satz-Anfang	Wirksam am Satz-Ende
M52			●
M53			●
M54			●
M55		●	
M56		●	
M57		●	
M58		●	
M59		●	
M60			●
M61		●	
M62		●	
M63			●
M64			●
M65			●
M66			●
M67			●
M68			●
M69			●
M70			●
M71		●	
M72		●	
M73		●	
M74		●	
M75		●	
M76		●	
M77		●	
M78		●	
M79		●	
M80		●	
M81		●	
M82		●	
M83		●	
M84		●	
M85		●	
M86		●	
M87		●	
M88		●	

Programmieren der Werkstück-Kontur
Geraden

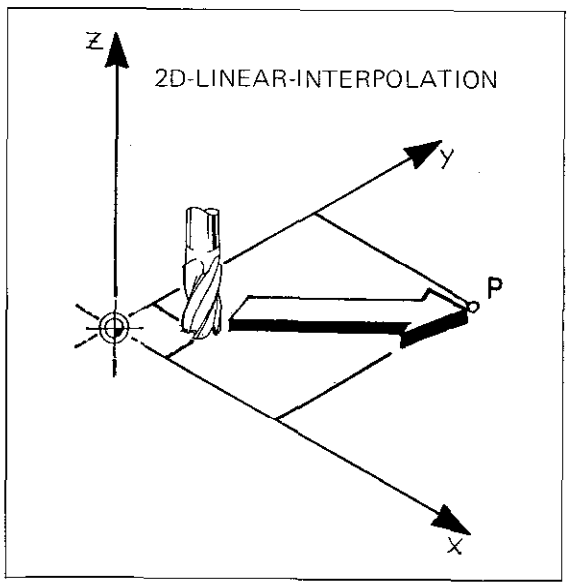
Achsparalleles Verfahren

Bewegt sich das Werkzeug relativ zum Werkstück auf einer Geraden parallel einer **Maschinenachse,** so spricht man von einer **achsparallelen** Positionierung bzw. Bearbeitung.



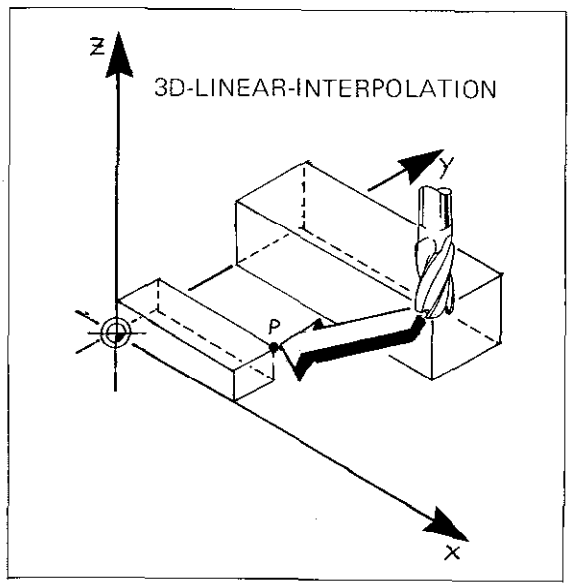
2D-Linear-Interpolation

Wird in einer **Haupt-Ebene** (XY, YZ, ZX) auf einer Geraden verfahren, so spricht man von einer **2D-Linear-Interpolation.**



3D-Linear-Interpolation

Wird das Werkzeug relativ zum Werkstück mit simultaner (gleichzeitiger) Bewegung aller **drei Maschinen-Achsen** auf einer Geraden geführt, so spricht man von einer **3D-Linear-Interpolation.**

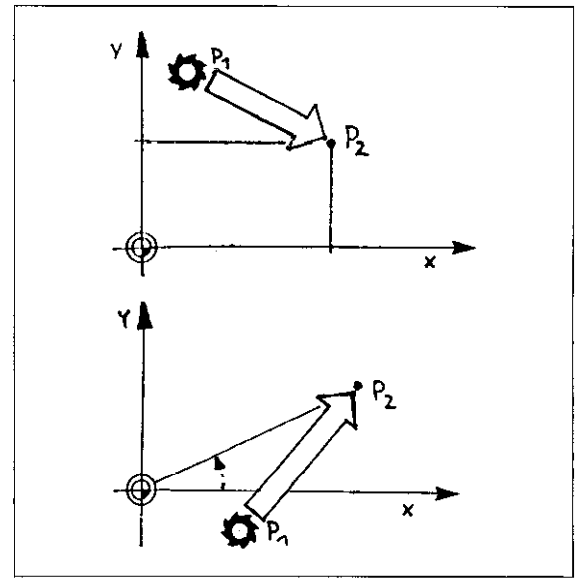


Programmieren der Werkstück-Kontur
Geraden

Gerade L

Das Werkzeug soll auf einer Geraden vom Startpunkt P1 zum Zielpunkt P2 verfahren. Programmiert wird der Zielpunkt P2 (Soll-Position) der Geraden.

Die Soll-Position P2 kann in rechtwinkligen oder in Polarkoordinaten angegeben werden.



Anmerkungen

Programmieren der Werkstück-Kontur
Linear-Interpolation/rechtwinklige Koordinaten

Die rote Meldelampe unter der Taste P darf nicht leuchten. Meldelampe ggf. durch Drücken der Taste P ausschalten.

Eingabe in rechtwinkligen Koordinaten

Betriebsart ..... [→]

Dialog-Eröffnung ..... [L]

KOORDINATEN ?

- [X] Achse wählen, z. B. X.
- [I] Inkremental – Absolut?
- [ ] Zahlenwert eingeben.
- [Y] nächste Koordinate, z. B. Y eingeben und ggf. dritte Koordinate eingeben (maximal 3 Achsen)

Ist die Eingabe **aller Koordinaten** des Zielpunktes erfolgt:

- [ENT] Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?

- [R L] [R R] Ggf. Radiuskorrektur eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =

- [ ] Ggf. Vorschub eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?

- [ ] Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

Positioniersätze können ggf. nach Eingabe der Koordinaten und bei unveränderter Übernahme der restlichen Daten mit der [END] Taste abgekürzt werden.

Anzeige-Beispiel

28 L X + 20,000 IY + 49,800

RL F100 M13

Das Werkzeug fährt auf die Position X 20,0 mm (absolut) und Y 49,8 mm (inkremental) im Abstand des Werkzeug-Radius links von der programmierten Kontur mit einem Vorschub von 100 mm/min.
Zu Beginn wird das Kühlmittel freigegeben und die Spindel läuft im Uhrzeigersinn.

Anmerkungen

Programmieren der Werkstück-Kontur
Linear-Interpolation/Polar-Koordinaten

Eingabe in Polar-Koordinaten

Die rote Meldelampe unter der Taste P muß leuchten. Meldelampe ggf. durch Drücken der Taste P einschalten.

Betriebsart ..... [P]

Dialog-Eröffnung ..... [P] [L/P]

POLARKOORDINATEN-RADIUS PR ?

- [I] Inkremental – Absolut ?
- [ ] Polarkoordinaten-Radius PR für den Geraden-Endpunkt eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

POLARKOORDINATEN-WINKEL PA ?

- [I] Inkremental – Absolut ?
- [ ] Polarkoordinaten-Winkel PA für den Geraden-Endpunkt eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?

- [R L] [R R] Ggf. Radiuskorrektur festlegen.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =

- [ ] Ggf. Vorschub eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?

- [ ] Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

Positioniersätze können ggf. nach Eingabe der Koordinaten und bei unveränderter Übernahme der restlichen Daten mit der [END] -Taste abgekürzt werden.

Anzeige-Beispiel

39 LP PR + 35,000 PA + 45,000

R F M

Das Werkzeug fährt auf einer Geraden zu einer Position, die vom letzten definierten Pol CC den Abstand 35 mm hat; der Polarkoordinaten-Winkel beträgt 45° (absolut).
Radiuskorrektur und Vorschub sind durch die zuletzt programmierten Werte festgelegt. Keine Zusatz-Funktion.

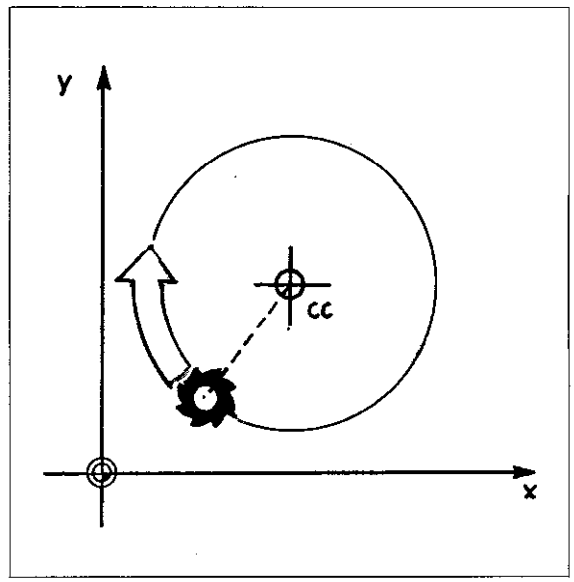
Programmieren der Werkstück-Kontur
Kreis-Interpolation

Die Kreis-Interpolation

Die Steuerung verfährt zwei Achsen simultan so, daß das Werkzeug relativ zum Werkstück einen Kreis bzw. einen Kreisbogen beschreibt.

Der Kreisbogen kann bei der TNC 155 auf drei Arten programmiert werden:

- normalerweise über Kreismittelpunkt und Endpunkt mit den Tasten [CC] und [C]
- bei Kreisbogen mit tangentialem Übergang an beiden Enden nur über den Kreis-Radius mit der Taste [CT] .
- bei tangential an die vorhergehende Kontur anschließendem Kreis nur über den Endpunkt mit der Taste [RND] .

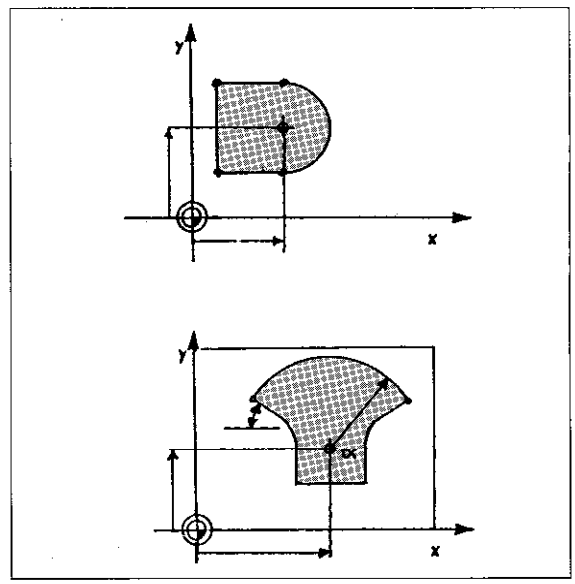


Kreismittelpunkt CC

Der Kreismittelpunkt CC muß vor der Kreis-Interpolation festgelegt werden, falls diese mit der Taste [C] programmiert wird.
Zwei Arten der Programmierung sind möglich:

- der Kreismittelpunkt CC wird durch rechtwinklige Koordinaten neu definiert.
- für den Kreismittelpunkt gelten die im letzten CC-Satz programmierten Koordinaten.

Der Eingabe-Dialog für den Kreismittelpunkt wird mit der Taste [CC] eröffnet (s. "Pol").

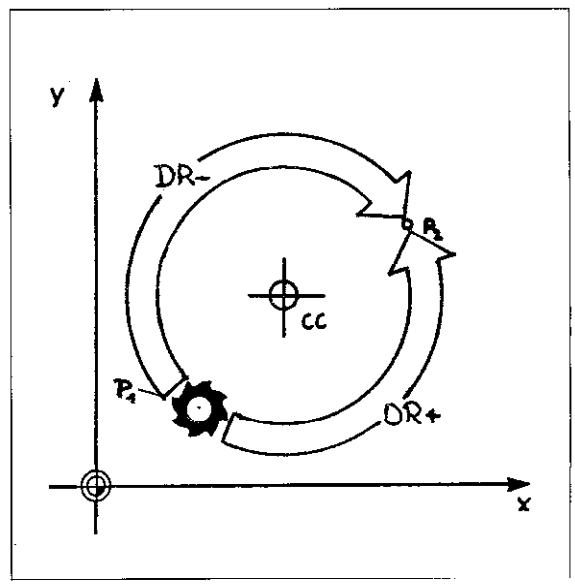


Kreisbahn C

Das Werkzeug soll von der Ist-Position P1 auf einer Kreisbahn zum Zielpunkt P2 verfahren werden. Programmiert wird nur P2.
Die Position P2 kann in rechtwinkligen oder in Polarkoordinaten angegeben werden.

Drehrichtung

Für die Kreis-Bewegung muß die **Drehrichtung DR** festgelegt werden. Es wird zwischen einer Drehung im positiven Drehsinn DR+ (entgegen Uhrzeigersinn) und einer Drehung im negativen Drehsinn DR– (im Uhrzeigersinn) unterschieden.



Programmieren der Werkstück-Kontur
Drehrichtung

Eingabe

Dialog-Frage:

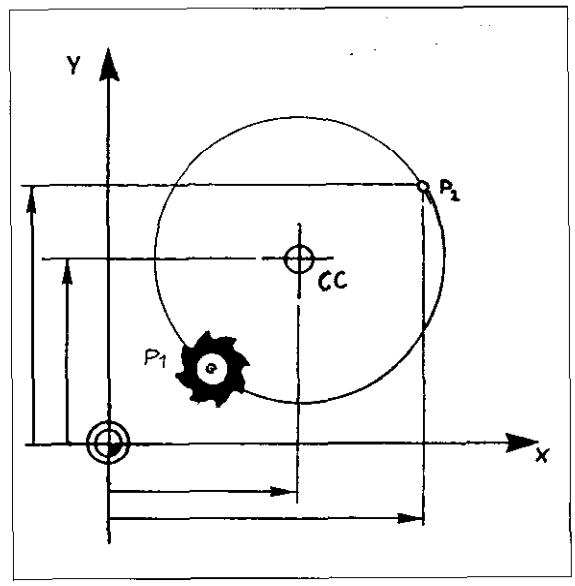
DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR– ?

Soll die Drehung im Uhrzeigersinn erfolgen:	▶ +/–	Drehrichtung – eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.
Soll die Drehung gegen den Uhrzeigersinn erfolgen:	▶ +/–	Drehrichtung + eingeben (Vorzeichen-Taste zweimal drücken).
	+/–	
	ENT	Eingabe übernehmen.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Kreis-Interpolation

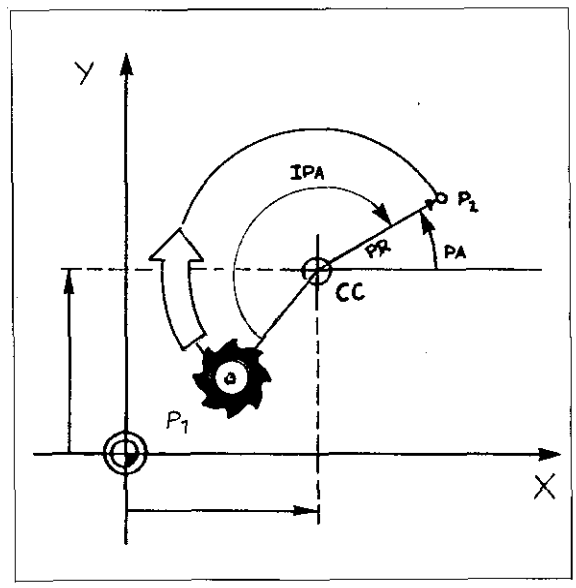
Kreisbahn-Programmierung in rechtwinkligen Koordinaten

Bei der Programmierung in rechtwinkligen Koordinaten muß darauf geachtet werden, daß Startpunkt und Zielpunkt (neue Soll-Position) auf ein und derselben Kreisbahn liegen, d. h. den gleichen Abstand zum Kreismittelpunkt CC haben.
Ist dies nicht der Fall, so erscheint im Programmlauf die Fehlermeldung:
= KREISENDPUNKT FALSCH =



Kreisbahn-Programmierung in Polar-Koordinaten

Wird der Zielpunkt auf dem Kreisbogen in Polarkoordinaten programmiert, so genügt zur Festlegung des Endpunkts allein die Angabe des Polarkoordinaten-Winkels PA (absolut oder inkremental). Der Radius ist bereits durch die Position des Werkzeugs und den programmierten Kreismittelpunkt CC festgelegt.



Steht das Werkzeug vor Beginn der Kreis-Interpolation auf dem Pol bzw. auf dem Kreismittelpunkt, so erscheint die Fehlermeldung:
= WINKELBEZUG FEHLT =

Programmieren der Werkstück-Kontur
Kreis-Interpolation/rechtwinklige Koordinaten

Die rote Meldelampe unter der Taste P darf nicht leuchten. Meldelampe ggf. durch Drücken der Taste P ausschalten.

Eingabe in rechtwinkligen Koordinaten

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [°C]

KOORDINATEN ?

- [X] Achse wählen, z. B. X.
- [I] Inkremental – Absolut?
- [ ] Zahlenwert eingeben.
- [Y] nächste Koordinate, z. B. Y eingeben und ggf. dritte Koordinate eingeben (maximal 3 Achsen)

Ist die Eingabe **aller Koordinaten** des Zielpunktes erfolgt:

- [ENT] Eingabe übernehmen.

DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR– ?

- [+/–] Drehsinn eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?

- [RL] [RR] Ggf. Radiuskorrektur eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =

- [ ] Ggf. Vorschub eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?

- [ ] Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

87 C X + 30,000 Y + 48,000

DR+ RR F M

Das Werkzeug fährt auf einer Kreisbahn in positiver Drehrichtung (gegen den Uhrzeigersinn) im Abstand des Werkzeug-Radius rechts von der programmierten Kontur zur Position X 30,000 und Y 48,000.
Der Vorschub ist durch den zuletzt programmierten Wert festgelegt. Keine Zusatz-Funktion.

Anmerkungen

Programmieren der Werkstück-Kontur
Kreis-Interpolation/Polar-Koordinaten

Eingabe in Polar-Koordinaten

Die rote Meldelampe unter der Taste P muß leuchten! Meldelampe ggf. durch Drücken der Taste P einschalten. [P]

Betriebsart ..... [⇥]

Dialog-Eröffnung ..... [P] [C]

POLARKOORDINATEN-WINKEL PA ? ▶ [I] Inkremental – Absolut ?

[ ] Polarkoordinaten-Winkel PA für den Kreis-Endpunkt eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

KOORDINATEN ? ▶ [NO ENT]

Erklärung der Dialogfrage KOORDINATEN ?, siehe "Schraubenlinien-Interpolation".

DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR– ? ▶ [+/–] Drehsinn eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

RADIUS KORR.: RL/RR/KEINE KORR. ? ▶ [RL] [RR] Ggf. Radiuskorrektur eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F = ▶ [ ] Ggf. Vorschub eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen

ZUSATZ-FUNKTION M ? ▶ [ ] Ggf. Zusatzfunktion eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

17 CP PA + 60,000

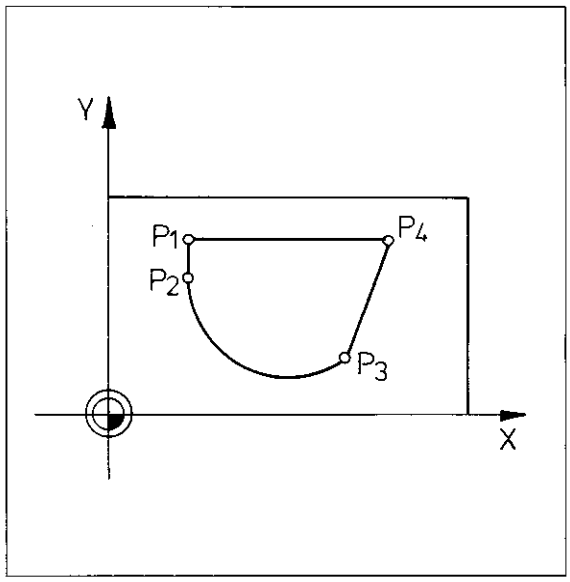
DR– RL F M

Das Werkzeug fährt auf einer Kreisbahn in negativer Richtung (im Uhrzeigersinn) im Abstand des Werkzeug-Radius links von der programmierten Kontur; der Polarkoordinaten-Winkel zur Bezugsachse beträgt 60^0.
Der Vorschub ist durch den zuletzt programmierten Wert festgelegt. Keine Zusatz-Funktion.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Anschluß-Kreis

Tangential anschließender Kreis

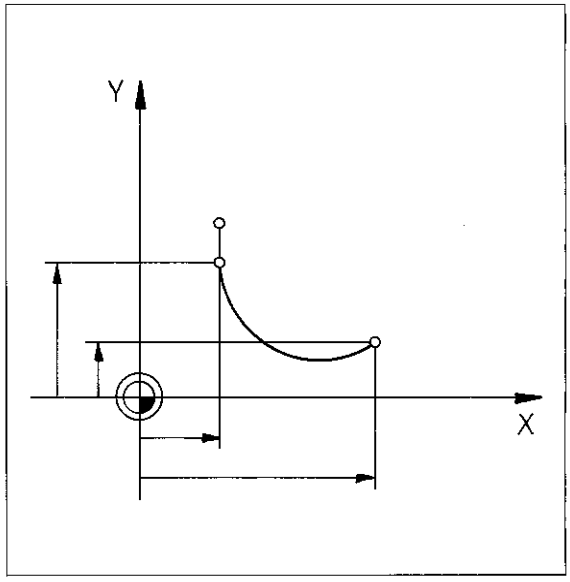
Die Programmierung einer Kreisbahn vereinfacht sich wesentlich, wenn der Kreis tangential an die Kontur anschließt. Zur Festlegung des Kreises ist nur der **Endpunkt der Kreisbahn** einzugeben.



Voraussetzungen

Das Konturstück, an das die Kreisbahn tangential anschließen soll, ist unmittelbar vor der Programmierung des Anschluß-Kreises einzugeben. Fehlt das Konturstück, so erscheint die Fehlermeldung:
= KREIS-ENDPUNKT FALSCH =

Im Positioniersatz vor dem tangential anschließenden Kreis und im Positioniersatz für den Anschluß-Kreis müssen zwei Koordinaten programmiert sein, sonst erscheint die Fehlermeldung:
= WINKEL-BEZUG FEHLT =

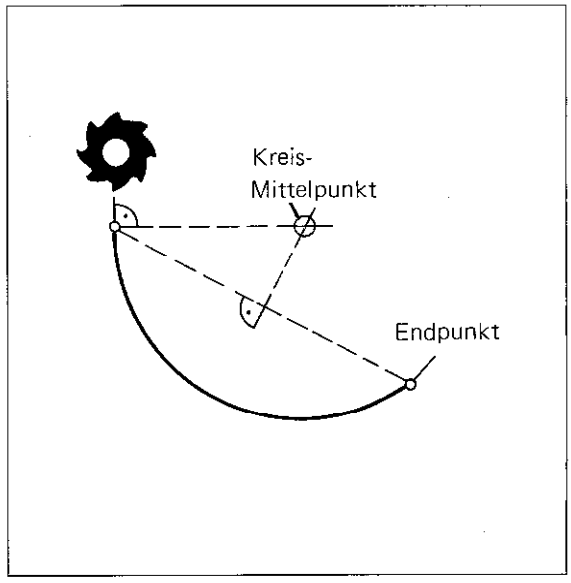


Geometrie

Bei tangentialem Anschluß an die Kontur ist durch den Endpunkt der Kreisbahn **genau ein Kreis** festgelegt.
Dieser Kreis hat einen bestimmten Radius, eine bestimmte Drehrichtung und einen bestimmten Mittelpunkt. Es erübrigt sich deshalb diese Angaben zu programmieren.

Eingabe

Der Endpunkt der Kreisbahn kann nur in **rechtwinkligen Koordinaten** programmiert werden.
Die Dialog-Eröffnung erfolgt mit der Taste CT .



Programmieren der Werkstück-Kontur
Anschluß-Kreis

Eingabe

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung .....

KOORDINATEN ?

- X — Achse wählen, z. B. X.
- I — Inkremental – Absolut?
- Zahlenwert eingeben.
- Y — nächste Koordinate, z. B. Y eingeben.
- I — Inkremental – Absolut?
- Zahlenwert eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?

- RL / RR — Ggf. Radiuskorrektur eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =

- Ggf. Vorschub eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?

- Ggf. Zusatz Funktion eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

Ein Vollkreis kann nicht programmiert werden.

Anzeige-Beispiel

20 CT X + 15,800 Y + 35,000

R F M

An das zuletzt programmierte Konturstück schließt ein Kreis tangential an; der Endpunkt der Kreisbahn hat die Koordinaten X 15,8 / Y 35,0.

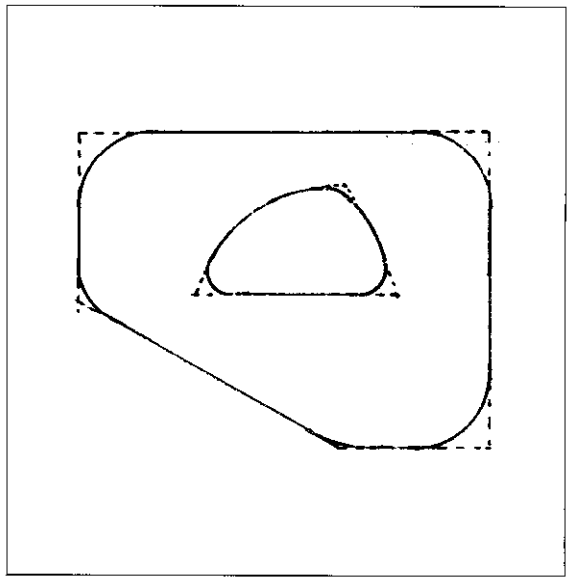
Programmieren der Werkstück-Kontur
Ecken-Runden

Ecken-Runden RND

Kontur-Ecken können durch Kreisbögen abgerundet werden. Der Kreis geht tangential in die vorhergehende und nachfolgende Kontur über.

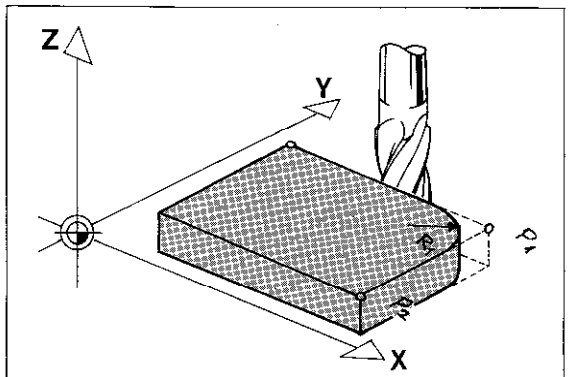
Das Einfügen eines Rundungs-Kreises ist bei allen Ecken möglich, die durch den Schnitt folgender Konturelemente entstehen:

- Gerade – Gerade
- Gerade – Kreis bzw. Kreis – Gerade
- Kreis – Kreis



Hinweis

Der Rundungskreis kann nur in einer **Hauptebene** ausgeführt werden. Die **Bearbeitungsebene** muß deshalb im Positioniersatz vor und nach dem Rundungssatz diesselbe sein. Ist dies nicht der Fall, so erscheint im Programmlauf die Fehlermeldung:
= EBENE FALSCH DEFINIERT =.



15 Gerade zu P1 (X, Y)

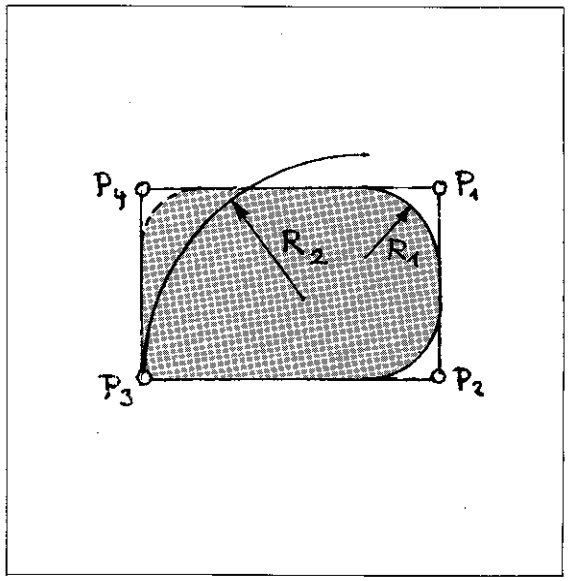
16 RND R 15,000

17 Gerade zu P2 (X, Y)

Programmierung

Die Programmierung des Rundungs-Kreises erfolgt im Anschluß an den Kontur-Punkt P1, an dem sich die Ecke befindet.
Eingegeben wird der Rundungs-Radius.

Der Rundungsradius darf nicht zu groß sein – er muß "zwischen die Konturelemente passen".
Ist der Radius zu groß gewählt, erscheint die Fehlermeldung:
= RUNDUNGS-RADIUS ZU GROSS =.



Programmieren der Werkstück-Kontur
Ecken-Runden

Vor einem Rundungs-Satz und nach einem Rundungs-Satz müssen Konturelemente programmiert werden, die in derselben Bearbeitungsebene liegen.

Eingabe

Betriebsart ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

RUNDUNGS-RADIUS R ?	▶	Radius des Rundungs-Kreises eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

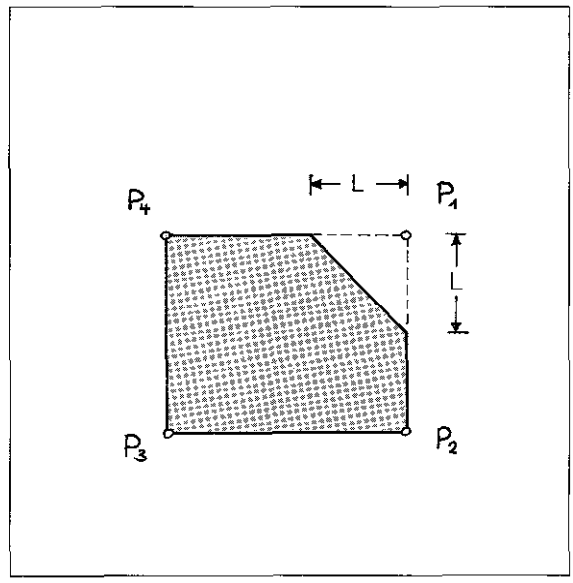
78 RND R 5,000

Zwischen dem im Satz vorher und im Satz nachher programmierten Konturelement wird ein Rundungs-Kreis mit dem Radius R = 5,000 mm eingefügt.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Fasen

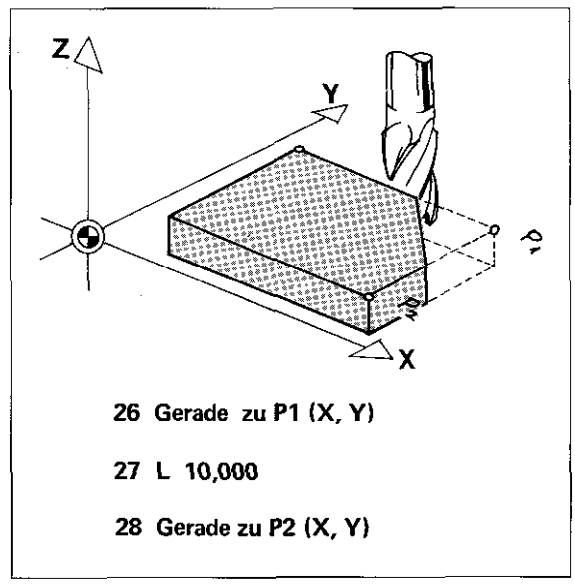
Fasen

Die TNC 155 ermöglicht das Anfasen von Werkstücken mit der Fasen-Länge L. Die Programmierung erfolgt über die [L/P] Taste.



Programm

Das Fasen kann nur in einer Hauptebene (XY-,YZ-, ZX-Ebene) ausgeführt werden. D. h. der Positioniersatz vor und nach dem Satz – Fasen – muß die beiden Koordinaten der Bearbeitungsebene enthalten. Ist die Bearbeitungsebene nicht eindeutig festgelegt (z. B. Positioniersatz mit X... Y... Z...), so erscheint die Fehlermeldung:
= EBENE FALSCH DEFINIERT =.



Programmieren der Werkstück-Kontur
Fasen

Eingabe

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung .....

KOORDINATEN ?	▶	Fasenlänge L eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

88 L 7,500

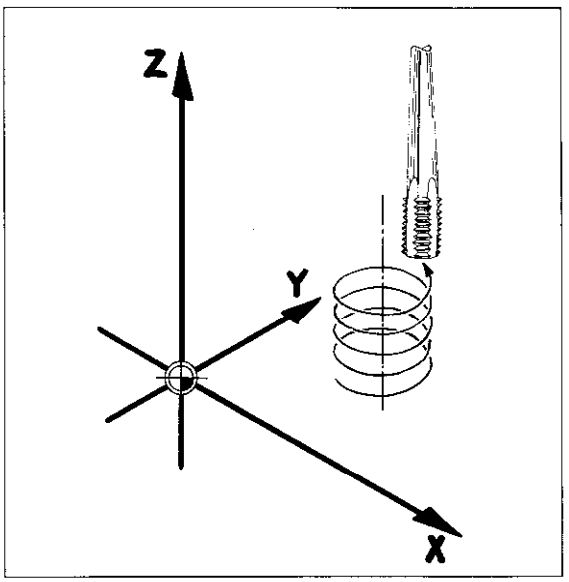
Zwischen dem im Satz vorher und im Satz nachher programmierten Konturelement wird eine Fase mit der Fasenlänge L = 7,5 mm eingefügt.

Programmieren der Werkstück-Kontur
Schraubenlinien-Interpolation

Schraubenlinie

Bei der Kreis-Interpolation werden zwei Achsen simultan so verfahren, daß in einer Hauptebene (XY-, YZ-, ZX-Ebene) ein Kreis beschrieben wird. Überlagert man dieser Kreis-Interpolation eine lineare Bewegung der dritten Achse (= Werkzeugachse), so bewegt sich das Werkzeug auf einer Schraubenlinie.

Die Schraubenlinien-Interpolation kann zur Herstellung von Innen- und Außen-Gewinden mit größeren Durchmessern oder von Schmiernuten verwendet werden.



Eingabe-Daten

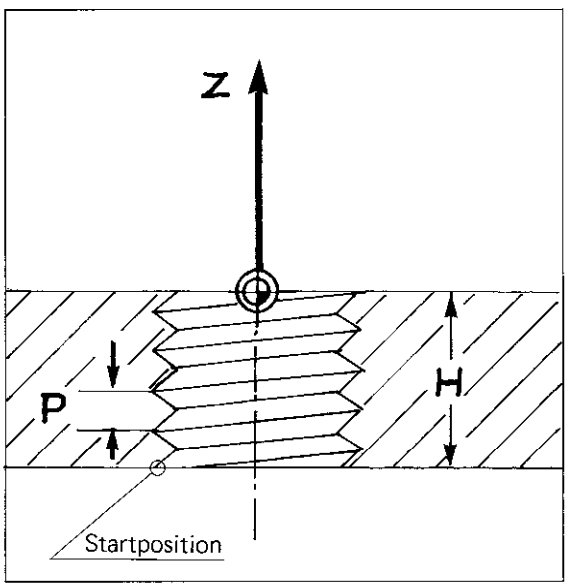
Die Schraubenlinie kann nur in Polar-Koordinaten eingegeben werden.
Wie bei der Kreis-Interpolation muß **vorher** der **Kreismittelpunkt CC** festgelegt werden.
Den Gesamt-Umlaufwinkel des Werkzeugs gibt man als **Polarkoordinaten-Winkel PA in Grad** ein:

PA = Anzahl der Umläufe x 360°

PA kann sowohl absolut als auch inkremental angegeben werden.
Die Gesamthöhe/tiefe wird auf die Frage **Koordinaten** eingegeben. Dieser Wert richtet sich nach der gewünschten Steigung.

H = P x A H = Gesamthöhe/tiefe
P = Steigung
A = Anzahl der Gewindegänge

Auch die Gesamthöhe/tiefe kann absolut oder inkremental eingegeben werden.



Radius-Korrektur

Die Angabe der Radius-Korrekturen richtet sich nach
- Drehrichtung (Rechts/Links),
- Gewindeart (Innen/Außen),
- Fräsrichtung (pos./neg. Achsrichtung):

negative Achsrichtung (–Z bzw. –Y)

Gewinde	Drehrichtung	Radiuskorrektur Innen	Außen
Linksgewinde	DR+	RL	RR
Rechtsgewinde	DR–	RR	RL

positive Achsrichtung (+Z bzw. +Y)

Gewinde	Drehrichtung	Radiuskorrektur Innen	Außen
Linksgewinde	DR–	RR	RL
Rechtsgewinde	DR+	RL	RR

Programmieren der Werkstück-Kontur
Schraubenlinien-Interpolation

Eingabe

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung .....

POLARKOORDINATEN-WINKEL PA ?

- I — Inkremental – Absolut ?
- ☐ — Gesamt-Drehwinkel in ° eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

KOORDINATEN ?

- Z — Achse der Zustellbewegung wählen.
- I — Inkremental – Absolut ?
- ☐ — Höhe bzw. Tiefe eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR– ?

- +/– — Drehrichtung eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: RL/RR/KEINE KORR. ?

- RL / RR — Radiuskorrektur eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =

- ☐ — Ggf. Vorschub eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?

- ☐ — Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- ENT — Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

230 CP IPA + 720,000 IZ + 6,000

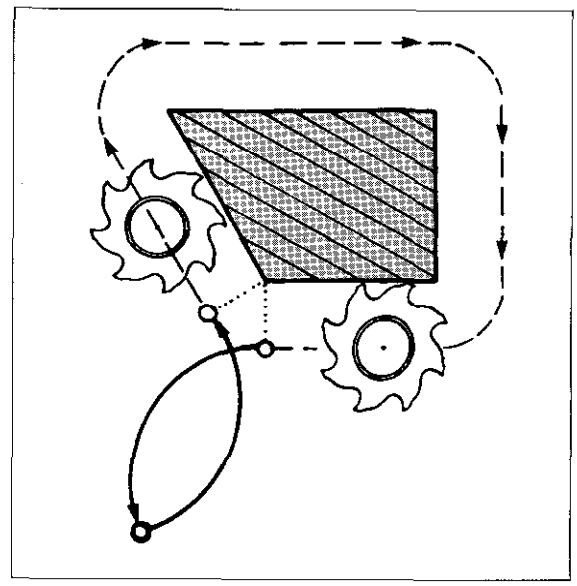
DR+ RL F 100 M

Das Werkzeug führt auf einer Schraubenline im Uhrzeigersinn zwei volle Umläufe aus; die Gesamthöhe beträgt 6 mm, die Steigung also 3 mm. Das Werkzeug arbeitet im Abstand des Werkzeugradius rechts von der Kontur, fräst also ein Innengewinde.

Anfahren und Verlassen der Kontur auf einem Kreis

Anfahren und Verlassen auf einer Kreisbahn

Das Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Kreisbahn hat den Vorteil, daß die Kontur tangential, also "weich" angefahren und verlassen wird.
Die Programmierung des weichen Anfahrens erfolgt mit der RND Taste.



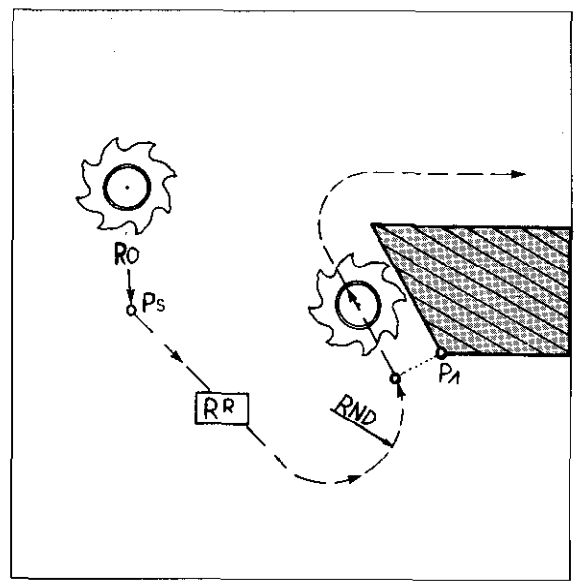
Anfahren

Das Werkzeug fährt auf die Start-Position PS und anschließend an die zu erzeugende Kontur.

Der Positioniersatz zu PS darf keine Radiuskorrektur enthalten (d. h. R0).

Der Positioniersatz zum ersten Konturpunkt P1 muß eine Radiuskorrektur (RR bzw. RL) enthalten.

Aus dem RND-Satz, der auf den Positioniersatz zum ersten Konturpunkt P1 folgt, erkennt die Steuerung, daß die Kontur **tangential** angefahren werden soll.



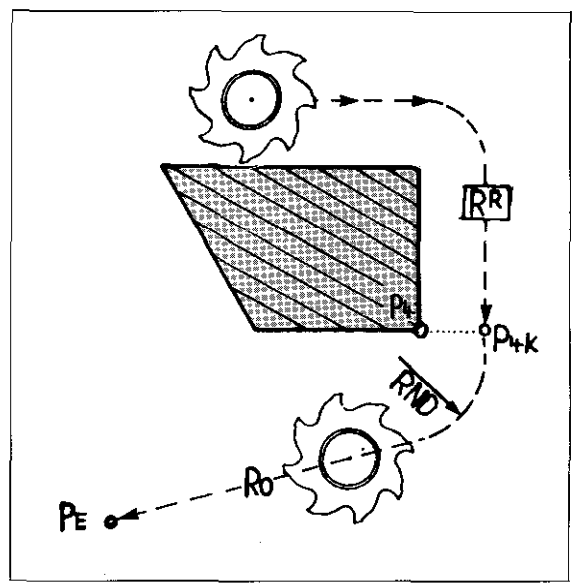
Verlassen

Das Werkzeug hat den letzten Konturpunkt P4 erreicht und fährt anschließend zur End-Position PE.

Der Positioniersatz zu P4 muß eine Radiuskorrektur (RR bzw. RL) enthalten.

Der Positioniersatz zu PE darf keine Radiuskorrektur enthalten (d. h. R0).

Aus dem RND-Satz, der auf den Positioniersatz mit dem letzten Konturpunkt P4 folgt, erkennt die Steuerung, daß die Kontur **tangential** verlassen werden soll.



Anfahren und Verlassen der Kontur auf einem Kreis

Programmierung Anfahren

20 L X + 100,000 Y + 50,000	Positioniersatz zur Start-Position PS mit R0.
R0 F 15999 M	
21 L X + 65,000 Y + 40,000	Positioniersatz zum ersten Konturpunkt P1 mit der Radiuskorrektur RR.
RR F 50 M13	
22 RND R 10,000	Kreisbahnradius für das tangentiale Anfahren.
23 L X + 65,000 Y + 100,000	Positioniersatz zum nächsten Konturpunkt P2.
R F M	

Programmierung Verlassen

30 L X + 50,000 Y + 65,000	Positioniersatz zum letzten Konturpunkt P mit der Radiuskorrektur RR.
RR F 50 M	
31 RND R 15,000	Kreisbahnradius für das tangentiale Verlassen.
32 L X + 100,000 Y + 85,000	Positioniersatz zur End-Position PE mit R0
R0 F 15999 M00	

Vor und nach einem RND-Satz muß ein Positioniersatz programmiert werden, der beide Koordinaten der Bearbeitungsebene enthält.

Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Geraden
Einführung

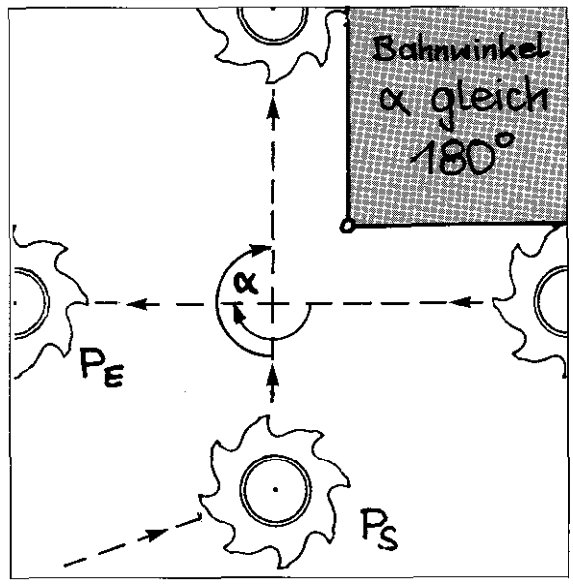
Anfahren und Verlassen auf einer Geraden

Das Werkzeug soll eine Start-Position PS anfahren und von dieser Position aus die Kontur. Nach erfolgter Bearbeitung soll das Werkzeug die Kontur verlassen und die End-Position PE anfahren.

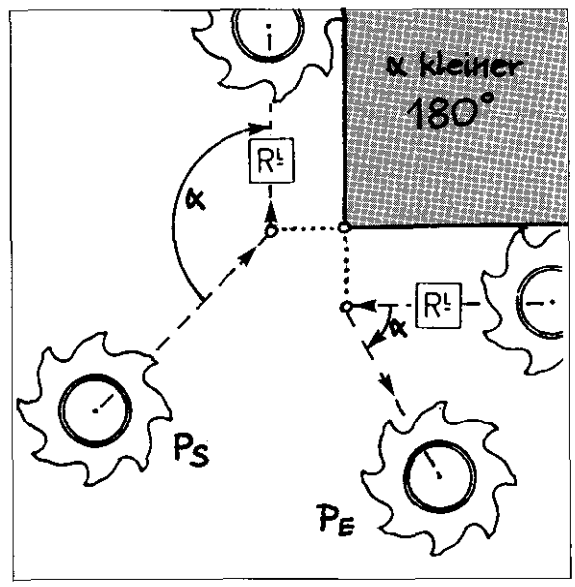
Bahnwinkel α

Das An- und Wegfahr-Verhalten ist abhängig vom Bahnwinkel α. Der Bahnwinkel ist der Winkel, den das erste bzw. das letzte Konturelement mit der Anfahr- bzw. Wegfahrgeraden einschließt. Es sind im wesentlichen drei Fälle zu unterscheiden:

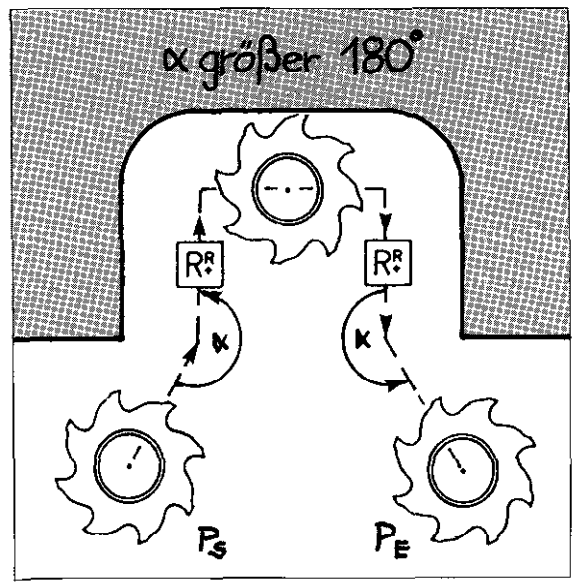
- Bahnwinkel α gleich 180°



- Bahnwinkel α kleiner 180°



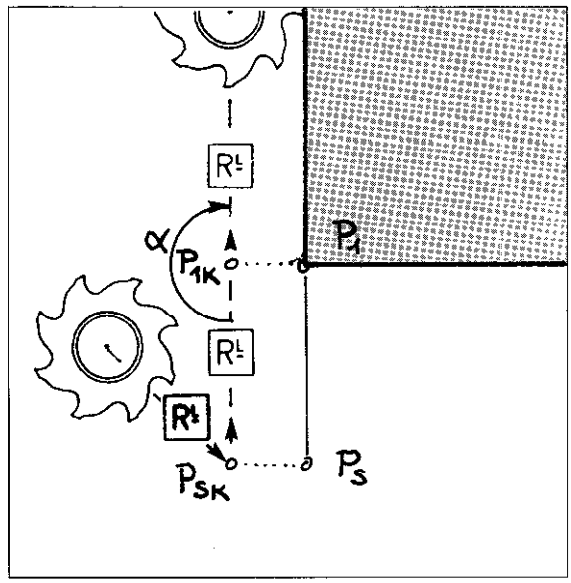
- Bahnwinkel α größer 180°



Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Geraden
Bahnwinkel α gleich 180°

Bahnwinkel α gleich 180°

Ist der Bahnwinkel α gleich 180°, so befindet sich die Start- bzw. End-Position bei Geraden auf der Verlängerung, bei Kreisen auf der Tangente des ersten bzw. des letzten Konturpunkts.
Die Start- und End-Positon muß **mit Radiuskorrektur** (RL oder RR) programmiert werden.

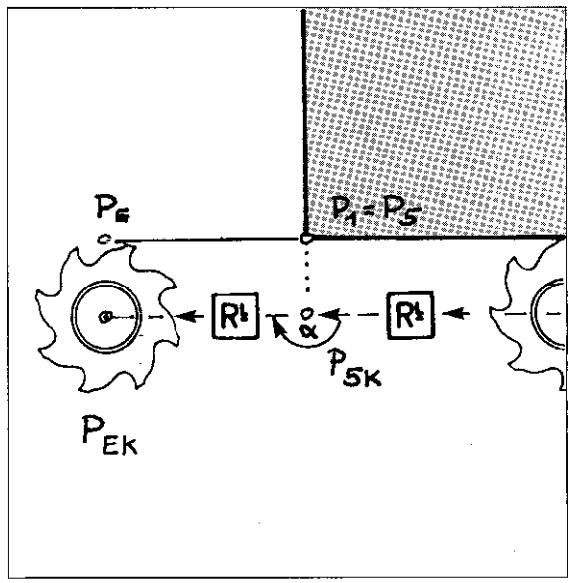


Anfahren

Die Steuerung fährt das Werkzeug geradlinig auf die korrigierte Position PSk des "gedachten" Konturpunktes PS, und von dort aus auf der korrigierten Bahn zur Position P1k.

Verlassen

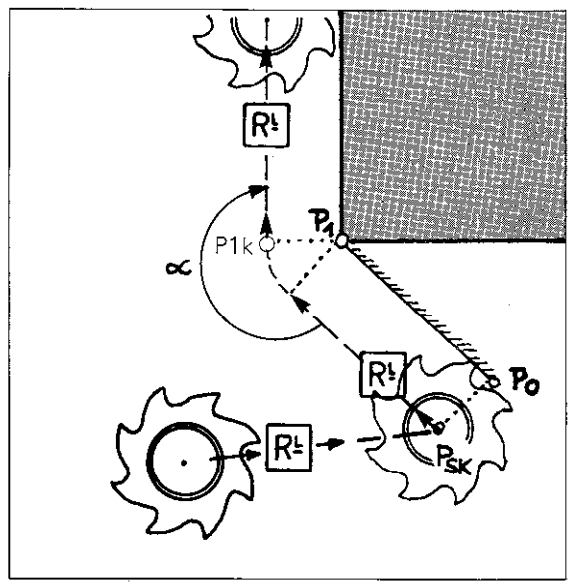
Die Steuerung fährt das Werkzeug von der korrigierten Position P5k des Kontur-Punktes P5 auf der korrigierten Bahn weiter zur Position PEk.



Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Geraden
Bahnwinkel α größer 180°

Bahnwinkel α größer 180°

Die Start- und End-Position muß bei α größer 180° **mit Radiuskorrektur** (RL oder RR) programmiert werden. Der erste und letzte Konturpunkt wird als Außenecke angenommen. Die Steuerung führt eine Bahnkorrektur bei Außenecken aus und fügt einen Übergangskreis an.

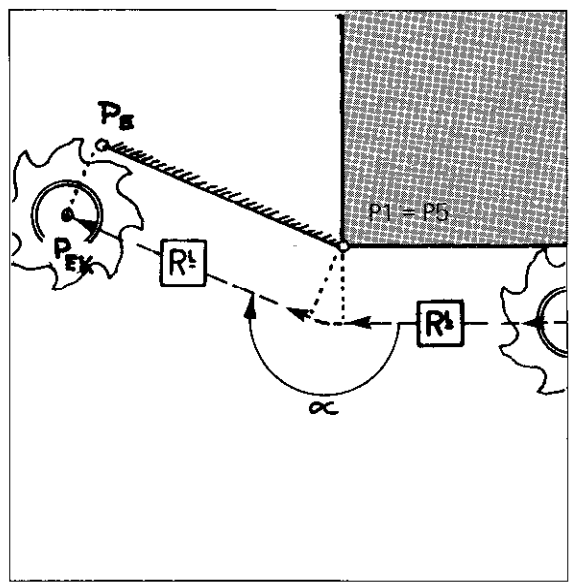


Anfahren

Die Steuerung betrachtet die Start-Position PS als ersten Kontur-Punkt. Das Werkzeug wird auf PSk verfahren, und dann auf der korrigierten Bahn zur Position P1k.

Verlassen

Die Steuerung betrachtet die End-Position PE als letzten Kontur-Punkt. Das Werkzeug wird auf der korrigierten Bahn zur End-Position PEk verfahren.



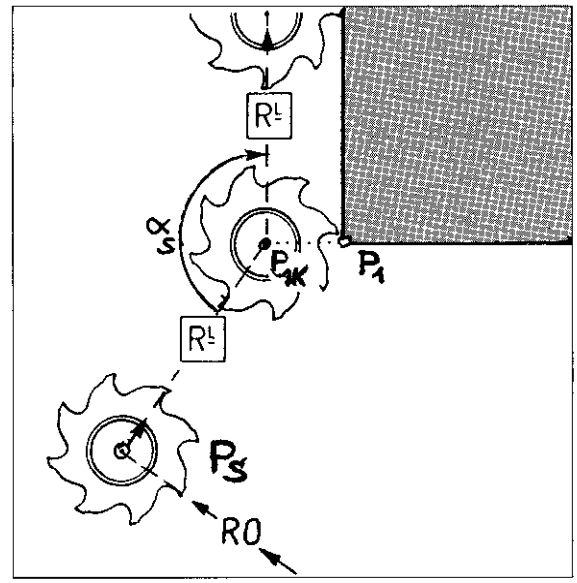
Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Geraden
Bahnwinkel α kleiner 180°

Bahnwinkel α kleiner 180°

Die Start- und End-Position muß bei α kleiner 180° **ohne Radiuskorrektur**, d.h. mit R0 programmiert werden. PS und PE werden ohne Bahnkorrektur angefahren.

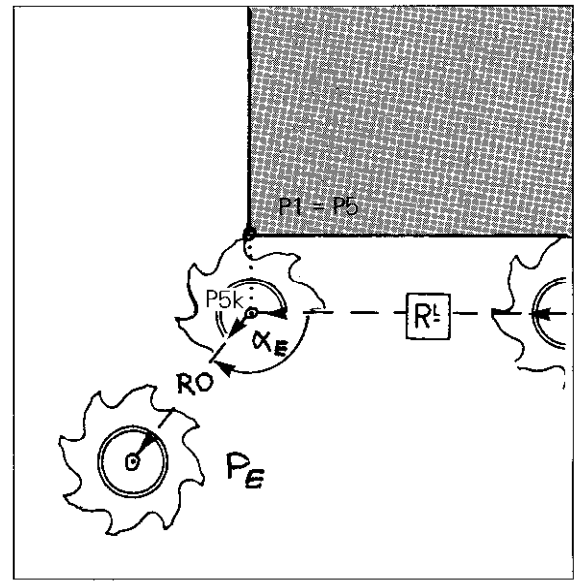
Anfahren

Die Steuerung fährt das Werkzeug geradlinig von PS auf die korrigierte Position P1k des Konturpunktes P1.



Verlassen

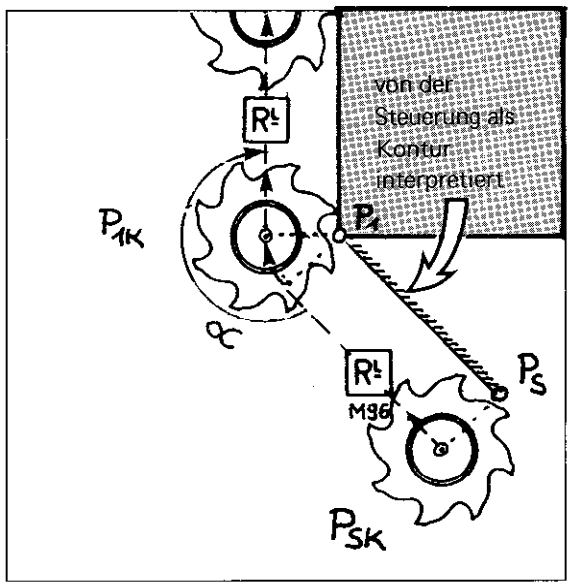
Die Steuerung fährt das Werkzeug von der korrigierten Position P5k des Kontur-Punktes P5 geradlinig auf die unkorrigierte Position PE.



Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Geraden
Anfahr-Anweisung M96
Wegfahr-Anweisung M98

Anfahr-Anweisung M96

Wurde die Position PS ohne Radiuskorrektur programmiert, und soll die Kontur mit α größer 180° angefahren werden, so führt dies zu einer Beschädigung der Kontur.
Mit der Zusatzfunktion M96 wird die Position PS als bereits korrigierter Konturpunkt PSk interpretiert. Das Werkzeug fährt die Position P1k auf einer korrigierten Bahn an.
Die Zusatzfunktion M96 wird bei **Anfahrwinkeln α größer 180°** programmiert. M96 wird im Positioniersatz zu P1 eingegeben.



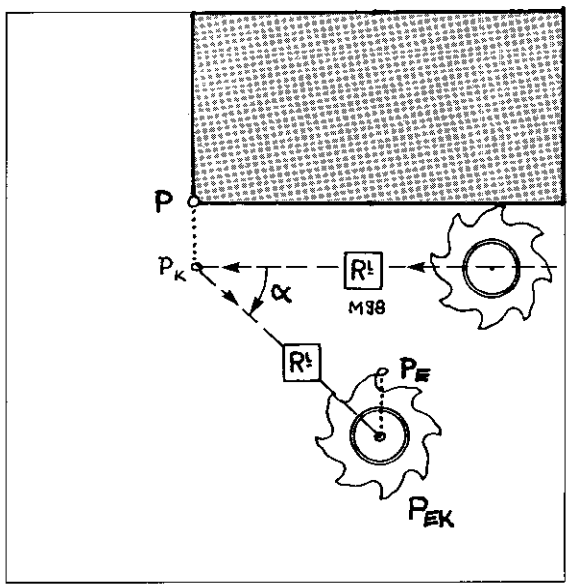
M96 ist immer dann wirksam, wenn am Programm-Anfang keine Bahnkorrektur wirksam ist.

Wird M96 bei Bahnwinkeln α kleiner 180° programmiert, führt dies zur unvollständigen Bearbeitung der Kontur.

Wegfahr-Anweisung M98

Wurde die End-Position mit einer Radiuskorrektur programmiert und ist der **Wegfahrwinkel α kleiner 180°**, so wird die Kontur unvollständig bearbeitet.

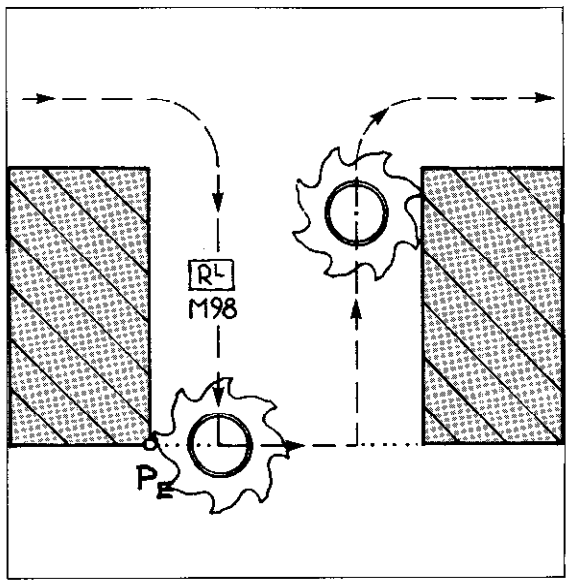
Mit der Zusatz-Funktion M98 im Positioniersatz zu P fährt das Werkzeug den Punkt Pk direkt an und anschließend auf den korrigierten Punkt PEk. Die Richtung PE – PEk ist gleich der zuletzt ausgeführten Radiuskorrektur, hier P – Pk.



Bahnkorrektur-Ende M98

Wenn nach PE weitere Positionen bzw. Kontur-Punkte programmiert wurden, so hängt die erforderliche Richtung der Radiuskorrektur von der Richtung des nächsten Bahnverlaufs ab.

M98 im Positioniersatz zum letzten Punkt der Kontur bewirkt, daß das betroffene Konturelement vollständig bearbeitet wird, und, wie im nebenstehenden Beispiel der erste Punkt der nächsten Kontur mit Radiuskorrektur angefahren wird.

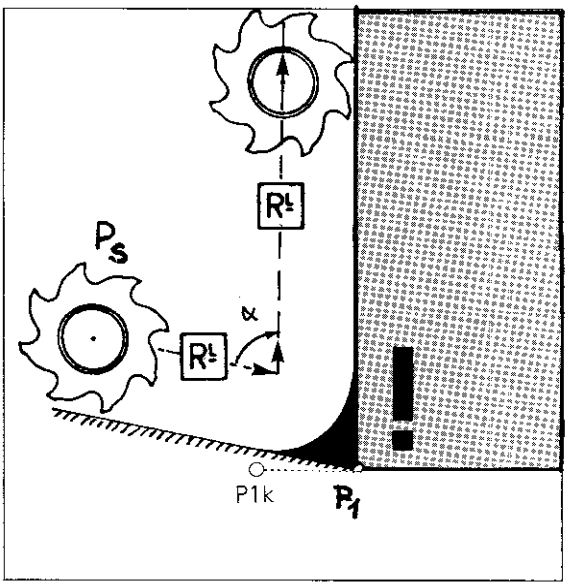


Die Zusatz-Funktion M98 ist satzweise wirksam. M98 verhindert für den nachfolgenden Positioniersatz das Einfügen von Übergangskreisen bei Außenecken und das Ermitteln von Bahnschnittpunkten bei Innenecken.
Die Radiuskorrektur wird beibehalten.

Anfahren und Verlassen der Kontur auf einer Geraden
Werkzeug auf der Start-Position

Problem bei Anfahrwinkeln α kleiner 180°

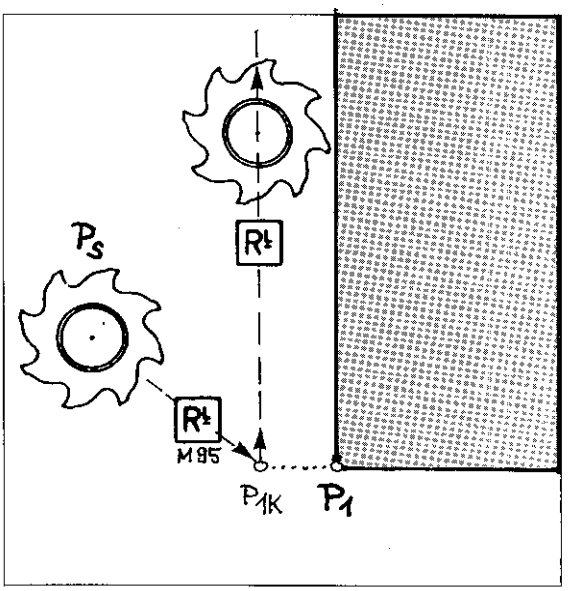
Das Werkzeug steht zu Beginn des Bearbeitungsprogrammes **zufällig auf der Ist-Position PS** und soll die Soll-Position P1 mit Radiuskorrektur anfahren.
In diesem Fall interpretiert die Steuerung die zufällige Position PS als bereits korrigierte Werkzeug-Position PSk eines gedachten Kontur-Punkts und der Punkt P1k kann wegen der Bahnkorrektur nicht angefahren werden.



Anfahr-Anweisung M95

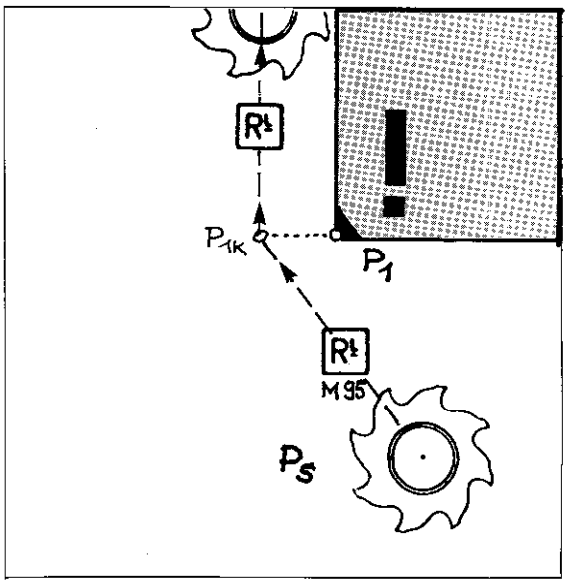
Mit der Zusatz-Funktion M95 wird die Bahnkorrektur für den ersten Positioniersatz abgewählt. Das Werkzeug fährt von der Position PS ohne Bahnkorrektur auf den korrigierten Konturpunkt P1k.

Die Zusatz-Funktion M95 wird bei Anfahrwinkeln α kleiner 180° programmiert. M95 wird im Positioniersatz zu P1 eingegeben.



M95 ist nur zu Beginn des Arbeitsprogramms wirksam!
Das Abwählen der Bahnkorrektur innerhalb des Arbeitsprogramms geschieht mit der Funktion M98 (s. "Bahnkorrektur beenden").

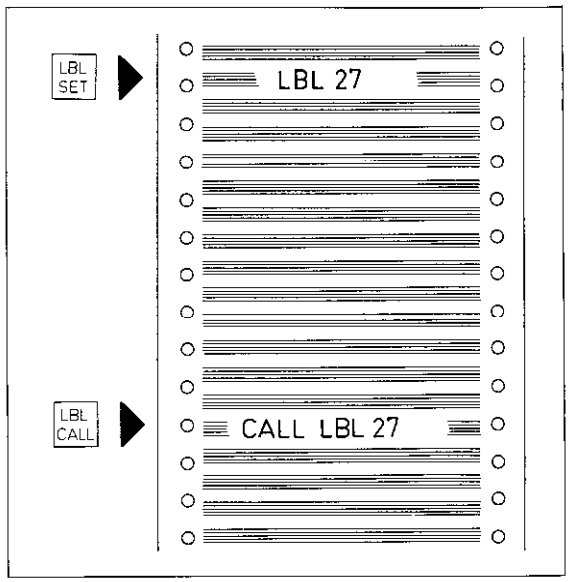
Wird M95 bei Anfahrwinkel α größer 180° programmiert, führt dies zur Beschädigung der zu erzeugenden Kontur.



Unterprogramme und Programmteil-Wiederholung
Programm-Marken (Label)

Label

Beim Programmieren können Label (Programm-Marken) mit einer bestimmten Nummer gesetzt werden, um den Anfang eines bestimmten Programmabschnitts zu kennzeichnen. Dieser Programmabschnitt kann z. B. ein Unterprogramm sein.
Auf diese Programm-Marken kann dann beim Programmlauf gesprungen werden (z. B. zum Abarbeiten des betreffenden Unterprogramms).



Setzen eines Labels LBL SET

Das Setzen eines Labels erfolgt über die [LBL SET] Taste.

Label-Nummer

Label-Nummern können von 0 bis 254 gewählt werden.
Die **Label-Nummer 0** kennzeichnet stets das **Ende eines Unterprogramms** (s. "Unterprogramm-Ende") und ist somit eine Rücksprungmarke !

Wird eine Label-Nummer eingegeben, die bereits an einer anderen Stelle im Programm gesetzt wurde, so erscheint die Fehlermeldung:
= NUMMER BELEGT =.

Aufruf einer Label-Nummer LBL CALL

Der Dialog wird mit der [LBL CALL] Taste eröffnet.
Mit LBL CALL kann man im Programm
- **Unterprogramme** aufrufen
- **Programmteil-Wiederholungen** programmieren.

Label-Nummer

Die aufzurufenden Label-Nummern können von 1 bis 254 gewählt werden.

Wird die Nummer 0 eingegeben, so erscheint die Fehlermeldung:
= SPRUNG AUF LABEL 0 NICHT ERLAUBT=.

Wiederholung REP

Bei **Programmteil-Wiederholungen** wird auf die Frage "WIEDERHOLUNG REP" die Zahl der Wiederholungen eingegeben. Für Unterprogramm-Aufrufe muß diese Frage mit der [NO ENT] Taste beantwortet werden.

Unterprogramme und Programmteil-Wiederholung
Label

Setzen eines Labels

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [LBL SET]

LABEL-NUMMER ?	▶ [ ]	Label-Nummer eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

118 LBL 27	Im Satz 118 ist die Programm-Marke mit der Nummer 27 gesetzt.

Aufruf eines Labels

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [LBL CALL]

LABEL-NUMMER ?	▶ [ ]	Aufzurufende Label-Nummer eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

▼

WIEDERHOLUNG REP ?

Wird eine **Programmteil-Wiederholung** eingegeben:	▶ [ ]	Anzahl der Wiederholungen eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.
Wird ein **Unterprogramm-Aufruf** eingegeben:	▶ [NO ENT]	Keine Eingabe.

Anzeige-Beispiel 1

218 CALL LBL 27 REP	Es wird das Unterprogramm mit der Label-Nummer 27 aufgerufen (die Bearbeitung also mit Satz 118 fortgesetzt siehe oben).

Anzeige-Beispiel 2

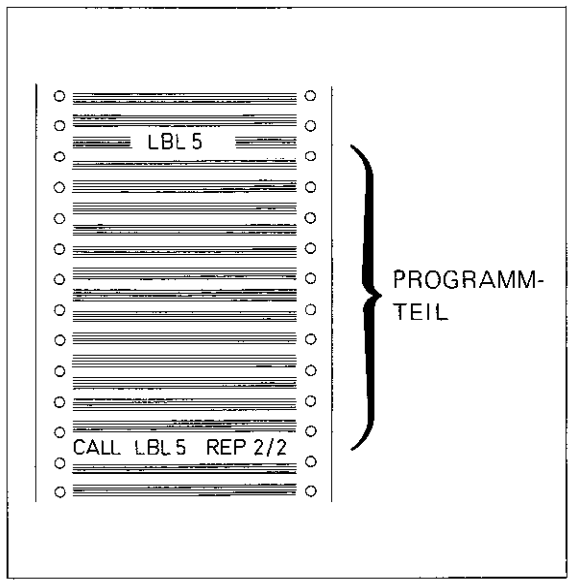
29 CALL LBL 5 REP 2/2	Es wird ein Programmteil zweimal wiederholt. Die Zahl nach dem Schrägstrich gibt die noch offenen Wiederholungen im Programmlauf an. Sie verringert sich nach jeder erfolgten Wiederholung um 1.

Unterprogramme und Programmteil-Wiederholung
Programmteil-Wiederholung

Programmteil-Wiederholung

Ein bereits durchlaufener Programmteil kann im Anschluß nochmals abgearbeitet werden. Man spricht in diesem Fall von einer Programm-Schleife oder **Programmteil-Wiederholung.**

Der **Anfang** des Programmteils, der wiederholt werden soll, wird durch eine **Label-Nummer** gekennzeichnet.
Den **Abschluß** bildet der Aufruf der Label-Nummer **LBL CALL** in Verbindung mit der programmierten **Anzahl der Wiederholungen REP.**



Programmlauf

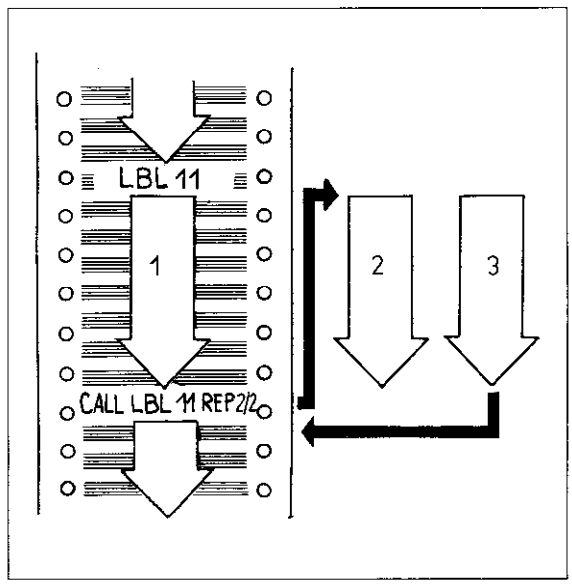
Die Steuerung arbeitet das Haupt-Programm (zusammen mit dem betreffenden Programmteil) bis zum Aufruf der Label-Nummer ab.

Anschließend erfolgt der Rücksprung zur aufgerufenen Programm-Marke und der Programmteil wird wiederholt.

In der Anzeige wird die Zahl der noch offenen Wiederholungen um 1 verringert: REP 2/1.
Nach einem erneuten Rücksprung wird der Programmteil zum zweiten Mal wiederholt.

Sind alle programmierten Wiederholungen ausgeführt (Anzeige: REP 2/0), wird das Haupt-Programm fortgesetzt.

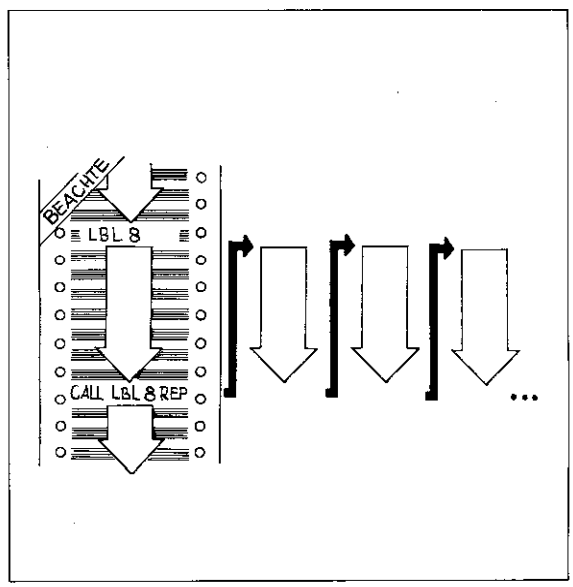
Der Programmteil wird (insgesamt) immer einmal mehr abgearbeitet als Wiederholungen programmiert sind.



Endlos-Schleife

Erfolgt auf die Frage nach der Wiederholung **REP keine Angabe** (Drücken der NO ENT Taste), so wird aus der Programmteil-Wiederholung eine Endlos-Schleife: der **Aufruf** der Label-Nummer wird **ständig wiederholt.**

Während des Programmlaufs und in einem Testlauf wird die Endlos-Schleife mit der Fehlermeldung
= ZU HOHE VERSCHACHTELUNG =
angezeigt.



Unterprogramme und Programmteil-Wiederholung
Unterprogramm

Unterprogramm

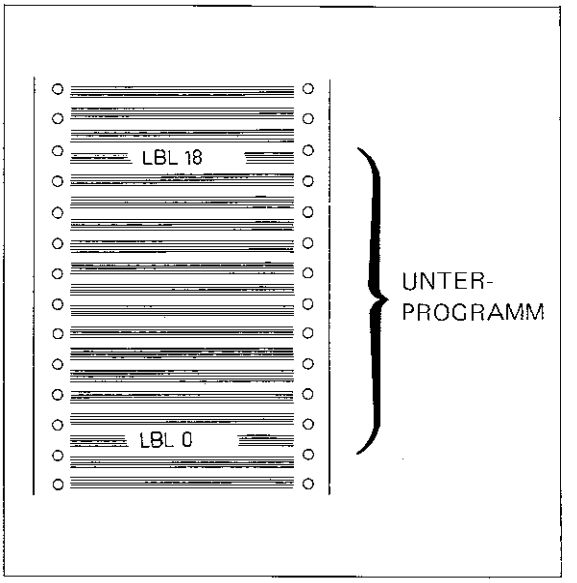
Wird ein Programmteil an einer anderen Stelle im Bearbeitungsprogramm benötigt, so kann dieser Abschnitt als Unterprogramm gekennzeichnet werden.

Der **Anfang** des Unterprogramms wird mit einer frei wählbaren **Label-Nummer** gekennzeichnet.
Den Abschluß bildet immer die **Label-Nummer 0.**

Ist das Ende des Unterprogramms nicht durch LBL 0 gekennzeichnet, so kann durch einen Unterprogramm-Aufruf eine Endlos-Schleife (s. "Endlos-Schleife") programmiert werden.

Das Unterprogramm wird mit LBL CALL aufgerufen. Der Aufruf kann an jeder beliebigen Stelle im Programm erfolgen.

Nach Abarbeiten des Unterprogramms wird auf die Sprungstelle im Hauptprogramm zurückgesprungen.



Programmlauf

Die Steuerung arbeitet das Haupt-Programm bis zum Unterprogramm-Aufruf ab (CALL LBL 27 REP).

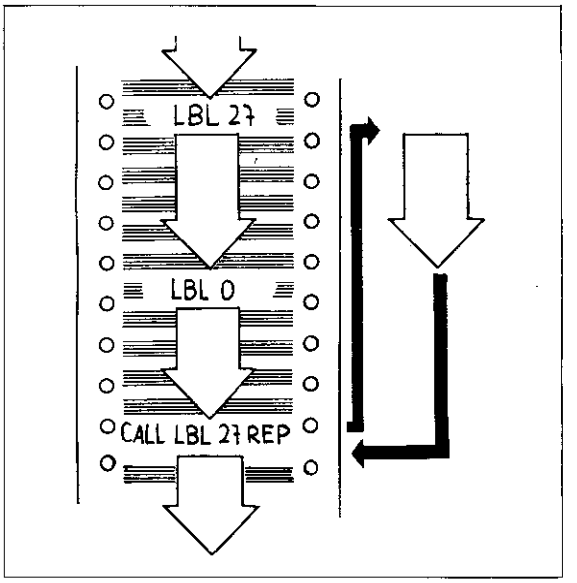
Dann erfolgt ein Sprung zur aufgerufenen Programm-Marke.

Das Unterprogramm wird bis zur Label-Nummer 0 (Unterprogramm-Ende) abgearbeitet.

Anschließend wird ein Rücksprung ins Hauptprogramm ausgeführt.

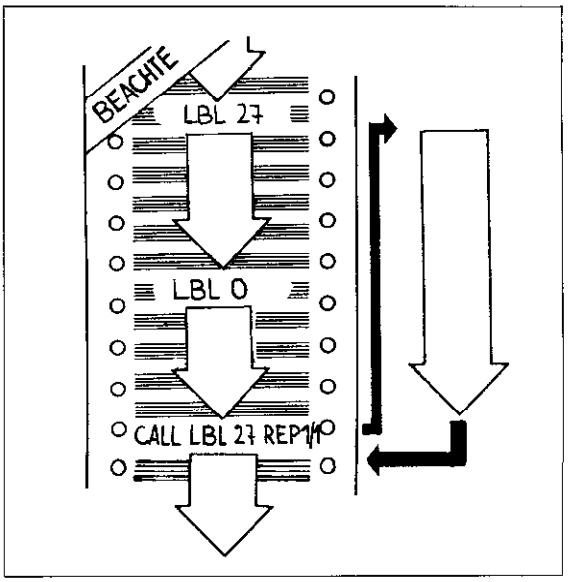
Das Hauptprogramm wird mit dem auf den Unterprogramm-Aufruf folgenden Satz fortgeführt.

Steht das Unterprogramm wie im vorliegenden Fall im Hauptprogramm, wird es auch während des Programmlaufs ohne Aufruf einmal abgearbeitet.



Ein Unterprogramm kann durch einen Unterprogramm-Aufruf nur einmal abgearbeitet werden!
Beim Unterprogramm-Aufruf mit LBL CALL muß nach der Dialogfrage WIEDERHOLUNG REP ? die NO ENT Taste gedrückt werden.

Ist eine Wiederholung programmiert z. B. REP 1/1, so wird der Abschnitt zwischen der aufgerufenen Label-Nummer und dem Aufruf CALL LBL als Programmteil-Wiederholung ausgeführt.

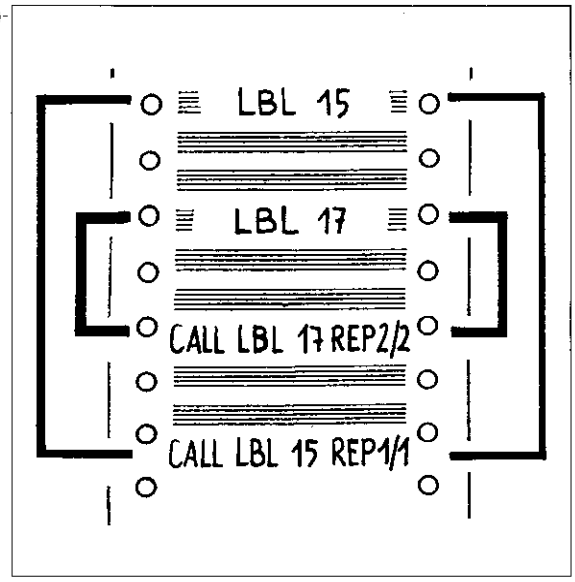


Unterprogramme und Programmteil-Wiederholung
Verschachtelung

Die Verschachtelung

Innerhalb eines Unterprogramms oder einer Programmteil-Wiederholung kann ein weiteres Unterprogramm bzw. eine weitere Programmteil-Wiederholung aufgerufen werden.
Ebenso kann innerhalb eines aufgerufenen Hauptprogramms in ein weiteres Hauptprogramm gesprungen werden. Man spricht in diesen Fällen von einer **Verschachtelung** (russ. Puppen-Schachtel in der Schachtel!).

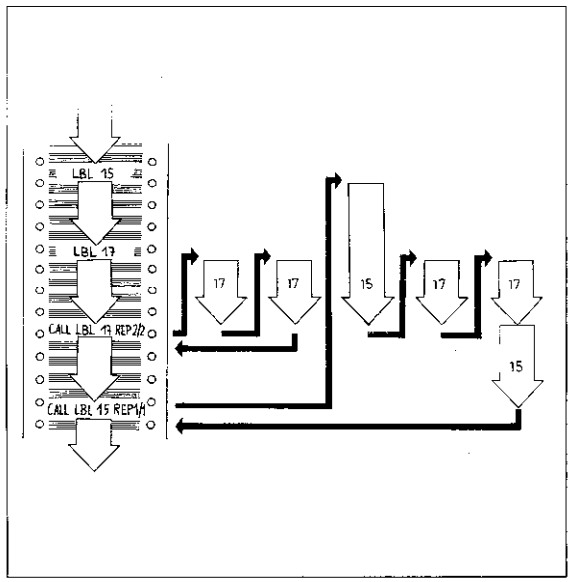
Programmteile und **Unterprogramme** können bis zu 8 mal geschachtelt werden, d. h. die **Verschachtelungs-Tiefe** beträgt 8.
Wird die Verschachtelungs-Tiefe überschritten, so erscheint die Fehlermeldung:
= ZU HOHE VERSCHACHTELUNG =.



Programmlauf mit Wiederholung

Das Hauptprogramm wird bis zum Sprung auf LBL 17 abgearbeitet. Der Programmteil wird zweimal wiederholt.

Anschließend arbeitet die Steuerung das Hauptprogramm bis zum Sprung auf LBL 15 weiter ab. Der Programmteil wird bis CALL LBL 17 REP 2/2 einmal wiederholt, und der geschachtelte Programmteil zusätzlich noch zweimal. Dann wird die zuletzt programmierte Wiederholung nach CALL LBL 17 fortgesetzt.

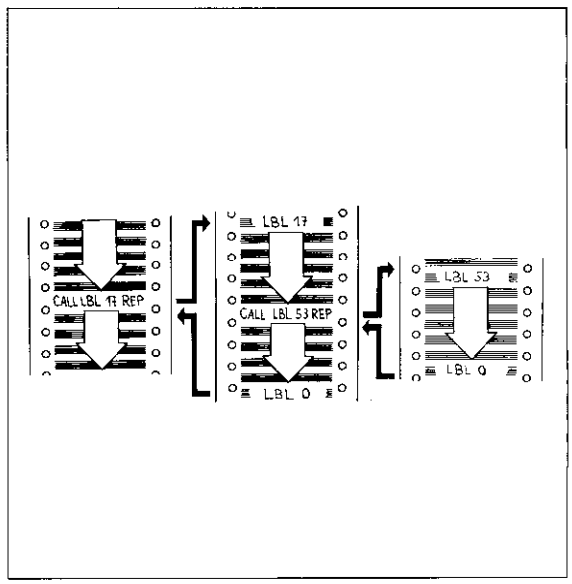


Programmlauf mit Unterprogrammen

Das Hauptprogramm wird bis zum Sprungbefehl CALL LBL 17 abgearbeitet.

Anschließend wird das Unterprogramm beginnend mit LBL 17 bis zum nächsten Aufruf CALL LBL 53 abgearbeitet usw. Das am tiefsten geschachtelte Unterprogramm wird durchgehend bearbeitet.

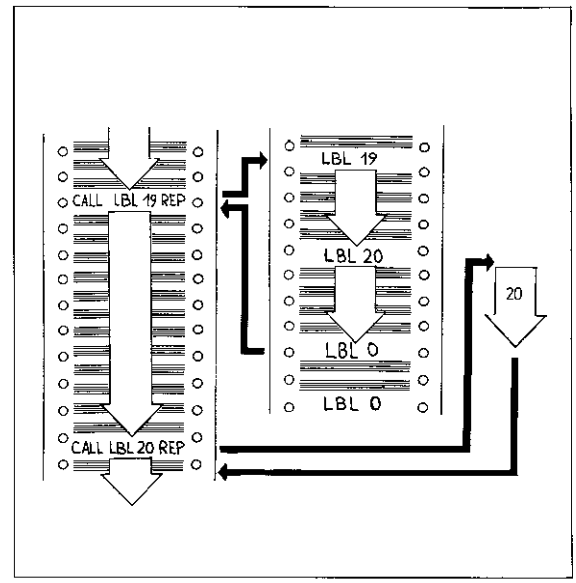
Vor Unterprogramm Ende (LBL 0) des letzten Unterprogramms erfolgt ein Rücksprung zum vorhergehenden Unterprogramm, bis schließlich zuletzt ins Hauptprogramm.



Unterprogramme und Programmteil-Wiederholung
Verschachtelung

Unterprogramm im Unterprogramm

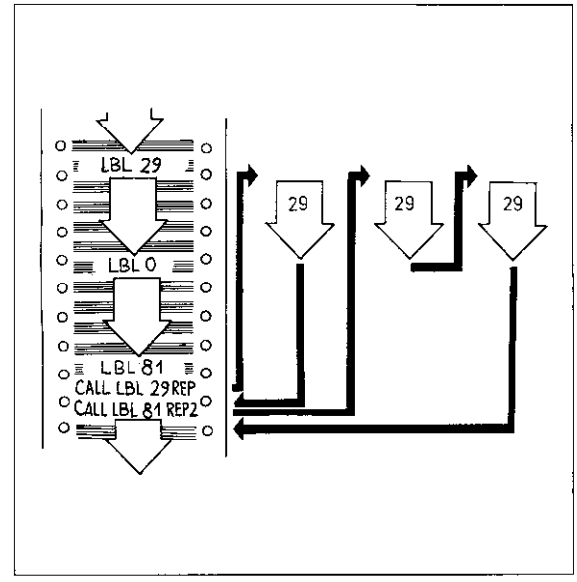
Unterprogramme können nicht in ein bestehendes Unterprogramm geschrieben werden. Jedes der beiden Unterprogramme im nebenstehenden Beispiel wird dann nur bis zur ersten Label-Nummer 0 abgearbeitet.



Wiederholung von Unterprogrammen

Mit Hilfe der Verschachtelung ist es möglich, Unterprogramme zu wiederholen.

Das Unterprogramm wird innerhalb einer Programmteil-Wiederholung aufgerufen. Dieser Unterprogramm-Aufruf ist der einzige Satz der Programmteil-Wiederholung.
Im Programmlauf ist wieder darauf zu achten, daß das Unterprogramm einmal mehr abgearbeitet wird, als Wiederholungen programmiert sind.



Programm-Sprung

Sprung in ein anderes Hauptprogramm

Die Programm-Verwaltung der Steuerung ermöglicht es, von einem Hauptprogramm in ein anderes Hauptprogramm zu springen.
Dadurch können

- in Verbindung mit der Parameter-Programmierung eigene Bearbeitungszyklen (s. "Zyklus Programm-Aufruf") erstellt,

oder

- Werkzeug-Listen gespeichert werden.

Die Programmierung des Sprungs erfolgt mit der PGM CALL Taste.
Wird dabei eine Programm-Nummer eingegeben, unter der kein Programm abgespeichert ist (z. B. CALL PGM 13), so erscheint beim Anwählen des Hauptprogramms mit der Sprunganweisung die Fehlermeldung:
= PGM 13 FEHLT =.

Für die Programm-Aufrufe sind maximal **vier Verschachtelungsebenen** zugelassen, d. h. die Verschachtelungs-Tiefe beträgt 4.

Programmlauf Beispiel

Die Steuerung arbeitet das Hauptprogramm 1 bis zum Programm-Aufruf CALL PGM ab.

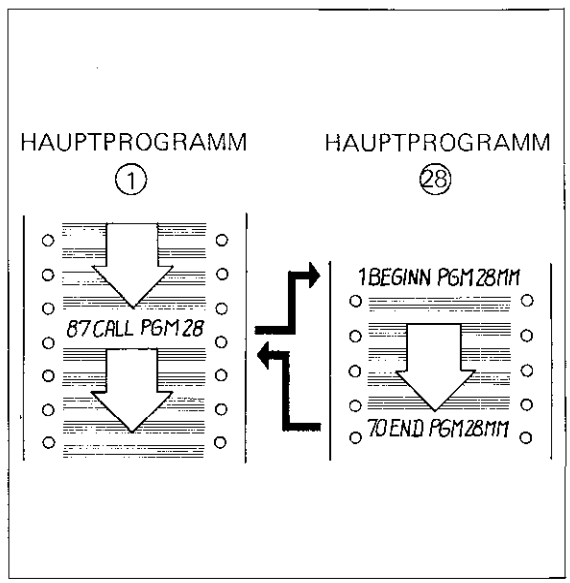
Anschließend erfolgt ein Sprung in das Hauptprogramm 28.

Das Hauptprogramm 28 wird von Anfang bis Ende abgearbeitet.

Dann erfolgt ein Rücksprung in das Hauptprogramm 1.

Das Hauptprogramm 1 wird mit dem auf dem Programm-Aufruf folgenden Satz fortgeführt.

Im aufgerufenen Hauptprogramm darf kein Rücksprung in das ursprüngliche Hauptprogramm programmiert werden (Bildung einer Endlos-Schleife)!



Programm-Sprung

Eingabe

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung .....

PROGRAMM-NUMMER ?	▶	Nummer des aufzurufenden Programms eingeben.
	▼	Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

87 CALL PGM 28

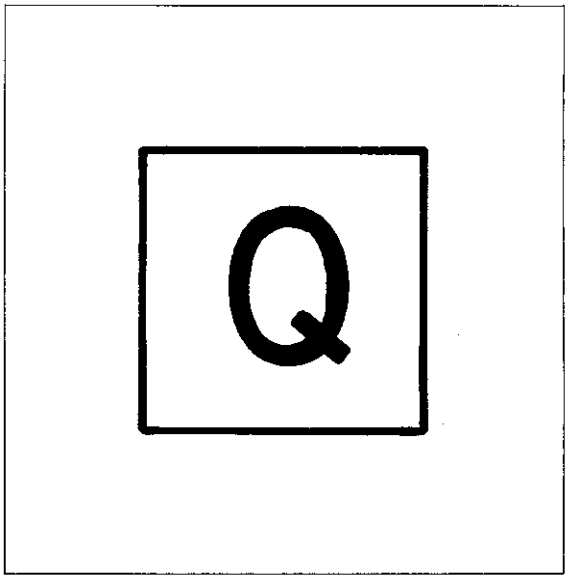
Im Satz 87 wird das Hauptprogramm 28 aufgerufen und abgearbeitet.

Ein Programm-Aufruf kann wie ein Zyklus-Aufruf programmiert werden, falls die Programm-Nummer in die Zyklus-Definition 12 eingegeben wird.
Damit werden die mit Hilfe der Parameter-Rechnung selbst erstellten Zyklen den vorprogrammierten Zyklen gleichgestellt (s. "Zyklus Programm-Aufruf").

Parameter

Parameter

Bei der Programm-Eingabe können innerhalb eines Programms Zahlenwerte, die sich auf Maßeinheiten beziehen (Koordinaten oder Vorschub), durch einen **variablen Parameter** d. h. einen "Platzhalter" für später einzugebende oder von der Steuerung zu berechnende Zahlenwerte ersetzt werden.
Beim Abarbeiten des Programms benutzt die Steuerung dann den Zahlenwert, der sich aus der sog. Parameter-Definition ergibt.



Parameter setzen

Parameter werden mit dem Buchstaben Q und einer Nummer gekennzeichnet; die Nummern sind zwischen 0 und 99 wählbar. Parameter können auch mit negativen Vorzeichen eingegeben werden. Positive Vorzeichen müssen nicht programmiert werden. Das Eingeben (=Setzen) der Parameter erfolgt über die [Q] Taste.

Parameter-Definition

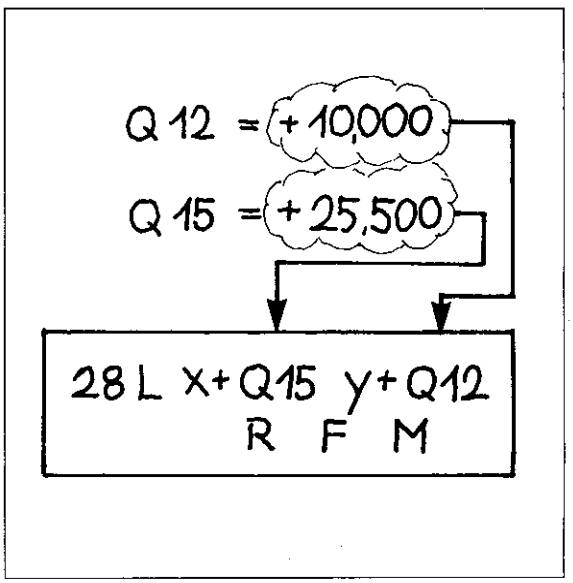
Die Zuordnung von bestimmten Zahlenwerten zu den Parametern ist entweder direkt oder durch mathematische und logische Funktionen möglich.

Der Dialog für die Parameter-Definition wird durch die Taste [Q DEF] eröffnet. Über die Tasten [↑] oder [↓] kann dann eine der nebenstehenden **Parameter-Funktionen FN** angewählt werden:

FN 0 : ZUWEISUNG
FN 1 : ADDITION
FN 2 : SUBTRAKTION
FN 3 : MULTIPLIKATION
FN 4 : DIVISION
FN 5 : WURZEL
FN 6 : SINUS
FN 7 : COSINUS
FN 8 : WURZEL AUS QUADRAT-SUMME
FN 9 : WENN GLEICH, SPRUNG
FN 10 : WENN UNGLEICH, SPRUNG
FN 11 : WENN GROESSER, SPRUNG
FN 12 : WENN KLEINER, SPRUNG

Parameter-Definition Beispiel

Gibt man Parameter anstelle von Koordinaten innerhalb einer Linear-Interpolation ein, so können Konturen erzeugt werden, die über mathematische Funktionen definiert sind, z. B. Ellipsen. Die Kontur setzt sich dann aus vielen einzelnen Geradenstücken zusammen (siehe auch "Ellipse – Programmierbeispiel").



Parameter

Setzen eines Parameters

Dialog-Frage z. B.:

KOORDINATEN ?

- [X] Achse wählen, z. B. X.
- [Q] Parameter-Taste drücken.
- [ ] Parameter-Nummer eingeben.
- [+/–] Ggf. Vorzeichen eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

27 L X + Q13 Y – Q2

R F M

Parameter Q13 ist Platzhalter für den Zahlenwert der X-Koordinate; Parameter Q2 ist Platzhalter für den negativen Zahlenwert der Y-Koordinate. Q13 ist z. B. der Wert + 40,000 und Q2 + 19,000 zugewiesen. Das Werkzeug wird dann auf die Position P (X + 40,000 / Y – 19,000) verfahren.

Die Parameter müssen vor ihrem Aufruf definiert sein. Nicht definierte Parameter werden bei Beginn des Programm-Laufs automatisch mit dem Zahlenwert 0 belegt.
Im Anzeige-Beispiel (oben) würde das Werkzeug dann auf die Position X0/Y0 fahren.

Anwählen einer Parameter-Funktion

Betriebsart ..... [⊕]

Dialog-Eröffnung ..... [Q DEF]

FN 0 : ZUWEISUNG

[↓] oder [↑] Gewünschte Parameter-Funktion anwählen.

Steht die gewünschte Funktion in der Anzeige, z. B.

FN 9 : WENN GLEICH, SPRUNG

[ENT] Funktion übernehmen.

In der Anzeige erscheint die erste Dialog-Frage. (Beantwortung siehe entsprechende Funktion).

Parameter
Parameter-Funktionen

FN 0: Zuweisung

Durch die Funktion FN 0 wird einem bestimmten Parameter entweder ein **Zahlenwert** oder ein anderer **Parameter** zugewiesen.
Die Zuweisung entspricht einem "="-Zeichen.

Q5 = 65,432

Anzeige:

18 FN 0: Q5 = + 65,432

FN 1: Addition

Durch die Funktion FN 1: Addition wird ein bestimmter Parameter als die **Summe** von zwei Parametern, zwei Zahlenwerten oder einem Parameter und einem Zahlenwert festgelegt.

Q17 = Q2 + 5,000

Anzeige:

12 FN 1: Q17 = + Q2

+ + 5,000

FN 2: Subtraktion

Durch die Funktion FN 2: Subtraktion wird ein bestimmter Parameter als die **Differenz** zwischen zwei Parametern, zwei Zahlenwerten oder einem Parameter und einem Zahlenwert festgelegt.

Q11 = 5,000 – Q34

Anzeige:

94 FN 2: Q11 = + 5,000

– + Q34

FN 3: Multiplikation

Durch die Funktion FN 3: Multiplikation wird ein bestimmter Parameter als das **Produkt** von zwei Parametern, zwei Zahlenwerten oder einem Parameter und einem Zahlenwert definiert.

Q21 = Q1 x 60,0

Anzeige:

85 FN 3: Q21 = +Q1

+ 60,000

FN 4: Division

Durch die Funktion FN 4: Division wird ein bestimmter Parameter als der **Quotient** von zwei Parametern, zwei Zahlenwerten oder einem Parameter und einem Zahlenwert festgelegt.
(**DIV** ist die Abkürzung für **Division**).

Q12 = Q2 / 62

Anzeige:

73 FN 4: Q12 = +Q2

DIV +62,000

FN 5: Wurzel

Durch die Funktion FN 5: Wurzel wird ein bestimmter Parameter als die **Quadratwurzel** eines Parameters, oder eines Zahlenwertes definiert.
(**SQRT** ist die Abkürzung für den englischen Ausdruck **square root,** zu deutsch **Quadratwurzel**).

Q98 = $\sqrt{2}$

Anzeige:

69 FN 5: Q98 = SQRT +2

Parameter
Parameter-Funktionen

Programm-Eingabe Beispiel FN 1

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [Q DEF] [↓]

FN 1: ADDITION ▶ [ENT] Funktion übernehmen.

PARAMETER-NR. FUER ERGEBNIS ? ▶ [ ] Parameter-Nummer eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

1. WERT ODER PARAMETER ?

Wird eine Zahl zugewiesen: ▶ [ ] Zahlenwert eingeben.

[ENT] Zahl übernehmen.

Wird ein Parameter zugewiesen: ▶ [Q] Parameter-Taste drücken.

[ ] Parameter-Nummer eingeben.

[ENT] Parameter übernehmen.

2. WERT ODER PARAMETER ?

Wird eine Zahl zugewiesen: ▶ [ ] Zahlenwert eingeben.

[ENT] Zahl übernehmen.

Wird ein Parameter zugewiesen: ▶ [Q] Parameter-Taste drücken.

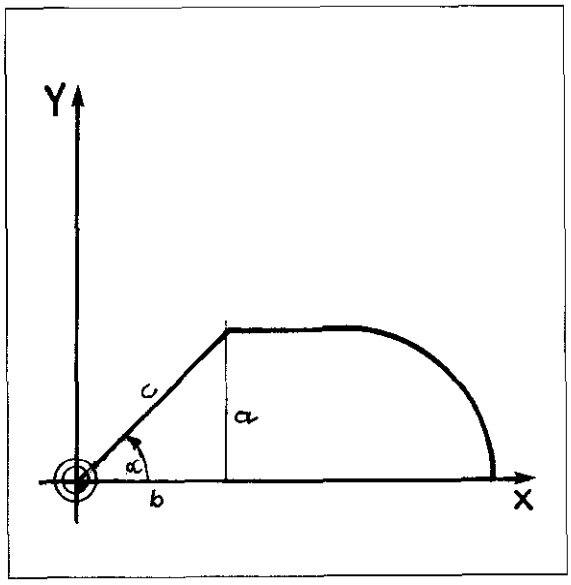
[ ] Parameter-Nummer eingeben.

[ENT] Parameter übernehmen.

Parameter
Parameter-Funktionen

Winkel-funktionen

Sinus- und Cosinus-Funktion stellen einen mathematischen Zusammenhang zwischen einem Winkel und den Seitenlängen im rechtwinkligen Dreieck her. Die Winkelfunktionen werden mit
FN 6: Sinus und
FN 7: Cosinus programmiert.



Definition der Winkel-funktionen

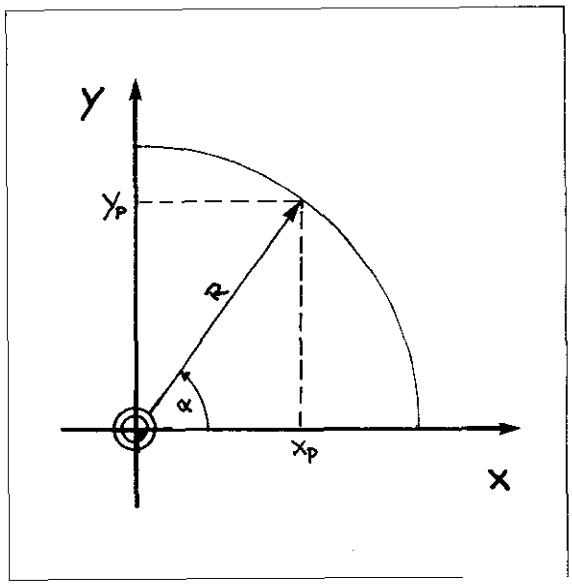
$$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete (gegenüberliegende Seite)}}{\text{Hypothenuse (längste Seite d. Dreiecks)}} = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete (anliegende Seite)}}{\text{Hypothenuse (längste Seite d. Dreiecks)}} = \frac{b}{c}$$

Winkel-funktionen im rechtwinkligen Dreieck

$XP = R \cdot \cos \alpha$

$YP = R \cdot \sin \alpha$



FN 6: Sinus

Durch die Funktion FN 6: Sinus wird ein bestimmter Parameter als der **Sinus** eines Winkels (in Grad (°)) definiert, wobei der Winkel ein Zahlenwert oder ein Parameter sein kann.

Q10 = sin Q8

Anzeige:

113 FN 6: Q10 = SIN + Q8

FN 7: Cosinus

Durch die Funktion FN 7: Cosinus wird ein bestimmter Parameter als der **Cosinus** eines Winkels (in Grad (°)) definiert, wobei der Winkel ein Zahlenwert oder ein Parameter sein kann.

Q81 = cos (–Q55)

Anzeige:

911 FN 7: Q81 = COS – Q55

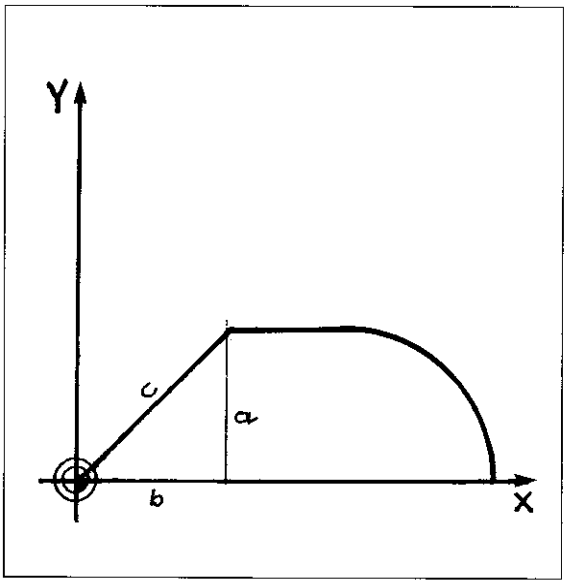
Parameter
Parameter-Funktionen

Länge einer Strecke

Die Parameter-Funktion FN 8: Wurzel aus Quadratsumme dient zur **Längenberechnung** von **Strecken** im rechtwinkligen Dreieck.

Nach dem Satz des Pythagoras gilt:

$a^2 + b^2 = c^2$ oder $\mathbf{c = \sqrt{a^2 + b^2}}$



FN 8: Wurzel aus Quadratsumme

Durch die Funktion FN 8: Wurzel aus Quadratsumme wird ein bestimmter Parameter als die **Wurzel** aus der Summe der Quadrate zweier Zahlen bzw. Parameter festgelegt.

(**LEN** ist die Abkürzung für den englischen Ausdruck **length**, zu deutsch Länge, Strecke).

$$\mathbf{Q3 = \sqrt{30^2 + Q45^2}}$$

Anzeige:

56 FN 8: Q3 = + 30,000

LEN + Q45

Parameter
Parameter-Funktion

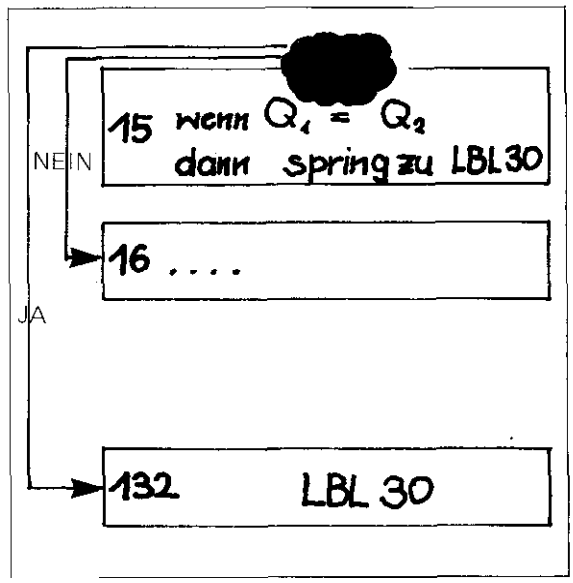
Wenn-Dann-Sprung

Durch die Parameter-Funktionen FN 9 bis FN 12 kann ein Parameter mit einem anderen Parameter oder mit einem Zahlenwert verglichen werden. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs kann ein Sprung auf eine bestimmte Programm-Marke (Label) ausgeführt werden.
Die Gleichungen bzw. Ungleichungen lauten:

- 1. Parameter ist gleich einem Wert bzw. einem 2. Parameter, z. B. **Q1 = Q3**
- 1. Parameter ist verschieden von einem Wert bzw. einem 2. Parameter, z. B. **Q1 ≠ Q3**
- 1. Parameter ist größer als ein Wert bzw. ein 2. Parameter, z. B. **Q1 > Q3**
- 1. Parameter ist kleiner als ein Wert bzw. ein 2. Parameter, z. B. **Q1 < Q3**

=	gleich
≠	ungleich
>	größer
<	kleiner

Wenn eine dieser Gleichungen erfüllt ist, **dann** erfolgt ein **Sprung** auf eine bestimmte Programm-Marke.
Ist die Gleichung nicht erfüllt, so wird das Programm mit den nachfolgenden Sätzen fortgeführt.



FN 9: Wenn gleich, Sprung

Bei Programmierung der Funktion "FN 9: Wenn gleich, Sprung" wird nur dann ein Sprung auf eine Programm-Marke ausgeführt, wenn ein bestimmter Parameter **gleich** einem anderen Parameter bzw. einem Zahlenwert ist.

IF ist das englische Wort für **wenn.**
EQU ist die Abkürzung für das englische Wort **equal,** zu deutsch **gleich** oder **ist gleich**
GOTO ist der englische Ausdruck für **geh auf.**

Wenn gilt: Q2 = 360,
dann spring auf LBL 30 !

Anzeige:

47 FN 9: IF + Q2.

EQU + 360,000 GOTO LBL 30

Parameter
Parameter-Funktionen

Eingabe Beispiel FN 9

Betriebsart ..... [⇔]

Dialog-Eröffnung ..... [Q DEF] [↑]

FN 9: WENN GLEICH, SPRUNG ▶ [ENT] Funktion übernehmen.

1. WERT ODER PARAMETER ?

▶ [Q] Parameter-Taste drücken.

[ ] Parameter-Nummer eingeben.

[ENT] Parameter übernehmen.

2. WERT ODER PARAMETER ?

Wird der oben gesetzte Parameter mit einer Zahl verglichen.

▶ [ ] Zahlenwert eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

Wird der oben gesetzte Parameter mit einem anderen Parameter verglichen.

▶ [Q] Parameter-Taste drücken.

[ ] Parameter-Nummer eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

LABEL-NUMMER ?

▶ [ ] Nummer der Sprung-Marke eingeben.

[ENT] Eingabe übernehmen.

Die Bildschirm-Anzeigen stehen auf der nachfolgenden Seite bei den entsprechenden Funktionen.

FN 10: Wenn ungleich, Sprung

Bei Programmierung der Funktion "FN 10: Wenn ungleich, Sprung" wird nur dann ein Sprung auf eine Programm-Marke ausgeführt, wenn ein bestimmter Parameter **ungleich** einem anderen Parameter bzw. einem Zahlenwert ist.

(**NE** ist die Abkürzung für den englischen Ausdruck **not equal,** zu deutsch **ungleich** oder **verschieden, nicht gleich**).

Wenn gilt: Q3 ≠ Q10, dann spring auf LBL 2 !

Anzeige:

38 FN 10: IF + Q3

NE + Q10 GOTO LBL 2

FN 11: Wenn größer, Sprung

Bei Programmierung der Funktion "FN 11: Wenn größer, Sprung" wird nur dann ein Sprung auf eine Programm-Marke ausgeführt, wenn ein bestimmter Parameter **größer** als ein anderer Parameter bzw. ein Zahlenwert ist.

(**GT** ist die Abkürzung für den englischen Ausdruck **greater than,** zu deutsch **größer als**).

Wenn gilt: Q8 > 360, dann spring auf LBL 17 !

Anzeige:

28 FN 11: IF + Q8

GT + 360,000 GOTO LBL 17

FN 12: Wenn kleiner, Sprung

Bei Programmierung der Funktion "FN 12: Wenn kleiner, Sprung" wird nur dann ein Sprung auf eine Programm-Marke ausgeführt, wenn ein bestimmter Parameter **kleiner** als ein anderer Parameter bzw. ein Zahlenwert ist.

(**LT** ist die Abkürzung für den englischen Ausdruck **less than**, zu deutsch **kleiner als**).

Wenn gilt: Q6 < Q5, dann spring auf LBL 3 !

Anzeige:

24 FN 12: IF + Q6

LT + Q5 GOTO LBL 3

Anmerkungen

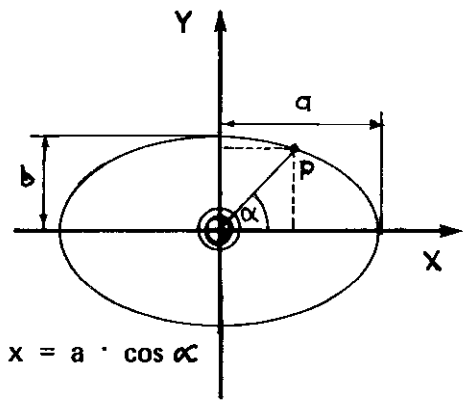
Parameter
Parameter-Programmierung (Beispiel)

Am Beispiel einer Ellipse soll die Programmiertechnik mit Parametern gezeigt werden.

Geometrie

Die **Ellipse** wird nach nebenstehender Formel beschrieben (math. Parameter-Form der Ellipse).

D. h. zu jedem Winkel α gehört eine X-Koordinate und gleichzeitig eine Y-Koordinate.
Beginnt man bei $\alpha = 0^{\circ}$ und läßt man in kleinen Schritten α auf 360° anwachsen, so erhält man eine Vielzahl von Punkten auf einer Ellipse. Werden diese Punkte durch Geraden verbunden, so entsteht eine geschlossene Kontur.



$x = a \cdot \cos \alpha$

$y = b \cdot \sin \alpha$

a, b : Halbachsen der Ellipse

Parameter-Definition

Das Programm besteht im wesentlichen aus vier Teilen:
- Parameter-Definitionen
- Positionierung (Linear-Interpolation) für das Fräsen der Ellipse
- Erhöhung des Winkelschritts
- Parameter-Vergleich und Programm-Fortsetzung, bis die Ellipse vollständig gefertigt ist.

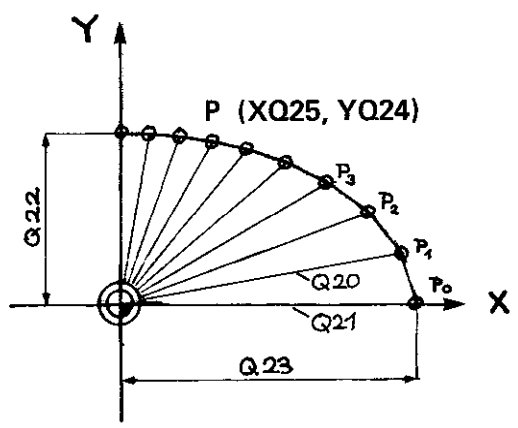
Als Parameter werden definiert:
- **Winkelschritt Q20:** Der Winkel soll jeweils um 2° anwachsen; Q20 = + 2,000
- **Anfangswinkel Q21:** Der erste Punkt der Kontur hat den Winkel 0°; Q21 = 0,000
- **Halbachse in X-Richtung Q23:** Q23 = + 50,000
- **Halbachse in Y-Richtung Q22:** Q22 = + 30,000
- **X-Koordinate Q25:** Der Zahlenwert der X-Koordinate wird dem Parameter Q25 zugewiesen.
- **Y-Koordinate Q24:** Der Zahlenwert der Y-Koordinate wird dem Parameter Q24 zugewiesen.

Die Parameter Q25 und Q24 werden nach obengenannter Formel definiert:

(X=) Q25 = Q23 · cos Q21;
(Y=) Q24 = Q22 · sin Q21;

Die beiden Gleichungen müssen umgeschrieben werden, da sie auf diese Art nicht eingegeben werden können, deshalb:

Zuerst: Q15 = cos Q21
Q14 = sin Q21
dann: Q25 = Q15 ⋕ Q23
Q24 = Q14 ⋕ Q22



Q20	= + 2,000
Q21	= + 0,000
Q22	= + 30,000
Q23	= + 50,000

Q15	= SIN + Q21
Q14	= COS + Q21
Q24	= + Q15 ⋕ + Q22
Q25	= + Q14 ⋕ + Q23

Parameter
Parameter-Programmierung (Beispiel)

Positioniersatz

In diesem Satz mit Linear-Interpolation steht das Fräsen der Ellipse.

```
Q20 = +  2,000
Q21 = +  0,000
Q22 = + 30,000
Q23 = + 50,000

Q14 = SIN + Q21
Q15 = COS + Q21
Q24 = + Q14 + Q22
Q25 = + Q15 + Q23

L      X + Q25      Y + Q24
                    RR  F200     M
```

Erhöhung des Winkelschritts

Neuer Winkel Q21 =
alter Winkel Q21 + Winkelschritt Q20

```
Q20 = +  2,000
Q21 = +  0,000
Q22 = + 30,000
Q23 = + 50,000

Q14 = SIN + Q21
Q15 = COS + Q21
Q24 = + Q14 + Q22
Q25 = + Q15 + Q23

L      X + Q25      Y + Q24
                    RR  F200     M

Q21 = + Q21 + + Q20
```

Parameter-Vergleich und Programm-Wiederholung

Für die Wiederholung muß vor der Parameter-Definition für Q25 und Q24 eine Sprung-Marke gesetzt werden: LBL 1.

Die Wiederholung ist an folgende Bedingung geknüpft:

Wenn der Winkel Q21 kleiner ist als 360,1°, dann spring auf LBL 1:

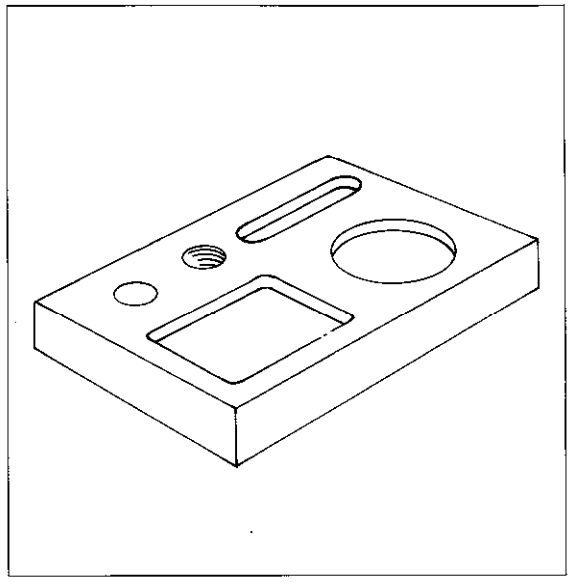
IF + Q21
LT + 360,100 GOTO LBL 1.

```
Q20 = +  2,000
Q21 = +  0,000
Q22 = + 30,000
Q23 = + 50,000

LBL 1

Q14 = SIN + Q21
Q15 = COS + Q21
Q24 = + Q14 + Q22
Q25 = + Q15 + Q23

L      X + Q25      Y + Q24
                    RR  F200     M

Q21 = + Q21 + + Q20

IF + Q21
LT + 360,100 GOTO LBL 1
```

Zyklen
Einführung

Zyklen

Um die Programmierung zu vereinfachen und zu beschleunigen sind häufig wiederkehrende Bearbeitungsfolgen und bestimmte Koordinaten-Umrechnungen als feste Zyklen vorprogrammiert, z. B. das Fräsen von Taschen oder Nullpunkt-Verschiebung.



Zyklus-Definition

Über die Zyklus-Definition werden der Steuerung die notwendigen Daten für den Zyklus mitgeteilt, z. B. die Seitenlänge der Tasche.
Der Dialog für die Zyklus-Definition wird mit der Taste [CYCL DEF] eröffnet. Mit den Tasten [↓] oder [↑] kann dann einer der nebenstehenden Zyklen angewählt werden.

Einteilung

Die Zyklen 1 bis 5 sind **Bearbeitungszyklen,** d. h. mit diesen Zyklen werden Bearbeitungsfolgen am Werkstück ausgeführt.
Bei Zyklus 9 kann eine **Verweilzeit** programmiert werden; die übrigen Zyklen ermöglichen verschiedene **Koordinaten-Umrechnungen** (Koordinaten-Transformationen).

CYCL DEF 1	Tiefbohren	Bearbeitungszyklen
CYCL DEF 2	Gewindebohren	
CYCL DEF 3	Nutenfräsen	
CYCL DEF 4	Taschenfräsen	
CYCL DEF 5	Kreistasche	
CYCL DEF 7	Nullpunkt	Koordinaten-Umrechnungen
CYCL DEF 8	Spiegeln	
CYCL DEF 10	Drehung	
CYCL DEF 11	Maßfaktor	
CYCL DEF 12	Programm-Aufruf	
CYCL DEF 9	Verweilzeit	

Zyklus-Aufruf

Durch Zyklus-Aufruf im Programm wird der vorher definierte **Bearbeitungszyklus** abgearbeitet.
Die **Koordinaten-Umrechnungen** und die Verweilzeit benötigen keinen gesonderten Aufruf; sie sind sofort nach der Zyklus-Definition wirksam.
Für den Zyklus-Aufruf gibt es drei Programmier-Möglichkeiten:

- Aufruf mit einem CYCL CALL Satz
- Aufruf über die Zusatz-Funktion M99
- Aufruf über die Zusatz-Funktion M89

Der Aufruf M89 ist modal wirksam, d.h. bei jedem nachfolgenden Positioniersatz erfolgt ein Aufruf des zuletzt programmierten Bearbeitungszyklus.
M89 wird durch die Eingabe M99 oder durch einen CYCL CALL-Satz wieder aufgehoben bzw. gelöscht.

Mit einem Zyklus-Aufruf kann nur der zuletzt definierte Bearbeitungszyklus aufgerufen werden.

Zyklen
Zyklus-Definition
Zyklus-Aufruf

Definition eines Zyklus

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF]

CYCL DEF 1 TIEFBOHREN	▶ [↓] [↑]	Gewünschten Bearbeitungszyklus anwählen.
Steht der gewünschte Bearbeitungszyklus in der Anzeige, z. B.		
▼		
CYCL DEF 4 TASCHENFRAESEN	▶ [ENT]	Zyklus übernehmen.
In der Anzeige erscheint nun die erste Dialog-Frage zum angewählten Zyklus. (Beantwortung siehe entsprechende Zyklus-Definition).		

Aufruf eines Zyklus

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL CALL]

ZUSATZ-FUNKTION M ?	▶ [ ]	Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

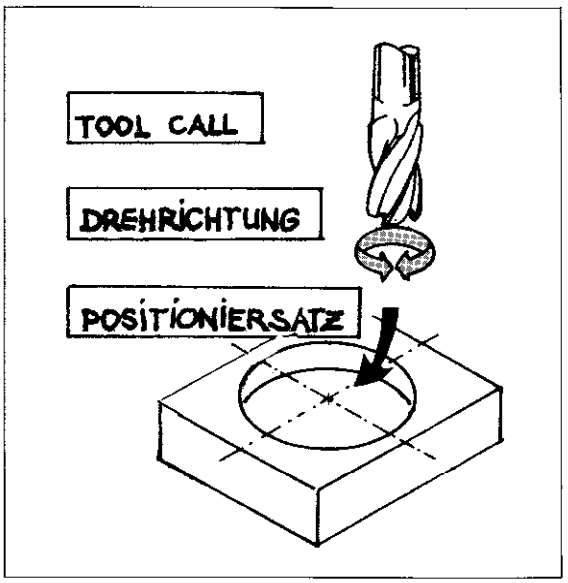
95 CYCL CALL	Der zuletzt definierte Zyklus wird aufgerufen.
M03	Die Spindel dreht sich im Uhrzeigersinn.

Zyklen
Bearbeitungszyklen
Vorbereitende Maßnahmen

Voraussetzungen

Vor einem Zyklus-Aufruf muß bereits programmiert sein:

- **Werkzeug-Aufruf:** zur Bestimmung der **Spindelachse** und der **Drehzahl;**
- **Zusatz-Funktion:** zur Angabe der **Spindel-Drehrichtung.**
- **Positioniersatz zur Start-Position:** für den Bearbeitungszyklus.



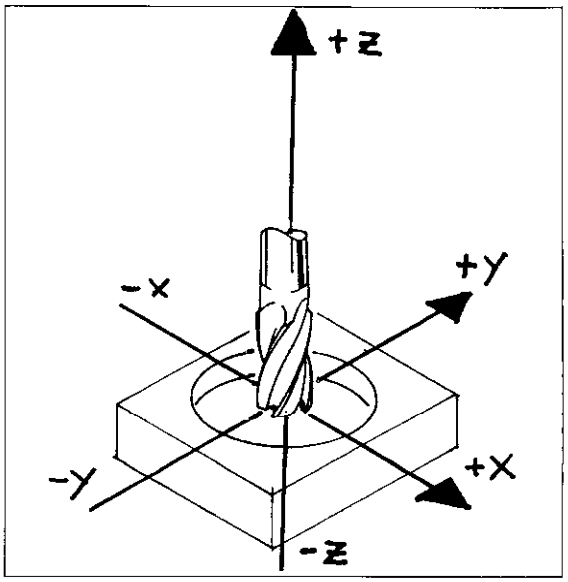
Fehlermeldungen

Fehlender Werkzeug-Aufruf wird mit der Fehlermeldung
= TOOL CALL FEHLT =
angezeigt.

Fehlende Angabe der **Spindel-Drehrichtung** wird mit der Fehlermeldung
= SPINDEL ? =
angezeigt.

Maßangaben

Maßangaben in der Zyklus-Definition werden grundsätzlich in Bezug auf die **Start-Position** des Werkzeugs angegeben.
Die [I] Taste braucht dabei nicht gedrückt zu werden!

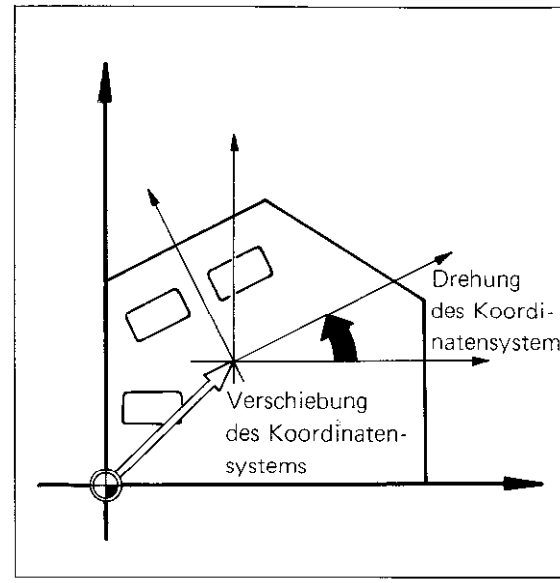


Bearbeitungszyklen müssen (im Gegensatz zu den Zyklen für Koordinaten-Umrechnungen) zur Abarbeitung immer aufgerufen werden!

Zyklen
Koordinaten-Umrechnungen

Allgemein

Die Koordinaten-Umrechnungen verändern das Koordinatensystem, das durch "Werkstück-Nullpunkt setzen" festgelegt wurde. Diese Zyklen sind nach der Definition sofort wirksam, ein Zyklus-Aufruf ist hier nicht erforderlich.



Aufheben des Zyklus

Die Koordinaten-Umrechnungen sind solange wirksam, bis sie wieder aufgehoben werden. Dies kann entweder durch eine erneute Zyklus-Definition, bei welcher der ursprüngliche Zustand programmiert wird, oder mit der Zusatz-Funktion M02 oder M30 (abhängig vom eingegebenen Maschinen-Parameter) erfolgen.

Zyklen
Tiefbohren

Eingabe-Daten

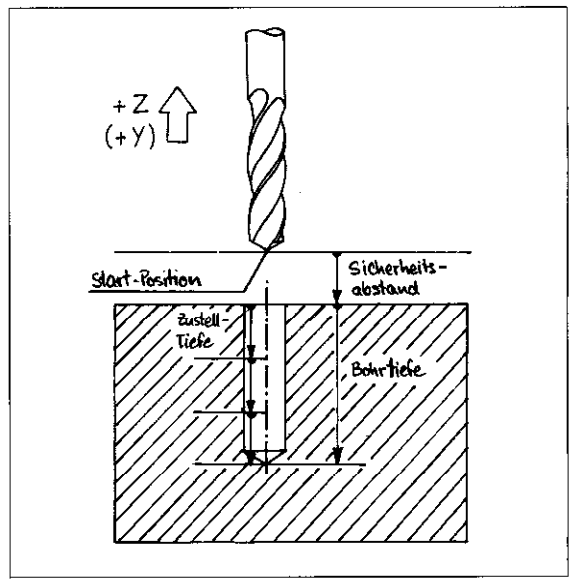
Sicherheits-Abstand: Abstand zwischen Werkzeugspitze (Start-Position) und Werkstückoberfläche. Vorzeichen:
- in positiver Achsrichtung +
- in negativer Achsrichtung –

Bohrtiefe: Maß zwischen Werkstückoberfläche und Bohrungsgrund (Spitze des Bohrkegels). Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.

Zustell-Tiefe: Maß, um das das Werkzeug auf einmal zugestellt wird.
Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.

Verweilzeit: Zeit, in der das Werkzeug nach Erreichen jeder Zustell-Tiefe auf dieser Tiefe bleibt, um freizuschneiden.

Vorschub: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs während der Bearbeitung.

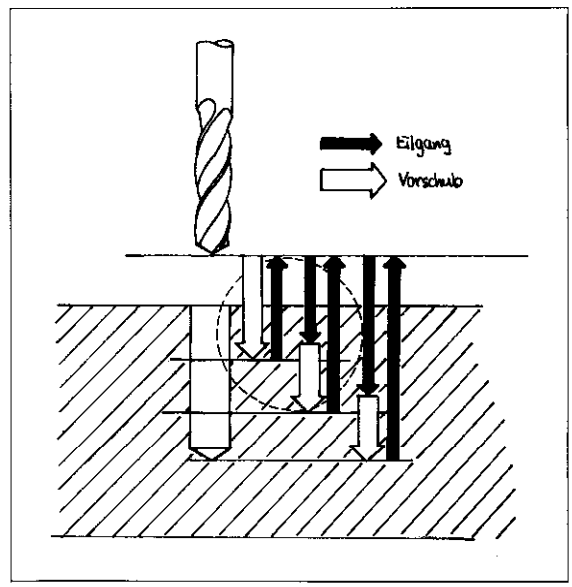


Ablauf

Das Werkzeug bohrt aus der **Start-Position** mit dem programmierten **Vorschub** auf die erste **Zustell-Tiefe**. Nach Ablauf der **Verweilzeit** wird das Werkzeug im Eilgang zur Start-Position zurückgezogen und unter Berücksichtigung des Vorhalte-Abstands erneut auf die erste Tiefe verfahren.

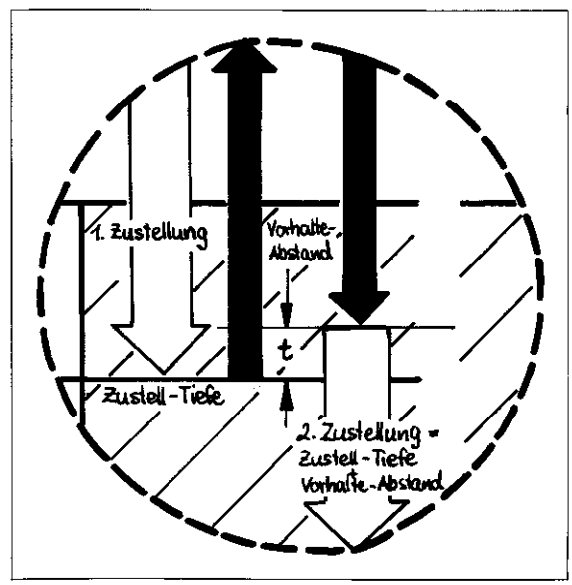
Anschließend rückt das Werkzeug mit dem programmierten Vorschub um ein weiteres Zustellmaß vor, fährt wieder zur Start-Position zurück usw.

Der Wechsel zwischen Bohren und Rückzug wird solange wiederholt, bis die programmierte **Bohrtiefe** erreicht ist. Am Ende des Zyklus kehrt das Werkzeug im Eilgang zur Start-Position zurück.



Vorhalte-Abstand

Der Vorhalte-Abstand t wird von der Steuerung selbsttätig berechnet:
- bei einer Bohrtiefe bis 30 mm gilt immer:
  t = 0,6 mm;
- bei einer Bohrtiefe über 30 mm gilt die Formel:
  t = Bohrtiefe/50, wobei aber der maximale Vorhalte-Abstand auf 7 mm begrenzt ist:
  t_{max} = 7 mm.



Zyklen
Tiefbohren

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇒]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF]

CYCL DEF 1 TIEFBOHREN	▶ [ENT]	Zyklus übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	▶ [ ]	Sicherheits-Abstand
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
BOHRTIEFE ?	▶ [ ]	Bohrtiefe
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
ZUSTELL-TIEFE ?	▶ [ ]	Zustell-Tiefe
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VERWEILZEIT IN SEKUNDEN ?	▶ [ ]	Verweilzeit am Bohrungsgrund eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VORSCHUB ? F =	▶ [ ]	Vorschub der Tiefenzustellung eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.

Sicherheits-Abstand, Bohrtiefe und Zustell-Tiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben.

Anmerkungen

Zyklen
Tiefbohren

Anzeige-Beispiel

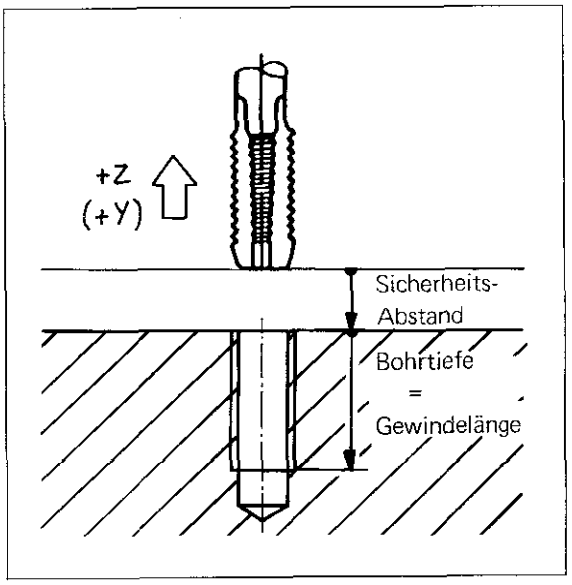
110 CYCL DEF 1.0 TIEFBOHREN	Die Zyklus-Definition Tiefbohren belegt 6 Programmsätze.
111 CYCL DEF 1.1 ABST –2,000	Sicherheits-Abstand
112 CYCL DEF 1.2 TIEFE – 30,000	Bohrtiefe
113 CYCL DEF 1.3 ZUSTLG – 12,000	Zustell-Tiefe
114 CYCL DEF 1.4 V.ZEIT 1,000	Verweilzeit
115 CYCL DEF 1.5 F 80	Vorschub

Zyklen
Gewindebohren

Der Zyklus

Zum Gewindeschneiden ist ein **Längenausgleichs-Futter** erforderlich.

Nach einem Zyklus-Aufruf ist der Drehzahl-Override unwirksam, der Vorschub-Override ist nur noch in einem begrenzten Bereich aktiv. Die Bereichsgrenzen sind vom Maschinenhersteller über Maschinen-Parameter festgelegt.



Eingabe-Daten

Sicherheits-Abstand: (siehe Zyklus 1)

Bohrtiefe (= Gewindelänge): Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Gewindeende. Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.

Verweilzeit: Zeit zwischen Umkehr der Spindel-Drehrichtung und Rückzug des Werkzeugs.

Es wird empfohlen für die Verweilzeit den Wert 0,000 einzugeben !

Vorschub: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Gewindeschneiden.

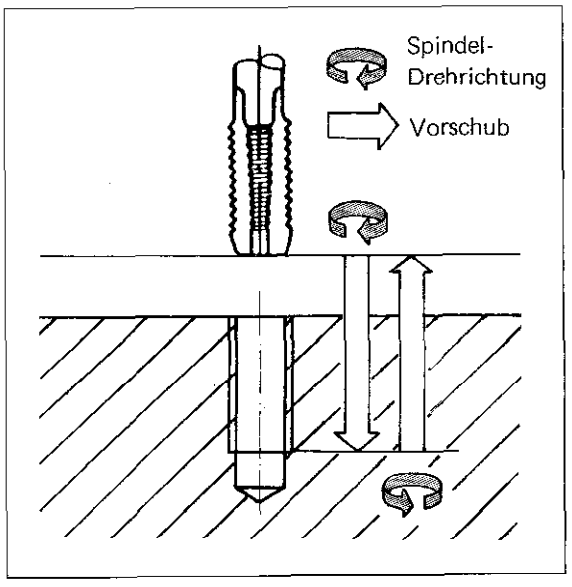
Der Vorschubwert für den Zyklus Gewindebohren muß nach folgender Formel errechnet werden:

$$F = S \times P$$

F: Vorschub
S: Spindel-Drehzahl
P: Gewinde-Steigung

Ablauf

Das Gewinde wird in einem Arbeitsgang geschnitten. Hat das Werkzeug die **Bohrtiefe** erreicht, wird die Spindel-Drehrichtung nach einer in den Maschinen-Parametern festgelegten Zeit umgekehrt. Nach Ablauf der programmierten **Verweilzeit** wird das Werkzeug zur Start-Position zurückgezogen.



Zyklen
Gewindebohren

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇒]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF] [↓]

CYCL DEF 2 GEWINDEBOHREN	▶ [ENT]	Zyklus übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	▶ [ ]	Sicherheits-Abstand
	[+/−]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
BOHRTIEFE ?	▶ [ ]	Gewindetiefe
	[+/−]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VERWEILZEIT IN SEKUNDEN ?	▶ [ ]	Verweilzeit zwischen Spindel-Umkehr und Spindel-Rückzug eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VORSCHUB ? F =	▶ [ ]	Errechneten Vorschubwert eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.

Sicherheits-Abstand und Bohrtiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben !

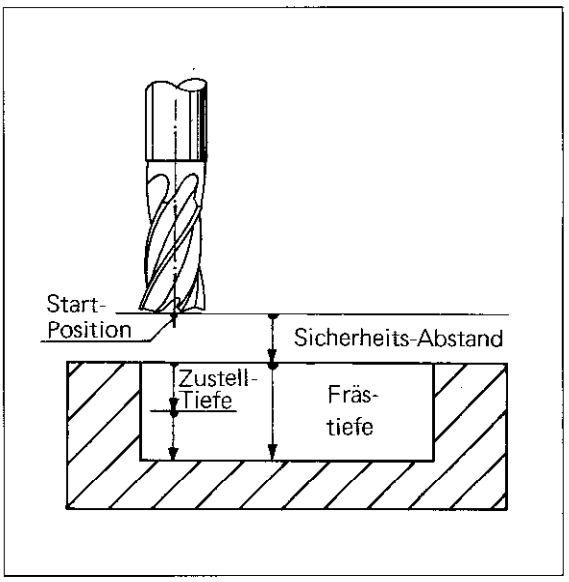
Anzeige-Beispiel

80 CYCL DEF 2.0 GEWINDEBOHREN	Die Zyklus-Definition Gewindebohren belegt 5 Programmsätze.
81 CYCL DEF 2.1 ABST – 2,000	Sicherheits-Abstand
82 CYCL DEF 2.2 TIEFE – 30,000	Gewindetiefe
83 CYCL DEF 2.3 V.ZEIT 0,000	Verweilzeit
84 CYCL DEF 2.4 F 160	Vorschub

Zyklen
Nutenfräsen

Der Zyklus

Der Zyklus "Nutenfräsen" ist ein kombinierter Schrupp-Schlichtzyklus.
Die Nut liegt parallel zu einer Achse des aktuellen Koordinatensystems – gegebenenfalls muß das Koordinatensystem entsprechend gedreht werden (siehe Zyklus 10: Drehung des Koordinatensystems).



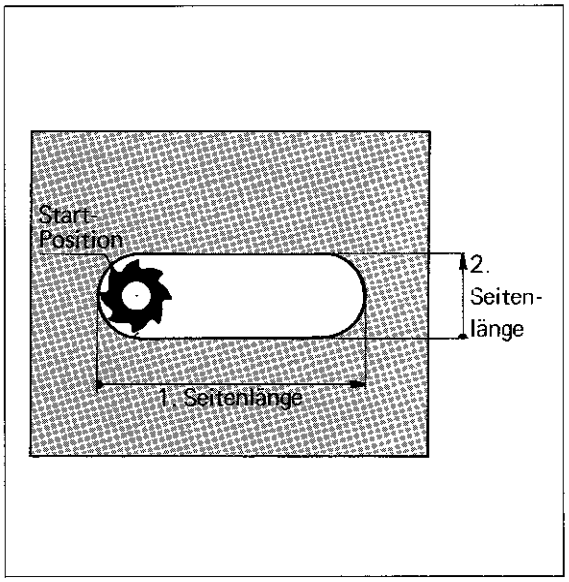
Eingabe-Daten

Sicherheits-Abstand: siehe Zyklus 1.
Frästiefe (= Tiefe der Nut): Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Fräsgrund.
Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.
Zustell-Tiefe: Maß, um das das Werkzeug in das Werkstück einsticht; Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.
Vorschub Tiefenzustellung: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen.

1. Seitenlänge: Länge der Nut (Fertigmaß).
Das Vorzeichen muß entsprechend der Fräsrichtung eingegeben werden:
Soll von der Start-Position aus in positiver Achs-Richtung gefräst werden: positives Vorzeichen.
Soll von der Start-Position aus in negativer Achs-Richtung gefräst werden: negatives Vorzeichen.
2. Seitenlänge: Breite der Nut (Fertigmaß).
Das Vorzeichen ist stets positiv.

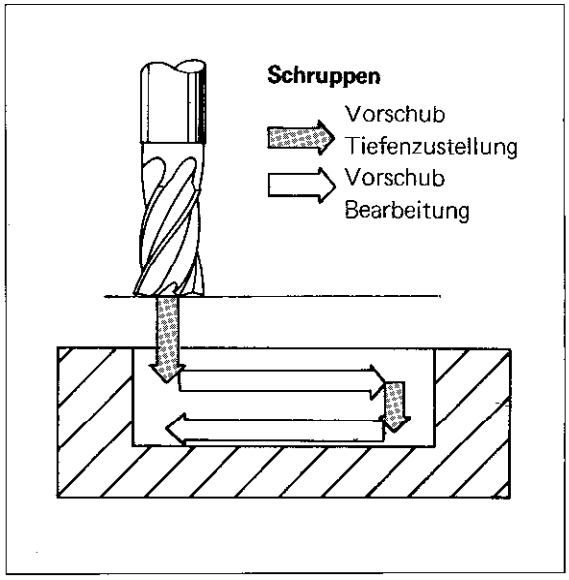
Die Breite der Nut muß größer sein als der Fräserdurchmesser.

Vorschub: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene.



Ablauf

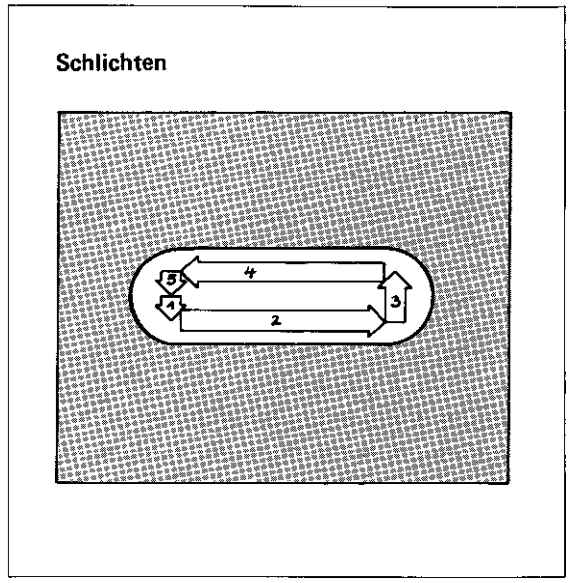
Schruppvorgang: Das Werkzeug sticht aus der **Start-Position** in das Werkstück ein. Anschließend wird in Längsrichtung der Nut gefräst. Nach Tiefenzustellung am Ende der Nut wird in der Gegenrichtung gefräst.
Der Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte **Frästiefe** erreicht ist.



Zyklen
Nutenfräsen

Ablauf

Schlichtvorgang: Die Steuerung stellt den Fräser am Fräsgrund um den verbleibenden Schlichtspan seitlich zu und fährt die Kontur im **Gleichlauf** ab. Anschliessend fährt das Werkzeug im Eilgang auf den Sicherheits-Abstand zurück.
Falls die Anzahl der Zustellungen ungerade war, fährt der Fräser in Höhe des Sicherheits-Abstands entlang der Nut zur Start-Position.

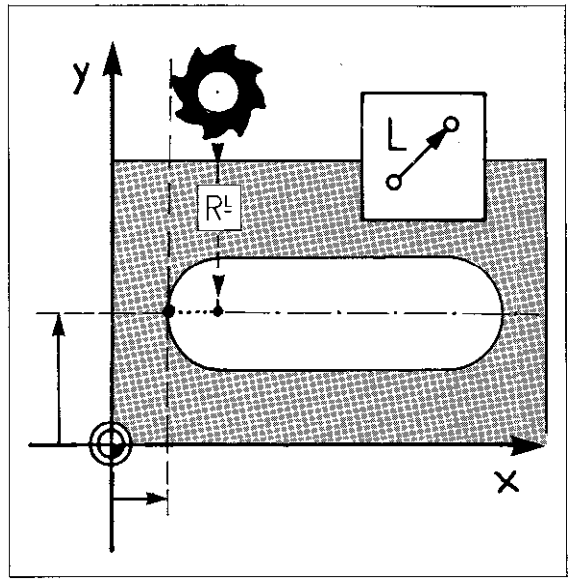


Start-Position

Die Start-Position für den Zyklus Nutenfräsen muß unter Berücksichtigung des Werkzeug-Radius genau angefahren werden.

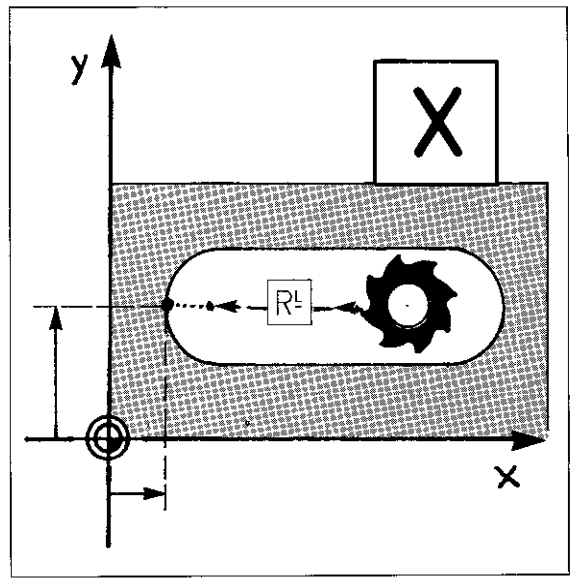
Anfahren mit einem Linear-Interpolations-Satz

Die Nut wird senkrecht zur Längsrichtung mit Radiuskorrektur RL/RR und der Zusatz-Funktion M98 angefahren.



Anfahren mit einem achsparallelen Positioniersatz

Die Nut wird in Längsrichtung mit der Radiuskorrektur R–/R+ angefahren.



Anmerkungen

Zyklen
Nutenfräsen

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF] [↓]

CYCL DEF 3 NUTENFRAESEN ▶ [ENT] Zyklus übernehmen.

SICHERHEITS-ABSTAND ? ▶ [ ] Sicherheits-Abstand
[+/-] vorzeichenrichtig eingeben.
[ENT] Eingabe übernehmen.

FRAESTIEFE ? ▶ [ ] Frästiefe
[+/-] vorzeichenrichtig eingeben.
[ENT] Eingabe übernehmen.

ZUSTELL-TIEFE ? ▶ [ ] Zustell-Tiefe
[+/-] vorzeichenrichtig eingeben.
[ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG ? ▶ [ ] Vorschub zum Einstechen eingeben.
[ENT] Eingabe übernehmen.

1. SEITEN-LAENGE ? ▶ [X] Achsrichtung für die Nut-Länge eingeben, z. B. X.
[ ] Länge der Nut
[+/-] vorzeichenrichtig eingeben.
[ENT] Eingabe übernehmen.

Anmerkungen

Zyklen
Nutenfräsen

2. SEITEN-LAENGE ?	Y	Achsrichtung für die Nut-Breite eingeben, z. B. Y.
		Breite der Nut positiv eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =		Vorschub zum Fräsen der Nut eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Sicherheits-Abstand, Frästiefe und Zustell-Tiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben !

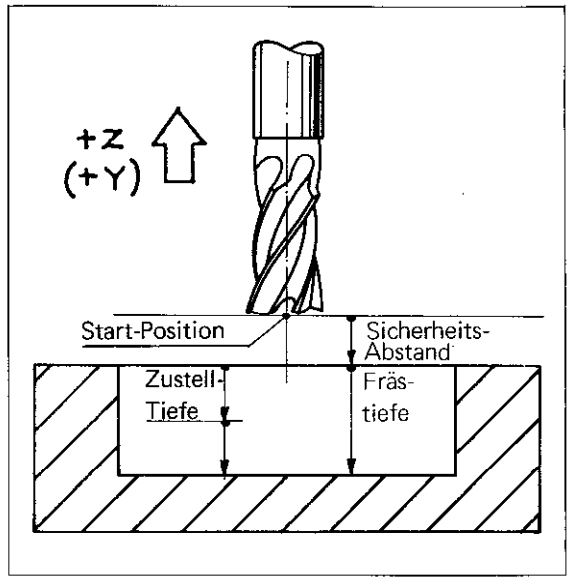
Anzeige-Beispiel

100 CYCL DEF 3,0 NUTENFRAESEN	Die Zyklus-Definition Nutenfräsen belegt 7 Programmsätze.
101 CYCL DEF 3.1 ABST – 2,000	Sicherheits-Abstand
102 CYCL DEF 3.2 TIEFE – 40,000	Frästiefe
103 CYCL DEF 3.3 ZUSTLG – 20,000	Zustell-Tiefe
F80	Vorschub Tiefenzustellung
104 CYCL DEF 3.4 X – 120,000	Länge der Nut
105 CYCL DEF 3.5 Y + 21,000	Breite der Nut
106 CYCL DEF 3.6 F 100	Vorschub

Zyklen
Taschenfräsen

Der Zyklus

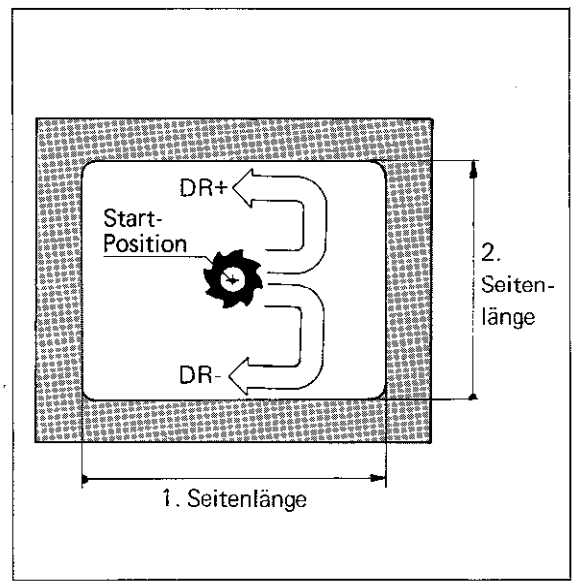
Der Bearbeitungszyklus "Taschenfräsen" kann sowohl als **Schruppzyklus** als auch als **Schlichtzyklus** verwendet werden.
Die Seiten der Taschen liegen parallel zu den Achsen des aktuellen Koordinatensystems; gegebenenfalls muß das Koordinatensystem entsprechend gedreht werden (siehe Zyklus 10: Drehung des Koordinatensystems).



Eingabe-Daten

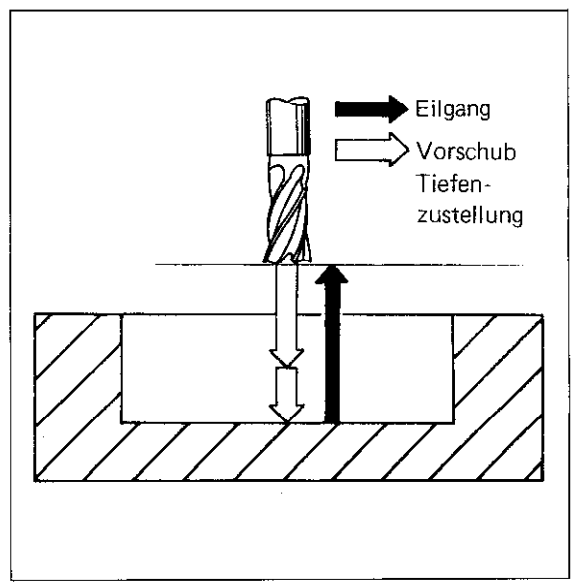
Sicherheits-Abstand: siehe Zyklus 1.
Frästiefe (= Tiefe der Tasche): Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Taschengrund.
Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.

Zustell-Tiefe: Maß, um das das Werkzeug in das Werkstück einsticht; Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.
Vorschub Tiefenzustellung: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen.
1. Seitenlänge: Länge der Tasche, parallel zur ersten Hauptachse der Bearbeitungsebene. Das Vorzeichen ist stets positiv.
2. Seitenlänge: Breite der Tasche; Vorzeichen ebenfalls positiv.
Vorschub: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene.
Drehung: Drehrichtung der Fräserbahn
DR+: positive Drehrichtung (im Gegenuhrzeigersinn); Gleichlauf-Fräsen
DR-: negative Drehrichtung (im Uhrzeigersinn); Gegenlauf-Fräsen



Ablauf

Das Werkzeug sticht aus der **Start-Position** (Taschenmitte) in das Werkstück ein. Anschließend beschreibt der Fräser die gezeichnete Bahn. Die Startrichtung der Fräserbahn ist die positive Achsrichtung der längeren Seite, d.h. ist diese längere Seite parallel zur X-Achse startet der Fräser in positiver X-Richtung.

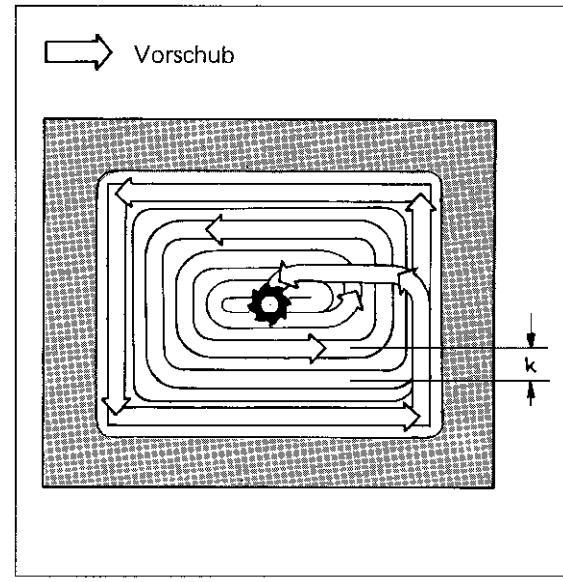


Zyklen
Taschenfräsen

Ablauf

Bei quadratischen Taschen startet der Fräser immer in positiver Y-Richtung. Die Drehrichtung richtet sich nach der programmierten **Drehung** (hier DR+). Die **seitliche Zustellung** erfolgt jeweils um den Betrag k (bzw. weniger).

Der Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte **Frästiefe** erreicht ist. Am Ende wird das Werkzeug auf die Start-Position zurückgezogen.



Seitliche Zustellung

Die seitliche Zustellung k rechnet die Steuerung nach folgender Formel:

$$k = K \times R$$

k: seitliche Zustellung
K: vom Maschinenhersteller festgelegter Faktor (abhängig vom eingegebenen Maschinen-Parameter)
R: Radius des Fräsers

Anmerkungen

Zyklen
Taschenfräsen

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF] [↓]

CYCL DEF 4 TASCHENFRAESEN	[ENT]	Zyklus übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	[ ]	Sicherheits-Abstand
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
FRAESTIEFE ?	[ ]	Frästiefe
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
ZUSTELL-TIEFE ?	[ ]	Zustell-Tiefe
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG ?	[ ]	Vorschub zum Einstechen eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
1. SEITEN-LAENGE ?	[X]	Achsrichtung der 1. Seite angeben, z. B. X.
	[ ]	Erste Seitenlänge positiv eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
2. SEITEN-LAENGE ?	[Y]	Achsrichtung der 2. Seite angeben, z. B. Y.
	[ ]	Zweite Seitenlänge positiv eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.

Anmerkungen

Zyklen
Taschenfräsen

VORSCHUB ? F =	▶	Vorschub zum Fräsen der Tasche eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR – ?	▶ +/–	Drehrichtung für die Fräserbahn eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Sicherheits-Abstand, Frästiefe und Zustell-Tiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben.

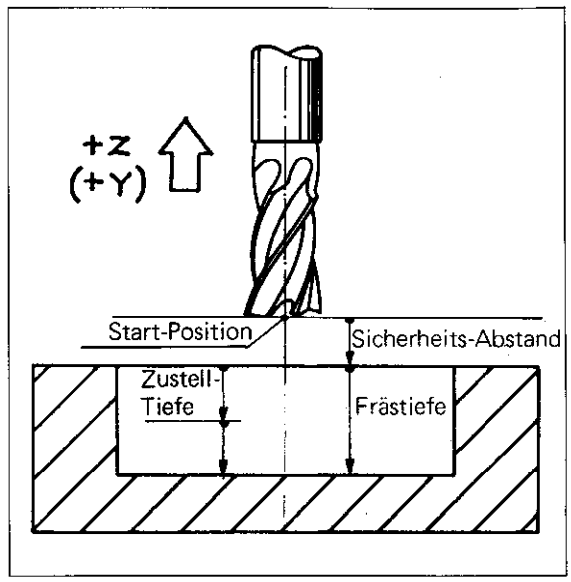
Anzeige-Beispiel

250 CYCL DEF 4.0 TASCHENFRAESEN	Die Zyklus-Definition Taschenfräsen belegt 7 Programmsätze
251 CYCL DEF 4.1 ABST – 2,000	Sicherheits-Abstand
252 CYCL DEF 4.2 TIEFE – 30,000	Frästiefe
253 CYCL DEF 4.3 ZUSTLG – 10,000	Zustell-Tiefe
F80	Vorschub Tiefenzustellung
254 CYCL DEF 4.4 X + 80,000	1. Seitenlänge der Tasche
255 CYCL DEF 4.5 Y + 40,000	2. Seitenlänge der Tasche
256 CYCL DEF 4.6 F 100 DR +	Vorschub und Drehsinn der Fräserbahn

Zyklen
Fräsen einer Kreistasche

Der Zyklus

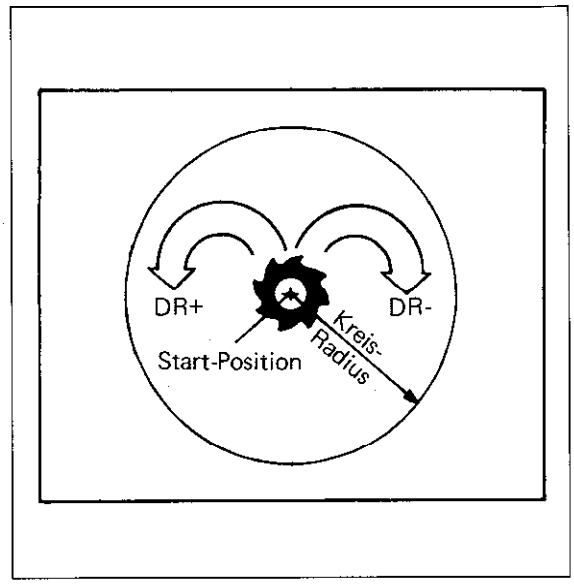
Der Bearbeitungszyklus "Kreistasche" kann sowohl als **Schrupp-Zyklus** als auch als **Schlicht-Zyklus** verwendet werden.



Eingabe-Daten

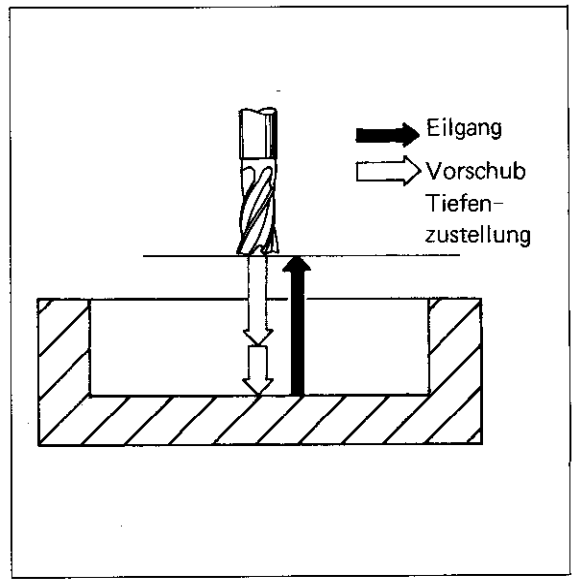
Sicherheits-Abstand: siehe Zyklus 1.
Frästiefe (= Tiefe der Tasche): Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Taschengrund.
Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.
Zustell-Tiefe: Maß um das das Werkzeug in das Werkstück einsticht;
Vorzeichen siehe Sicherheits-Abstand.
Vorschub Tiefenzustellung: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen.
Kreis-Radius: Radius der Kreistasche.
Vorschub: Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene.
Drehung: Drehrichtung der Fräserbahn

DR+: Positive Drehrichtung (im Gegenuhrzeigersinn); Gleichlauf-Fräsen
DR–: Negative Drehrichtung (im Uhrzeigersinn); Gegenlauf-Fräsen



Ablauf

Das Werkzeug sticht aus der **Start-Position** (Taschenmitte) in das Werkstück ein. Anschließend beschreibt der Fräser die eingezeichnete spiralförmige Bahn, deren Drehrichtung von der programmierten **Drehung** (hier DR+) abhängt.
Die Startrichtung des Fräsers ist für die
- X, Y-Ebene die Y+-Richtung,
- Z, X-Ebene die X+-Richtung,
- Y, Z-Ebene die Z+-Richtung.

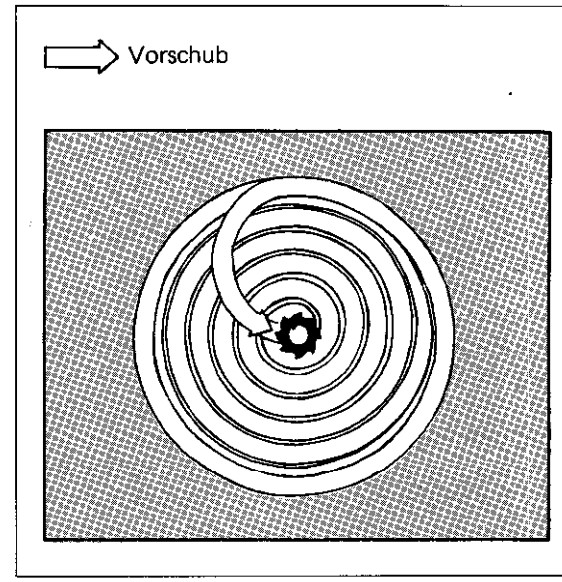


Zyklen
Fräsen einer Kreistasche

Ablauf

Die **seitliche Zustellung** erfolgt maximal um den Betrag k (siehe Zyklus Taschenfräsen).

Der Vorgang wiederholt sich, bis die programmierte **Frästiefe** erreicht ist.
Am Ende wird das Werkzeug auf die Start-Position zurückgezogen.



Anmerkungen

Zyklen
Fräsen einer Kreistasche

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇔]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF] [↓]

CYCL DEF 5 KREISTASCHE	▶ [ENT]	Zyklus übernehmen.
SICHERHEITS-ABSTAND ?	▶ [ ]	Sicherheits-Abstand
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
FRAESTIEFE ?	▶ [ ]	Frästiefe
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
ZUSTELL-TIEFE ?	▶ [ ]	Zustell-Tiefe
	[+/-]	vorzeichenrichtig eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG ?	▶ [ ]	Vorschub zum Einstechen eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
KREIS-RADIUS ?	▶ [ ]	Radius der Kreistasche eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.
VORSCHUB ? F =	▶ [ ]	Vorschub zum Fräsen der Kreistasche eingeben.
	[ENT]	Eingabe übernehmen.

Anmerkungen

Zyklen
Fräsen einer Kreistasche

DREHUNG IM UHRZEIGERSINN: DR– ?	▶ +/–	Drehrichtung der Fräserbahn eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Sicherheits-Abstand, Frästiefe und Zustell-Tiefe müssen das gleiche Vorzeichen haben.

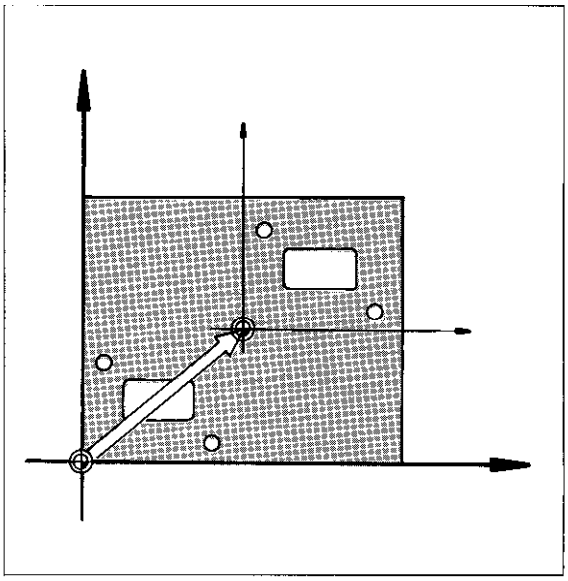
Anzeige-Beispiel

40 CYCL DEF 5.0 KREISTASCHE	Die Zyklus-Definition Kreistasche belegt 6 Programmsätze.
41 CYCL DEF 5.1 ABST - 2,000	Sicherheits-Abstand
42 CYCL DEF 5.2 TIEFE - 60,000	Frästiefe
43 CYCL DEF 5.3 ZUSTLG - 20,000	Zustell-Tiefe
F80	Vorschub Tiefenzustellung
44 CYCL DEF 5.4 RADIUS 120,000	Kreis-Radius
45 CYCL DEF 5.5 F 100 DR –	Vorschub und Drehsinn der Fräserbahn

Zyklen
Nullpunkt-Verschiebung

Der Zyklus

Innerhalb eines Programms kann der Nullpunkt auf beliebige Punkte verschoben werden.
Damit kann man gleiche Bearbeitungsgänge (z. B. Nuten- oder Taschenfräsen) an verschiedenen Stellen des Werkstücks ausführen lassen, ohne das Programm jeweils neu erstellen und eingeben zu müssen.



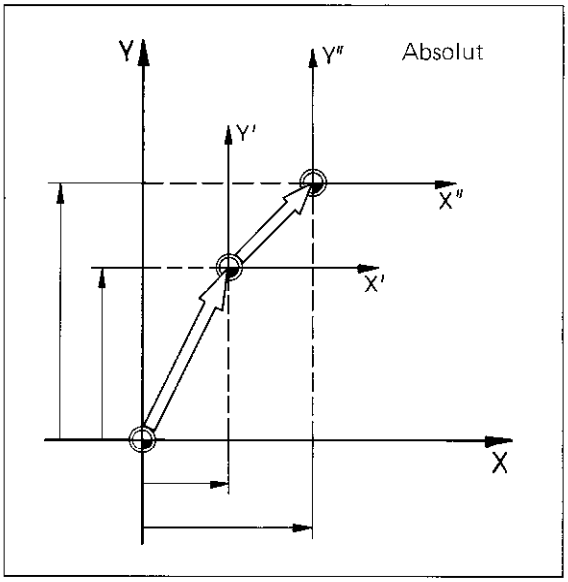
Verschiebung

Für die Nullpunkt-Verschiebung sind nur die Koordinaten des neuen Nullpunkts einzugeben.
Das Koordinatensystem mit den Achsen **X, Y, Z** und der **IV. Achse** wird dann von der Steuerung auf den verschobenen, neuen Nullpunkt versetzt. Alle folgenden Koordinaten-Eingaben beziehen sich dann auf den neuen Nullpunkt.

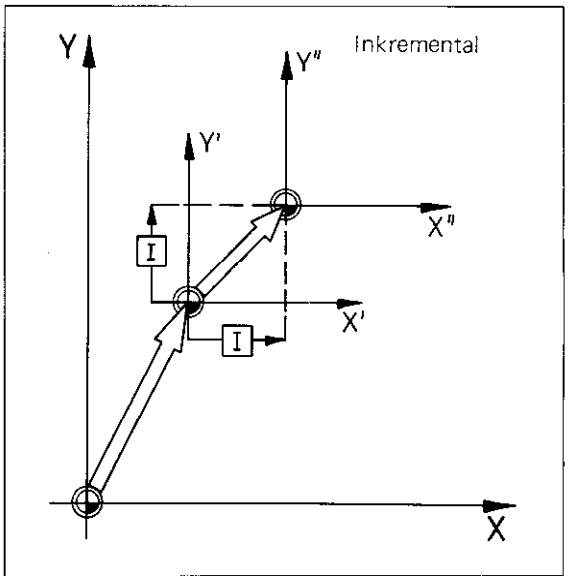
Inkremental-Absolut

Bei der Zyklus-Definition können die Koordinaten wie folgt eingegeben werden:

- **Absolut:** Die Koordinaten des neuen Nullpunkts beziehen sich auf den ursprünglichen Nullpunkt (= gesetzter Werkstück-Nullpunkt ⊕).



- **Inkremental:** Die Koordinaten des neuen Nullpunkts beziehen sich auf den letztgültigen Nullpunkt. Dies kann ein bereits verschobener Nullpunkt sein.



Aufheben der Verschiebung

Die Nullpunkt-Verschiebung kann wie folgt aufgehoben werden:

- Eingabe der Nullpunkt-Verschiebung absolut mit X 0,000/Y 0,000/Z 0,000/IV 0,000;
- Eingabe der Zusatz-Funktion M02 oder M30 (abhängig vom eingegebenen Maschinen-Parameter).

Zyklen
Nullpunkt-Verschiebung

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇔]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF] [↑]

CYCL DEF 7 NULLPUNKT ▶ [ENT] Zyklus übernehmen.

VERSCHIEBUNG ? ▶ [X]

[I] Inkremental – Absolut ?

Koordinaten des neuen Nullpunkts eingeben.

Bei der Nullpunkt-Verschiebung können **allen Achsen X, Y, Z, IV** Zahlenwerte zugeordnet werden.

[Y]

Nach Eingabe der Koordinaten des neuen Nullpunkts : ▶ [ENT] Koordinaten übernehmen.

Der Zyklus Nullpunkt-Verschiebung ist nach der Definition sofort wirksam.

Anzeige-Beispiel

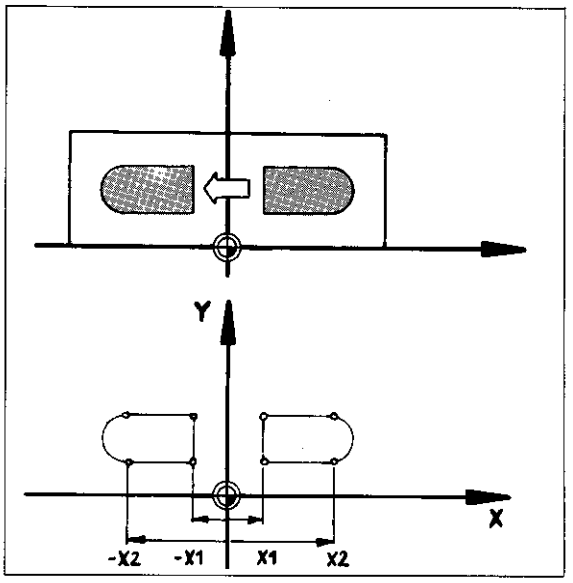
```
10 CYCL DEF 7.0 NULLPUNKT
11 CYCL DEF 7.1 X +20,000
12 CYCL DEF 7.2 Y +10,000
13 CYCL DEF 7.3 Z +10,000
14 CYCL DEF 7.4 C +90,000
```

Die Zyklus-Definition Nullpunkt belegt bis zu 5 Programmsätze.

Zyklen
Spiegeln

Der Zyklus

Durch das Spiegeln einer Achse am Nullpunkt wird die Richtung der Achse umgedreht, für alle Koordinaten dieser Achse wird das Vorzeichen geändert. Man erhält somit eine programmierte Kontur oder ein Bohrbild in spiegelbildlicher Darstellung. Ein Spiegeln ist nur in der Bearbeitungsebene möglich, wobei entweder eine Achse gespiegelt werden kann oder beide Achsen gleichzeitig.



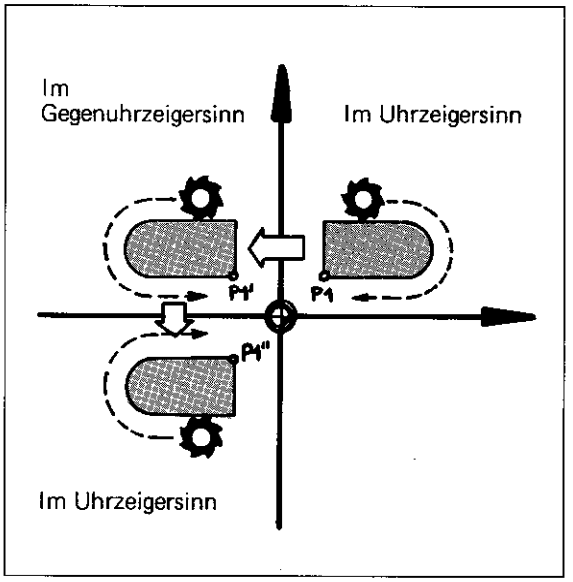
Gespiegelte Achse

Für die Spiegelung wird die bzw. werden die zu spiegelnden Achsen eingegeben. Bei den im Programm folgenden Koordinaten-Angaben der betreffenden Achsen werden die Vorzeichen vertauscht.
Wird die Werkzeugachse gespiegelt, so erscheint die Fehlermeldung:
= WERKZEUG-ACHSE GESPIEGELT =

Bearbeitungs-Richtung

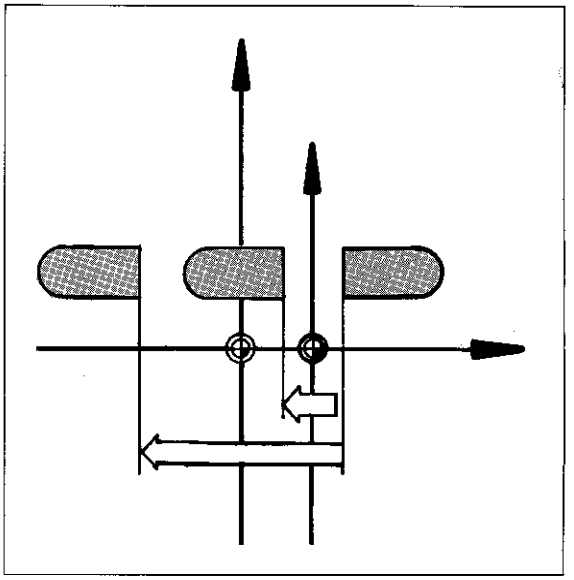
Spiegeln in einer Achse: Mit den Vorzeichen der Koordinaten dreht sich auch die Bearbeitungs-Richtung um. Wurde eine Kontur ursprünglich z. B. im Gegenuhrzeigersinn gefräst, so wird durch das Spiegeln im Uhrzeigersinn gefräst.
Bei Bearbeitungszyklen bleibt die Fräsrichtung erhalten.

Spiegeln von zwei Achsen: Die um die eine Achse gespiegelte Kontur wird ein zweites Mal – um die andere Achse – gespiegelt. Die Bearbeitungs-Richtung kehrt sich noch einmal um. Die ursprüngliche Richtung bleibt also erhalten.



Nullpunkt

Bei der Programmierung ist darauf zu achten, daß die Koordinatenachse, um die gespiegelt wird, genau zwischen gespiegelter und zu spiegelnder Kontur liegt. Gegebenenfalls muß vor der Zyklus-Definition eine Nullpunkt-Verschiebung programmiert werden.



Aufheben der Spiegelung

Der Zyklus Spiegeln kann wie folgt aufgehoben werden:

- Eingabe des Zyklus Spiegeln, wobei alle drei Dialog-Fragen mit [NC ENT] beantwortet werden;
- Eingabe der Zusatz-Funktion M02 oder M30 (abhängig vom eingegebenen Maschinen-Parameter).

Zyklen
Spiegeln

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CYCL DEF] [↑]

CYCL DEF 8 SPIEGELN	▶ [ENT]	Zyklus übernehmen.

GESPIEGELTE ACHSE ?	▶ [X]	Zu spiegelnde Achse eingeben, z. B. X.
Soll **gleichzeitig in zwei Achsen** gespiegelt werden:	[Y]	Ggf. zweite zu spiegelnde Achse eingeben, z.B. Y.
	[END □]	Achsen übernehmen und Eingabe beenden.

Die Eingabe von Achsrichtungen bzw. von Achsen ohne Zahlenwerte muß immer mit der [END □] Taste abgeschlossen werden.
Wird die Eingabe der Achse(n) mit der Taste [ENT] übernommen, erscheint die Fehlermeldung:
= FALSCHE ACHSE PROGRAMMIERT =

Der Zyklus Spiegeln ist nach der Definition sofort wirksam !

Anzeige-Beispiel

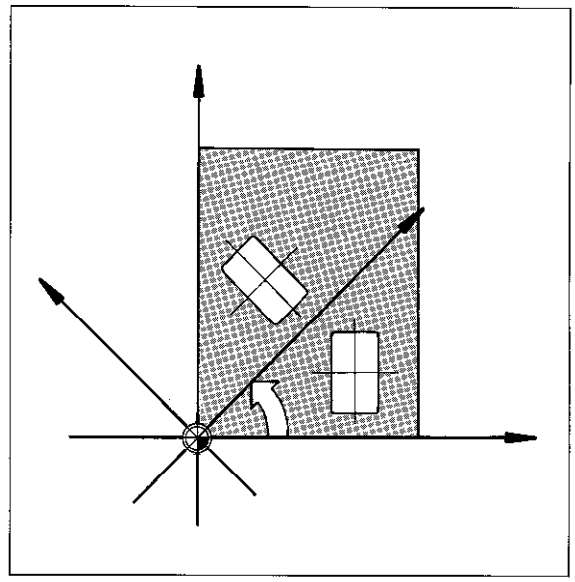
120 CYCL DEF 8.0 SPIEGELN **121 CYCL DEF 8.1 X**	Die Zyklus-Definition Spiegeln belegt 2 Programmsätze. Zu spiegelnde Achse: X. In den folgenden Programmsätzen werden die Vorzeichen der X-Koordinaten vertauscht.

Zyklen
Drehung des Koordinatensystems

Der Zyklus

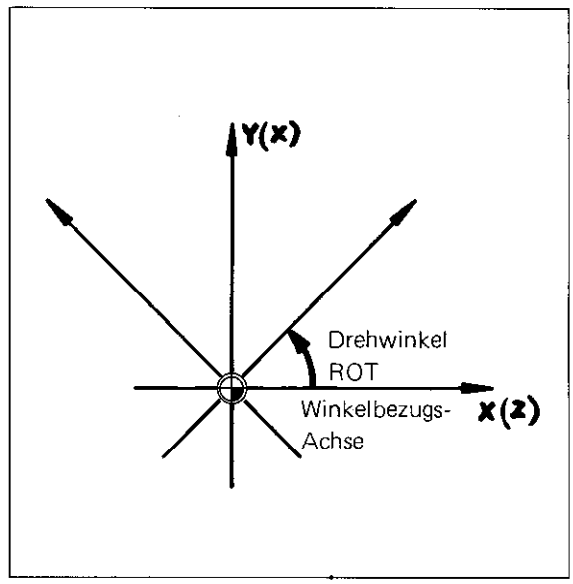
Innerhalb eines Programms kann das Koordinatensystem in der Bearbeitungsebene um den Nullpunkt gedreht werden.

Damit ist es z. B. möglich ohne Rechenaufwand, Taschen zu fräsen, deren Kanten nicht parallel zu den ursprünglichen Koordinatenachsen liegen.



Drehwinkel

Für die Drehung ist nur der **Drehwinkel ROT** (engl. **rot**ation = Drehung) einzugeben.
Der Drehwinkel bezieht sich immer auf den Nullpunkt des Koordinatensystems – das Zentrum der Drehung – und hat als **Bezugsachse** bei Eingaben im Absolutmaß
o in der **X, Y-Ebene** die + **X-Achse,**
o in der **Y, Z-Ebene** die + **Y-Achse,**
o in der **Z, X-Ebene** die + **Z-Achse.**
Alle auf die Drehung folgenden Koordinaten-Eingaben beziehen sich dann auf den Nullpunkt mit dem gedrehten Koordinatensystem.
Der Drehwinkel kann auch inkremental eingegeben werden.



Eingabe-Bereich

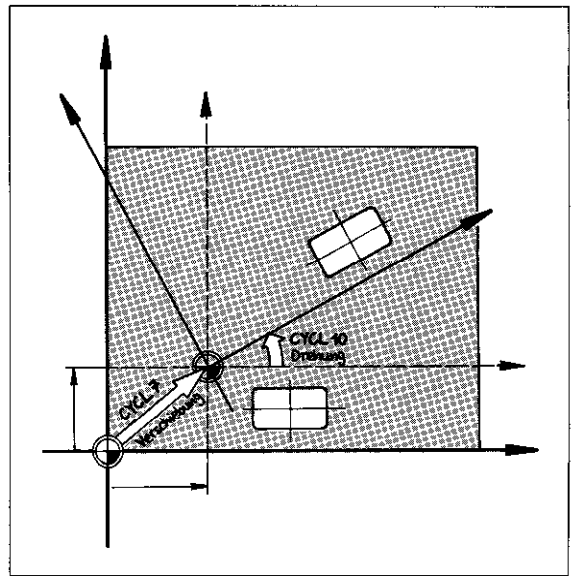
Der Drehwinkel wird in Grad (^{o}) eingegeben.
Eingabe-Bereich: von -360° bis $+360^{o}$

Drehung und Nullpunkt-Verschiebung

Der Zyklus "Drehung" kann mit dem Zyklus "Nullpunkt" kombiniert werden, indem diese beiden Zyklen nacheinander programmiert werden. Damit ist eine gleichzeitige Verschiebung und Drehung des Koordinatensystems ermöglicht.

Aufheben der Drehung

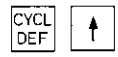
Die Drehung des Koordinatensystems kann wie folgt aufgehoben werden:
- Eingabe der Drehung mit dem Drehwinkel 0° (ROT 0),
- Eingabe der Zusatz-Funktion M02 oder M30 (abhängig vom eingegebenen Maschinen-Parameter).



Zyklen
Drehung des Koordinatensystems

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

CYCL DEF 10 DREHUNG	▶ ENT	Zyklus übernehmen.
DREHWINKEL ?	▶ ☐	Drehwinkel eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Der Zyklus Drehung des Koordinatensystems ist nach der Definition sofort wirksam !

Anzeige-Beispiel

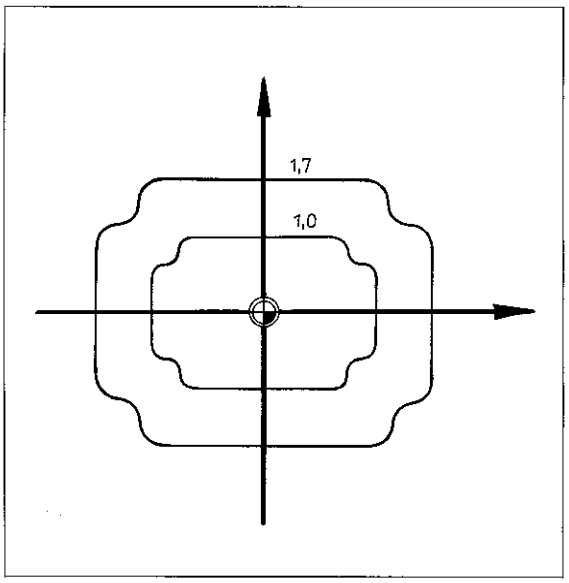
184 CYCL DEF 10.0 DREHUNG	Die Zyklus-Definition Drehung belegt 2 Programmsätze.
185 CYCL DEF 10.1 ROT +45,000	Drehwinkel in Grad (°)

Zyklen
Maßfaktor

Der Zyklus

Innerhalb eines Programms können Konturen in der Bearbeitungsebene vergrößert oder verkleinert werden.

Damit ist es möglich geometrisch ähnliche Konturen zu fertigen ohne diese jeweils neu programmieren zu müssen, sowie Schrumpf- und Aufmaße ohne Rechenaufwand zu programmieren.

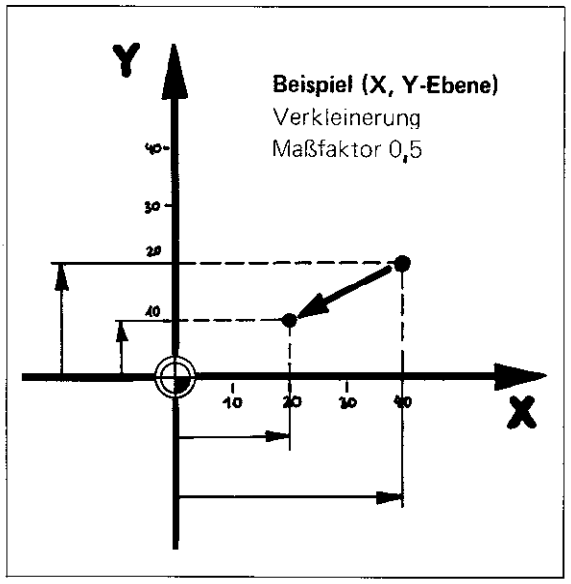


Faktor "Scaling"

Für die Verkleinerung bzw. Vergrößerung einer Kontur wird der Maßfaktor SCL (engl. **scale**) eingegeben. Mit diesem Faktor multipliziert die Steuerung alle Koordinaten und Radien der Bearbeitungsebene, die nach dem Zyklus abgearbeitet werden.

Eingabe-Bereich

Eingabe-Bereich: 0 bis 99,999999



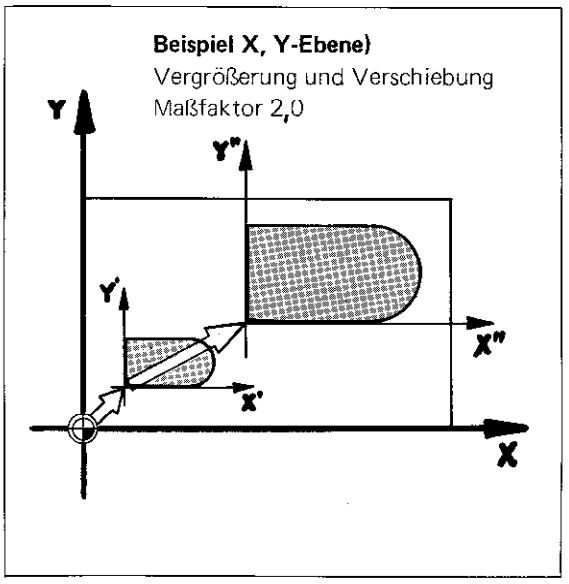
Lage des Nullpunkts

Bei einer Verkleinerung oder Vergrößerung bleibt die Position des Nullpunkts des Koordinatensystems erhalten.
Damit eine geometrisch ähnliche Kontur auch an der vorgesehenen Stelle des Werkstücks erzeugt wird, muß ggf. vorher eine Nullpunkt-Verschiebung und/oder eine Drehung programmiert werden.
Vor der Programmierung des Maßfaktors empfiehlt es sich, den Nullpunkt auf einen Eckpunkt der Kontur zu legen. Hierdurch spart man Rechenarbeit.

Aufheben des Maßfaktors

Der Zyklus Maßfaktor kann wie folgt aufgehoben werden:

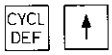
- Eingabe des Zyklus Maßfaktor mit dem Faktor 1,0;
- Eingabe der Zusatz-Funktion M02 oder M30 (abhängig vom eingegebenen Maschinen-Parameter)



Zyklen
Maßfaktor

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

CYCL DEF 11 MASSFAKTOR	▶ ENT	Zyklus übernehmen.
FAKTOR ?	▶ ☐	Maßfaktor eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Der Zyklus Maßfaktor ist nach der Definition sofort wirksam !

Anzeige-Beispiel

12 CYCL DEF 11.0 MASSFAKTOR
13 CYCL DEF 11.1 SCL 0.750000

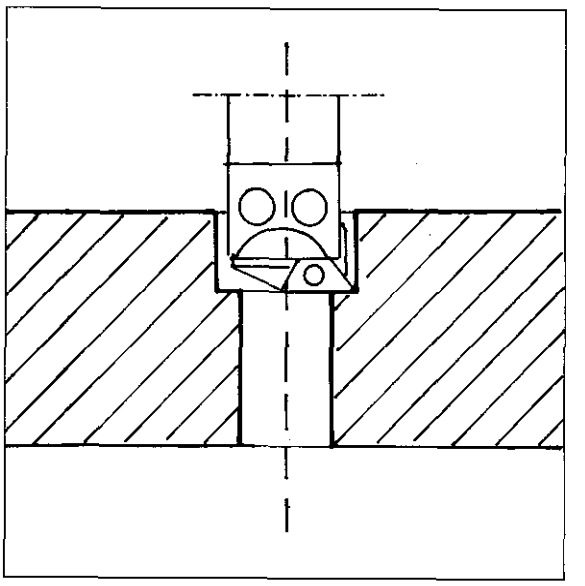
Die Zyklus-Definition Maßfaktor belegt 2 Programmsätze.

Durch den Maßfaktor 0,75 werden alle folgenden Koordinaten auf das 0,75fache verkleinert.

Zyklen
Verweilzeit

Der Zyklus

Mit dem Zyklus Verweilzeit kann innerhalb eines Programms die Vorschubbewegung bei laufender Spindel eine bestimmte Zeit lang angehalten werden, z. B. zum Span-Brechen beim Ausdrehen.
Der Zyklus Verweilzeit wird sofort nach der Zyklus-Definition ausgeführt.



Eingabe-Bereich

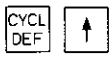
Die Verweilzeit wird in Sekunden angegeben.
Eingabe-Bereich: 0,000 s – 19 999,999 s

Die Eingabe einer Verweilzeit von 19999,999 s bedeutet eine Arbeitspause von 5,5 h !

Zyklen
Verweilzeit

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

CYCL DEF 9 VERWEILZEIT	▶ ENT	Zyklus übernehmen.
VERWEILZEIT IN SEKUNDEN ?	▶ ☐	Gewünschte Verweilzeit eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Der Zyklus Verweilzeit wird nach der Definition sofort ausgeführt !

Anzeige-Beispiel

97 CYCL DEF 9.0 VERWEILZEIT
98 CYCL DEF 9.1 V.ZEIT 10,000

Die Zyklus-Definition Verweilzeit belegt 2 Programmsätze.

Zyklen
Frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)

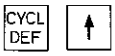
Der Zyklus

Der Zyklus "Programm-Aufruf" ermöglicht den vereinfachten Aufruf von Zyklen, die mit Hilfe der Parameter-Funktionen erstellt wurden: z. B. Abzeil-Zyklen. Damit sind diese frei programmierbaren Zyklen den vorprogrammierten Zyklen gleichgestellt.

Zyklen
Frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)

Zyklus-Definition

Betriebsart ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

CYCL DEF 12 PGM CALL	▶ ENT	Zyklus übernehmen.

PROGRAMM-NUMMER ?	▶ ☐	Programm-Nummer eingeben.
	▼ ENT	Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

```
5 CYCL DEF 12.0 PGM CALL

6 CYCL DEF 12.1 PGM 23
```

Im Programm 23 ist der aufgerufene Zyklus programmiert.

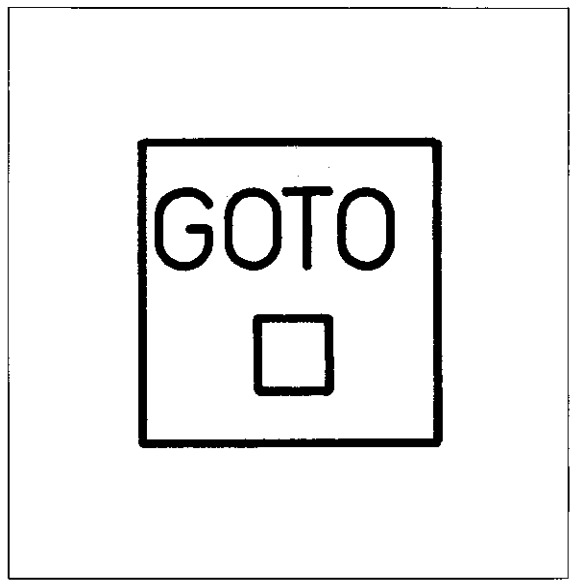
Programm-Korrekturen

Editieren

Unter Editieren versteht man Programmkontrolle, -änderung oder -ergänzung.
Die Editier-Funktionen helfen beim Suchen und Ändern von Programmsätzen und -wörtern und werden auf Tastendruck wirksam.

Satz aufrufen

Mit der [GOTO □] Taste wird ein bestimmter Satz aufgerufen.
□ ist das Symbol für Programmsatz.

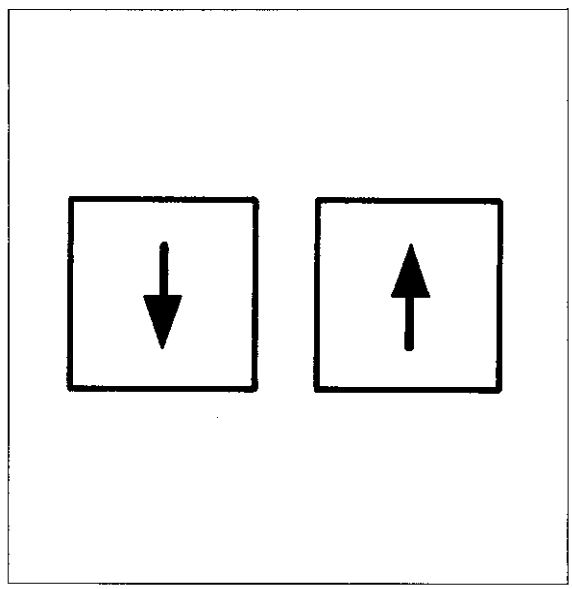


Blättern im Programm

Mit den Tasten [↓] und [↑] kann man innerhalb eines Programms von Satz zu Satz springen (blättern).

[↑] Taste: Sprung auf die nächst-niedrigere Satznummer.

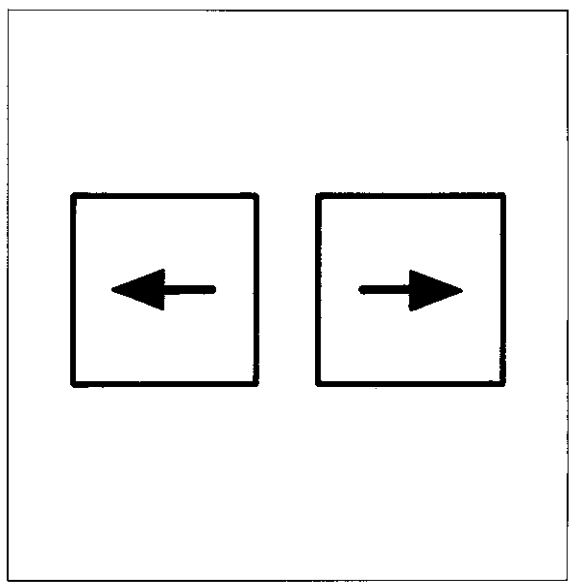
[↓] Taste: Sprung auf die nächst-höhere Satznummer.



Ändern von Wörtern

Mit den Tasten [←] und [→] wird der **Cursor** im aktuellen Satz verschoben. Der Cursor ist ein "Korrekturzeiger" in Form eines Hellfeldes.
Das Hellfeld wird mit den beiden Tasten auf das zu ändernde Programm-Wort gesetzt.

Der Cursor kann nur in der Betriebsart [⇨] bewegt werden.
Das Setzen des Cursors muß mit der Taste [→] begonnen werden !



Programm-Korrekturen
Satz-Aufruf

Aufruf einer Satznummer

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung .....

GOTO : NUMMER =		Satznummer eingeben.
	ENT	Eingabe übernehmen.

Ändern von Wörtern

Betriebsart .....

Ein Wort im aktuellen Programm-Satz soll geändert werden:	→	Cursor auf das zu ändernde Wort setzen.

Es erscheint die Dialog-Frage zum Wort im Hellfeld, z. B.

KOORDINATEN ?	X	Eingabe berichtigen.
Sind alle Korrekturen ausgeführt:	END	Satz übernehmen (oder Cursor nach rechts oder links aus dem Bildschirm tippen).
Wird noch ein weiteres Wort geändert:	← →	Cursor auf das zu ändernde Wort setzen.

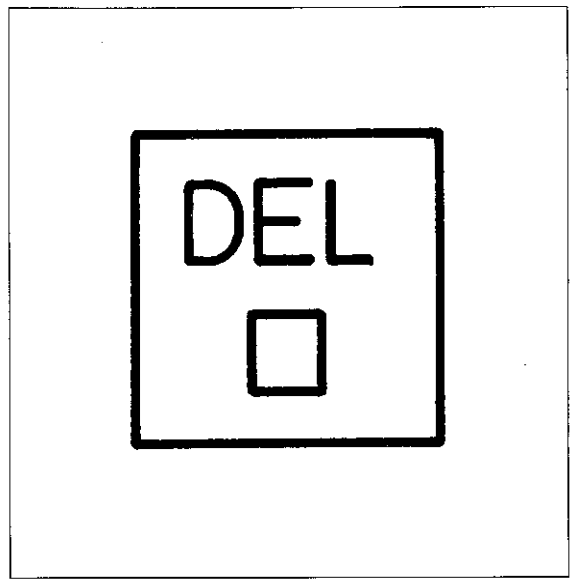
Programm-Korrekturen
Löschen/Einfügen von Sätzen

Satz löschen

Mit der Taste [DEL □] wird innerhalb eines Programms der aktuelle Satz gelöscht.
DEL ist die Abkürzung für das englische Wort delete, zu deutsch tilgen, löschen.
Das Löschen von Programmsätzen ist nur in der Betriebsart [⊕] möglich.

Beim Löschen von einzelnen Sätzen ist darauf zu achten, daß der zu löschende Satz auch der aktuelle Satz ist. Zur Sicherheit ruft man am besten den Satz mit seiner Satznummer auf.

Nach dem Löschen rückt der Satz mit der nächsthöheren Satznummer in die aktuelle Programmzeile.
Die nachfolgenden Satznummern werden automatisch korrigiert.



Zyklus-Definition oder Programmteil löschen

Beim Löschen von Zyklus-Definitionen und Programmteilen ruft man den letzten Satz der Definition bzw. des Programmteils auf. Dann wird die Taste [DEL □] sooft gedrückt, bis alle Sätze der Definition bzw. des Programmteils gelöscht sind.

Satz einfügen

In bestehende Programme kann man neue Sätze an beliebiger Stelle des Programms einfügen. Es muß nur der Satz aufgerufen werden, **nach** dem der neue Satz eingefügt werden soll.
Die Satznummern der folgenden Sätze werden automatisch korrigiert.

Wird die Speicherkapazität des Programmspeichers überschritten, so wird dies bei der Dialog-Eröffnung mit der Fehlermeldung:
= PROGRAMMSPEICHER UEBERLAUF =
angezeigt.
Diese Fehlermeldung erscheint auch, wenn man einen Satz nach dem END-Satz (Programm-Ende steht in der aktuellen Zeile) einfügen will.

Korrekturen während der Programmierung

Eingabefehler bei der Programmierung können auf zwei Arten berichtigt werden:

[CE] Der Eingabewert wird gelöscht und eine "0" erscheint im Hellfeld.

[NO ENT] Der Eingabewert wird vollständig gelöscht.

Programm-Korrekturen
Löschen von Sätzen

Löschen eines Satzes

Betriebsart ..... 

Der aktuelle Programm-Satz soll gelöscht werden:	▶ DEL	Satz löschen.

Programm-Korrekturen
Such-Routinen
Programm-Löschen

Auffinden bestimmter Adressen

Mit den Tasten [↓] und [↑] können innerhalb eines Arbeitsprogramms **Sätze, welche eine bestimmte Adresse enthalten**, gefunden werden.
Dazu wird der Cursor mit den Tasten [→] und/oder [←] auf das Wort mit der Such-Adresse gesetzt und mit den Tasten [↓] und/oder [↑] im Programm geblättert: nur jene Sätze werden angezeigt, welche die gesuchte Adresse enthalten.
Das Auffinden bestimmter Adressen (Such-Routinen) ist nur in der Betriebsart [◇] möglich.

Löschen eines Programms

Mit der Taste [CL PGM] wird der Dialog zum Löschen eines Programms eröffnet.
Nach Drücken dieser Taste erscheint die Programm-Übersicht mit einem Hellfeld. Das Hellfeld läßt sich mit den Tasten [↓] [↑] [←] [→] bewegen.

Es kann immer nur das Programm gelöscht werden, dessen Programm-Nummer im Hellfeld steht.

Programm-Korrekturen
Such-Routinen
Programm-Löschen

Auffinden bestimmter Adressen

Betriebsart ..... [⇨]

Alle Sätze mit der Adresse M sollen angezeigt werden:

[↓] [↑] Einen Satz mit der gesuchten Adresse anwählen.

[→] Cursor auf ein Wort mit der gesuchten Adresse setzen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?

[↓] [↑] Sätze mit der gesuchten Adresse aufrufen.

Das Setzen des Cursors muß mit der Taste [→] begonnen werden !

Löschen eines Programms

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [CL PGM]

LOESCHEN = ENT / ENDE = NOENT

Soll ein Programm gelöscht werden:

[↓] [↑] [←] [→] Cursor auf Programmnummer setzen.

[ENT] Programm löschen.

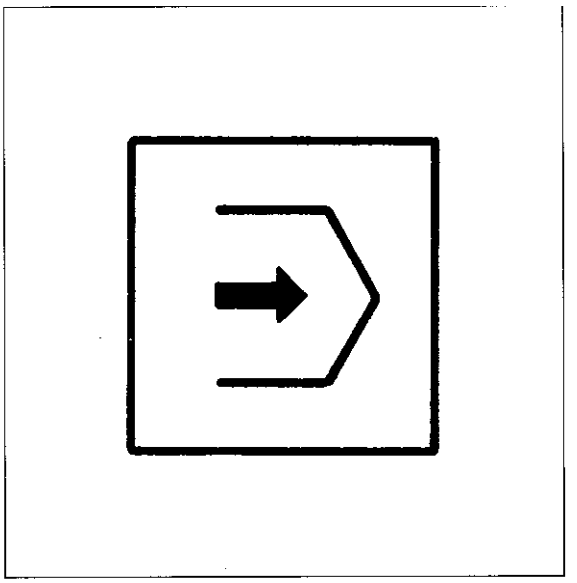
Löschen nicht erwünscht bzw. Löschen beenden:

[NO ENT]

Programm-Test

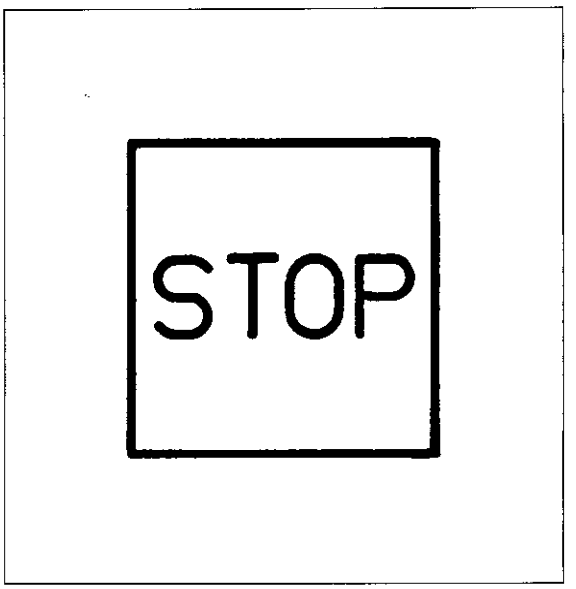
Testen eines Programms

Ein Programm kann vor dem Abarbeiten ohne Maschinen-Bewegung von der Steuerung überprüft werden. Mit einer Fehlermeldung wird dieser Testlauf unterbrochen.
Die Betriebsarten-Wahltaste Programm-Test [⇒] eröffnet gleichzeitig den Dialog.



Anhalten des Testablaufs

Der Programm-Test kann an jeder gewünschten Stelle mit der [STOP] Taste angehalten und abgebrochen werden.



Der Programm-Test wird automatisch nach jedem programmierten Stop angehalten. Zur Fortführung muß der Test erneut gestartet werden (siehe nächste Seite).

Programm-Test

Start eines Programm-Tests

Betriebsart ..... 

BIS SATZNUMMER =

Test soll bis zu einer bestimmten Satznummer ausgeführt werden: ▶  Satznummer eingeben.

 Eingabe übernehmen.

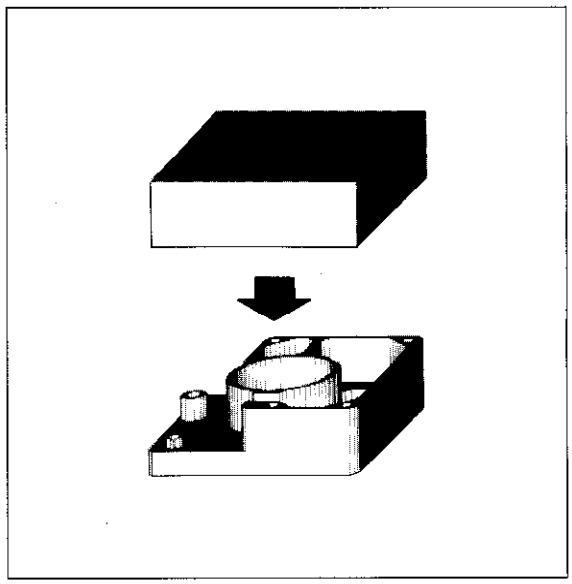
Das Programm soll vollständig getestet werden: ▶ 

Grafik
Festlegen des Rohlings

Grafische Darstellung

Bearbeitungsprogramme können auf dem Bildschirm grafisch simuliert werden: zur Überprüfung von Bearbeitungsprogrammen kann die Fertigung eines Werkstücks dargestellt werden. Während der Darstellung erfolgt keine Maschinenbewegung.

Der Werkstück-Rohling ist stets ein quaderförmiger Block (bzw. sonst Herstellung entsprechend geformten Werkstücks programmieren).



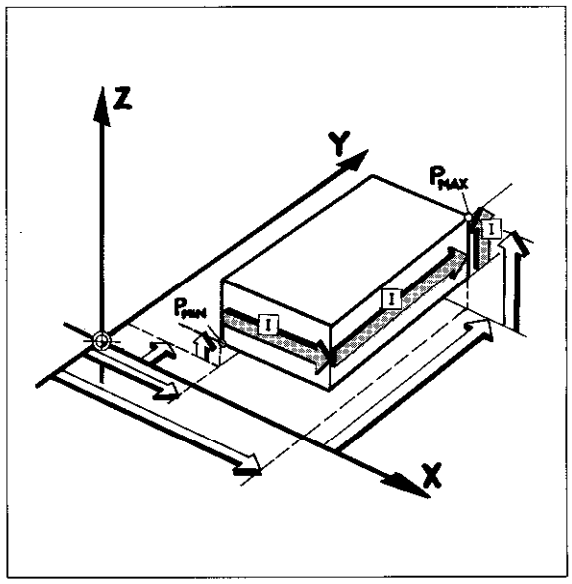
Festlegen des Rohlings

Für die grafische Darstellung muß der Rohling definiert werden, d. h.

- seine **Lage in Bezug auf das Koordinatensystem** und
- seine **Abmessungen** programmiert werden.

Zur Festlegung des Quaders genügt die Angabe zweier **Eckpunkte** . Sie werden als Minimal-Punkt (P_{MIN}) und Maximal-Punkt (P_{MAX}) bezeichnet (Punkte mit "minimalen" und "maximalen" Koordinaten). P_{MIN} kann nur im Absolutmaß eingegeben werden! P_{MAX} kann wahlweise absolut oder inkremental eingegeben werden!
Die Rohlingsdaten werden im betreffendem Bearbeitungs-Programm abgespeichert und stehen somit mit Anwahl eines bestimmten Programms zur Verfügung.
Es ist vorteilhaft, den Quader zu Beginn des Programmes festzulegen.
Der Dialog wird mit der Taste [BLK FORM] eröffnet.

BLK FORM ist die Abkürzung für englisch BLANK FORM zu deutsch Werkstück-Rohling.



Grafik
Quader-Eckpunkte – BLANK-FORM

Eingabe der Quader-Eckpunkte

Betriebsart ..... [⇔]

Dialog-Eröffnung ..... [BLK FORM]

SPINDELACHSE PARALLEL X/Y/Z ? ▶ [Z] Spindelachse eingeben, z. B. Z.

DEF BLK FORM: MIN-PUNKT ?

- ▶ [ ] Zahlenwert für die X-Koordinate eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.
- [ ] Zahlenwert für die Y-Koordinate eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.
- [ ] Zahlenwert für die Z-Koordinate eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

DEF BLK FORM: MAX-PUNKT ?

- ▶ [I] Inkremental – Absolut ?
- [ ] Zahlenwert für die X-Koordinate eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.
- [I] Inkremental – Absolut ?
- [ ] Zahlenwert für die Y-Koordinate eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.
- [I] Inkremental – Absolut ?
- [ ] Zahlenwert für die Z-Koordinate eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

```
1 BLK FORM MIN  Z X+  0,000
        Y+  0,000     Z – 15,000
2 BLK FORM MAX    X+ 80,000
        Y +100,000    Z+  0,000
```

Der Rohling liegt parallel zu den Hauptachsen.
P_{MIN} hat die Koordinaten X0, Y0 und Z – 15,
P_{MAX} hat die Koordinaten X80, Y100 und Z0.

Grafik
Darstellungsarten

Betriebsart Grafik

Ein Bearbeitungsprogramm kann in den beiden Betriebsarten

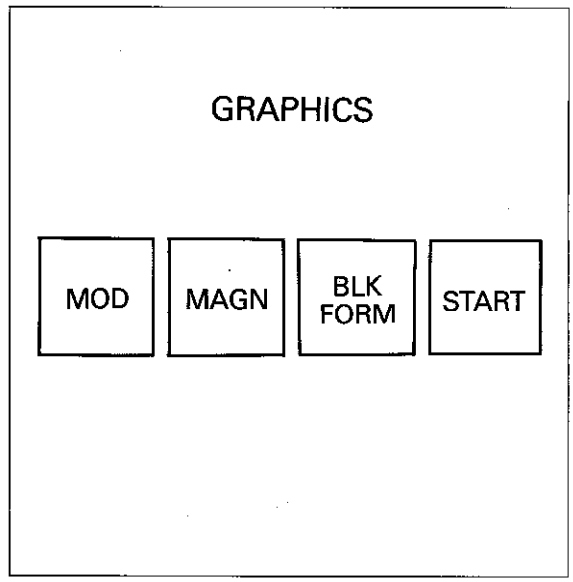
[→] SATZFOLGE–PROGRAMMLAUF

und

[⊟] EINZELSATZ–PROGRAMMLAUF

grafisch dargestellt werden.

Für die Darstellung muß sich das Bearbeitungsprogramm im Arbeitsspeicher befinden.
Das Menü der möglichen Darstellungsarten wird durch zweimaliges Drücken der Taste Grafik- [MOD] auf den Bildschirm gebracht. Mit den Tasten [↑] und [↓] kann dann das Hellfeld zur gewünschten Darstellung geschoben und mit der [ENT] Taste übernommen werden.

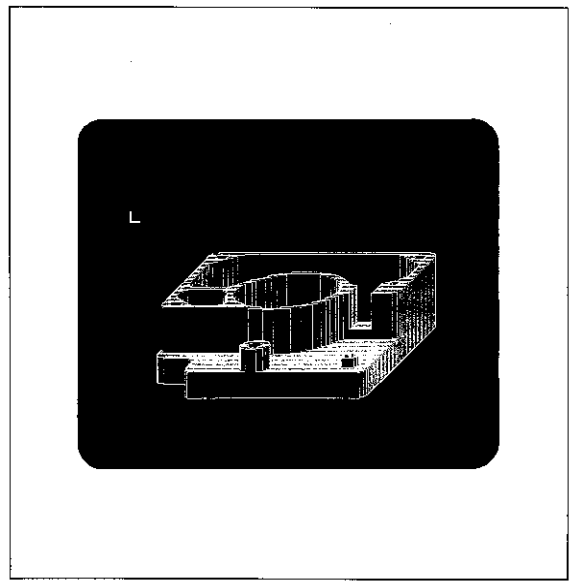


Darstellungsarten

Es sind vier verschiedene Darstellungsarten möglich.

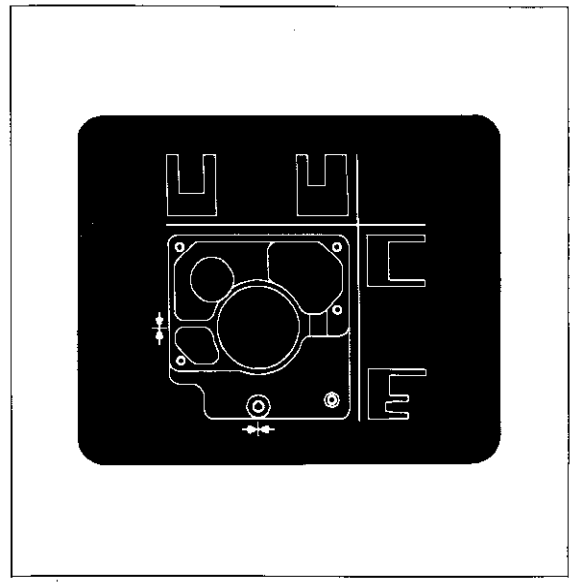
3D-Darstellung

Das Programm wird in der dreidimensionalen Darstellung abgearbeitet. Es kann über die Tasten [→] und [←] um die vertikale Achse gedreht und mit den Tasten [↑] und [↓] um die horizontale Achse gekippt werden.
Die Lage des Koordinatensystems wird durch einen Winkel (im Bild links oben) dargestellt.



Darstellung in drei Ebenen

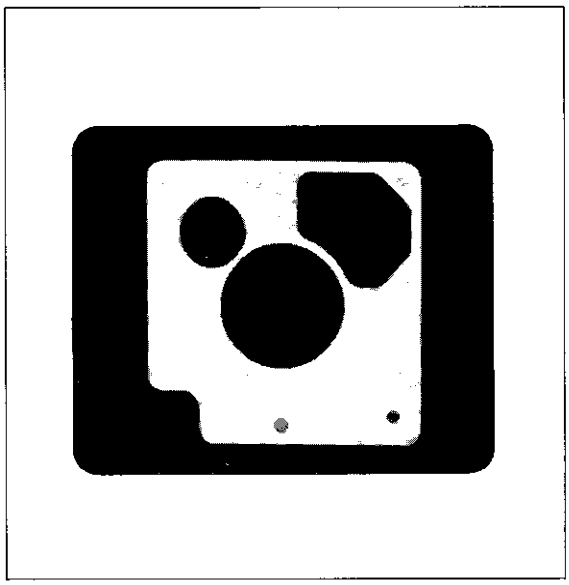
Das Programm wird wie in einer technischen Darstellung in Draufsicht und zwei Schnitten abgearbeitet, wobei die Schnittebenen über die Tasten [→] [←] [↑] [↓] verschoben werden können.



Grafik
Darstellungsarten

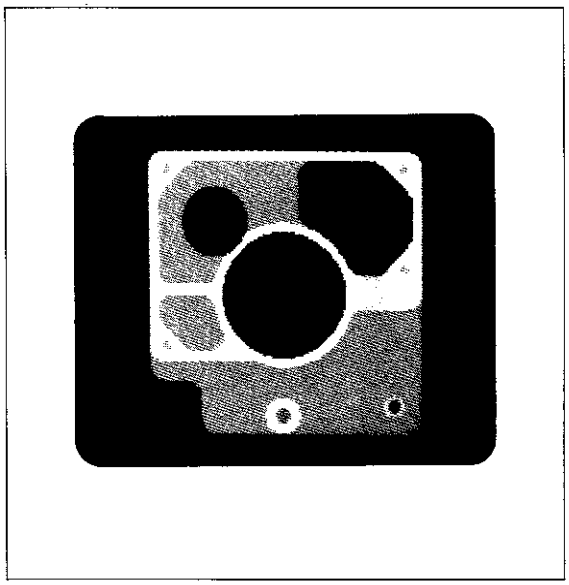
Draufsicht 1

Das Programm wird in einer Draufsicht mit **5 verschiedenen Graustufen** für die Tiefen-Niveaus abgearbeitet; je tiefer desto dunkler.



Draufsicht 2

Wie Draufsicht 1, nur mit **17 verschiedenen Tiefen-Niveaus.**



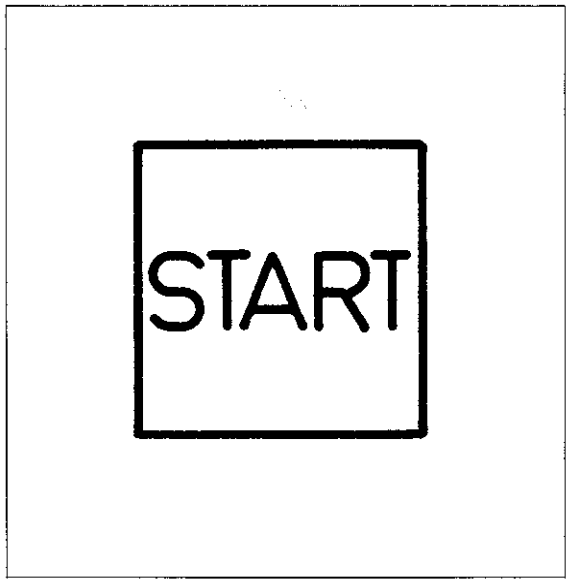
Schneller Bildaufbau

Mit dem **schnellen, internen Bildaufbau** kann auf dem Bildschirm das fertiggestellte Werkstück gezeigt werden.
Die Steuerung "entwickelt" das Werkstück nach dem Bearbeitungsprogramm, ohne jedoch die einzelnen Fertigungsstufen grafisch darzustellen.
Am Bildschirm wird nur die aktuelle Satznummer angegeben.

Grafik
Bedienung

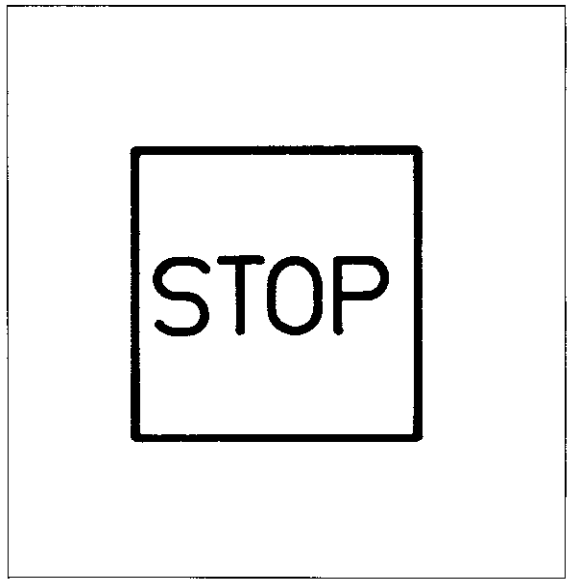
Starten

Nach Wahl der gewünschten Grafik-Betriebsart wird der Programmlauf über die START Taste gestartet.



Anhalten

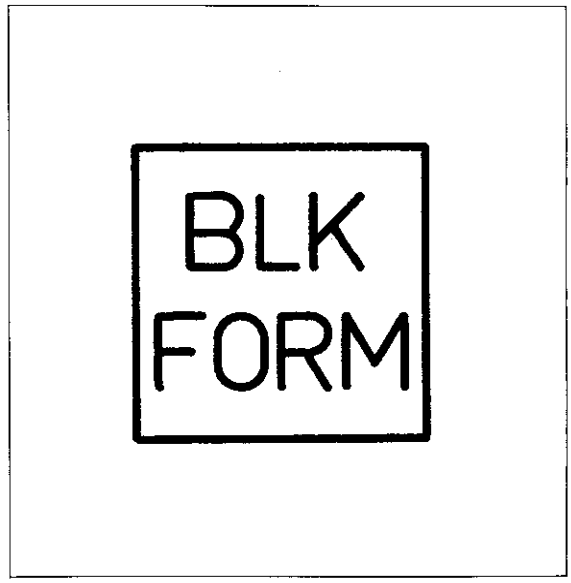
Mit der STOP Taste kann die grafische Simulation jederzeit angehalten werden, der aktuelle Satz wird jedoch noch abgearbeitet.



Rücksetzen des Rohlings

Nach dem Anhalten des grafischen Programmlaufs kann das dargestellte Werkstück mit der BLK FORM Taste wieder auf den Rohling (Ausgangsquader) zurückgesetzt werden.

Soll die Fertigung des Werkstücks erneut grafisch simuliert werden, so muß mit der GOTO □ Taste der Anfang des Bearbeitungsprogramms angewählt werden!

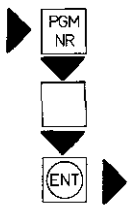


Grafik
Grafik-Start

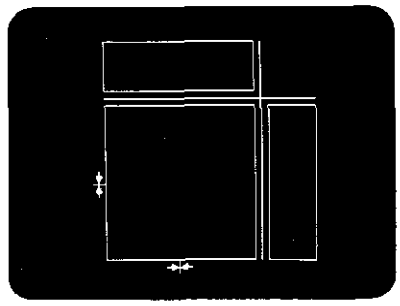
Starten der Grafik

Betriebsart ..... oder

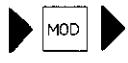
Gewünschtes Programm anwählen.

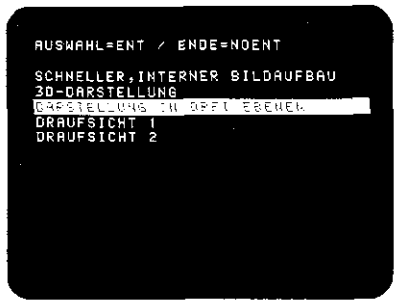


Grafik-Betriebsart wählen

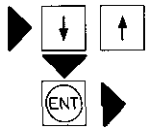


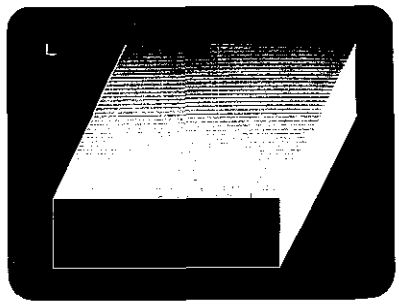
Grafik-Menü aufrufen.



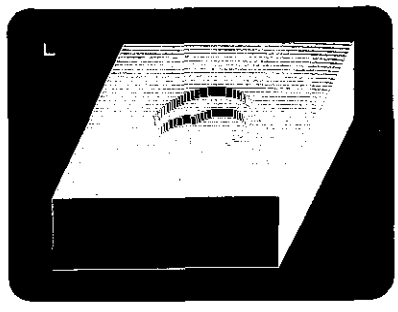


Hellfeld auf gewünschte Darstellungsart setzen, z. B. 3D-Darstellung.





Programmlauf Grafik starten.

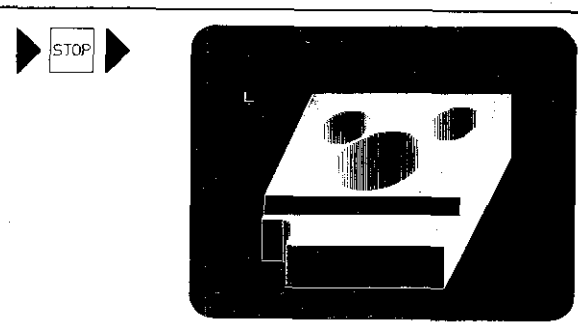


Anmerkungen

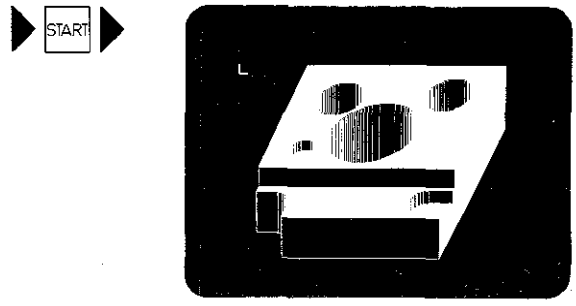
Grafik
Grafik-Start

Anhalten und Starten

Programmlauf Grafik anhalten.



Programmlauf Grafik erneut starten.

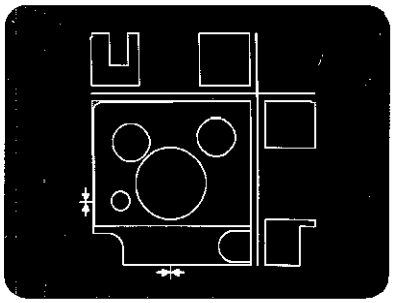


Anmerkungen

Grafik
Darstellung in drei Ebenen

Verschieben der Ebenen

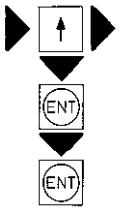
Programmlauf anhalten.

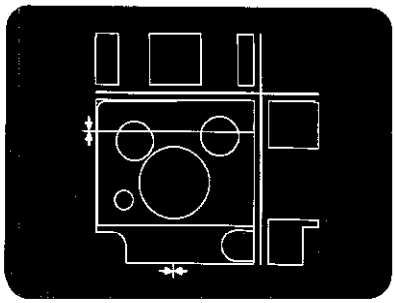


Horizontale Schnittebene verschieben,
z. B. nach oben:
Entweder Taste ↑ mehrmals drücken (Tipp-Betrieb).

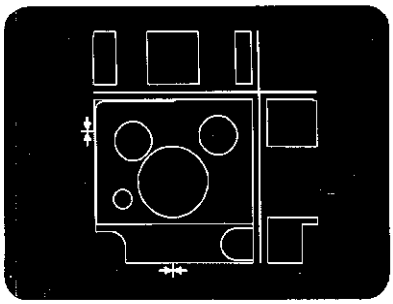
oder Schnittebene kontinuierlich verschieben.

Mehrmaliges Drücken der ENT Taste bewirkt schnelleres Verschieben der Ebene.





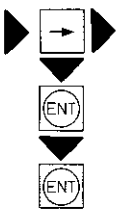
Verschieben der Schnittebene anhalten.

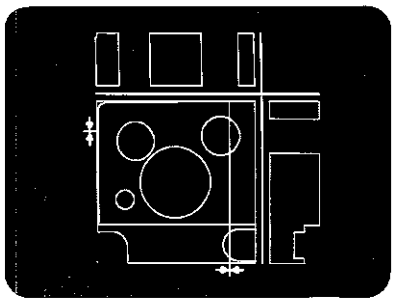


Vertikale Schnittebene verschieben,
z. B. nach rechts:
Entweder Taste → mehrmals drücken.

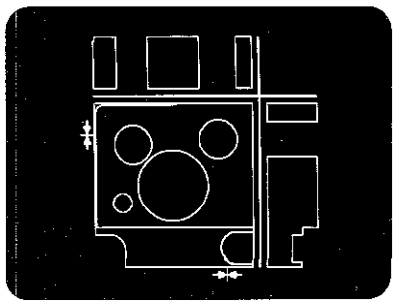
oder Schnittebene kontinuierlich verschieben.

Mehrmaliges Drücken der ENT Taste bewirkt schnelleres Verschieben der Ebene.





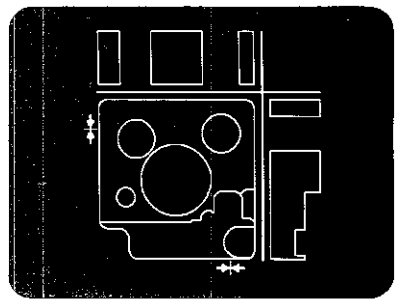
Verschieben der Schnittebene anhalten.



Grafik
Darstellung in drei Ebenen

Programmlauf starten.

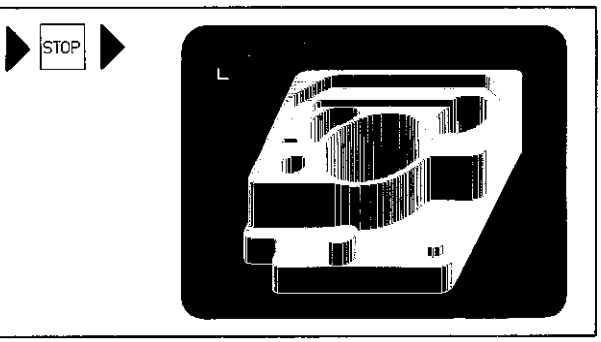
START



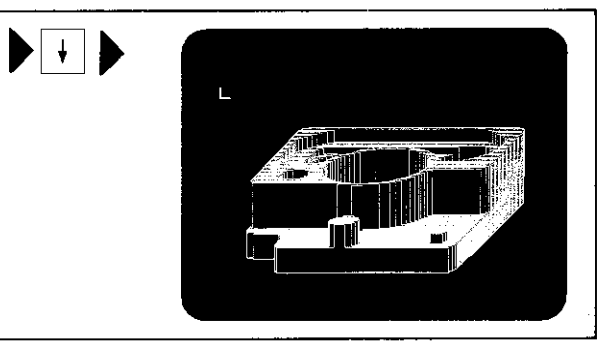
Grafik
3D-Darstellung

Kippen und Drehen

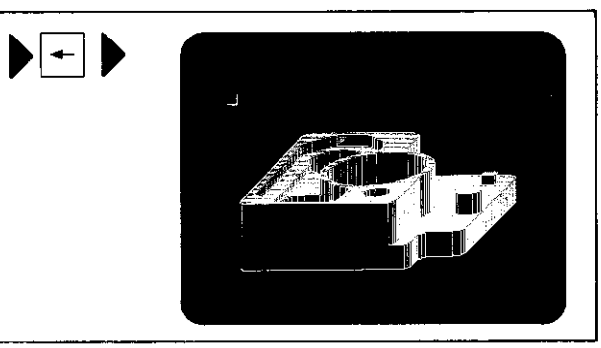
Programmlauf anhalten.



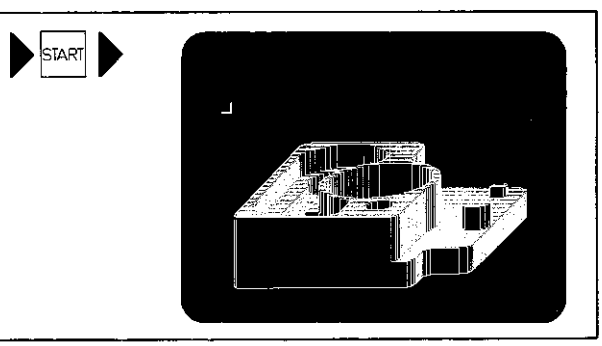
Ansicht kippen, z. B.



Ansicht drehen, z. B.



Programmlauf starten.

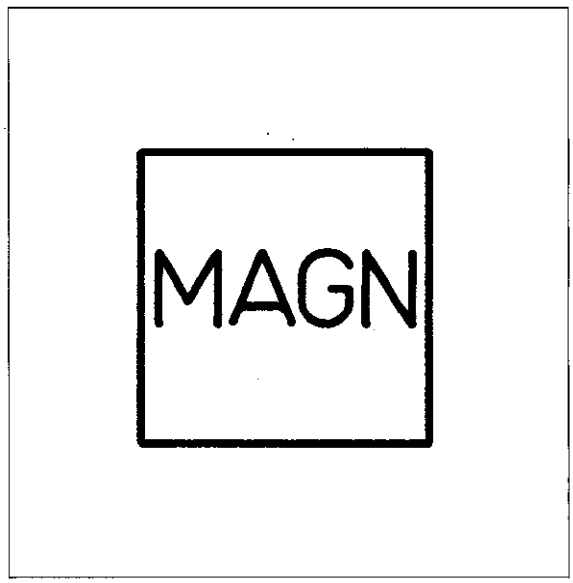


Grafik
Lupe

Lupen-Funktion

Die Lupen-Funktion ermöglicht die Vergrößerung eines frei wählbaren Ausschnitts vom Werkstück.

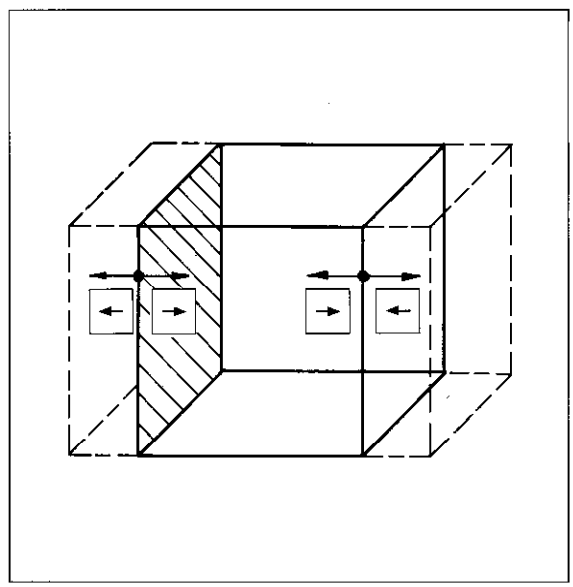
Der Ausschnitt für die Lupen-Funktion kann nur in der 3D-Darstellung festgelegt werden!



Begrenzen des Ausschnitts

Die Begrenzung des Ausschnitts erfolgt am Drahtmodell eines Quaders, das nach Drücken der Taste [MAGN] in der linken oberen Bildschirm-Ecke erscheint.
Die schraffierte Fläche kann mit den Tasten [→] und [←] nach rechts und links (bzw. nach vorne und zurück, bzw. nach oben und unten) jeweils um einen Bildschirmpunkt verschoben werden. Kontinuierliches Verschieben erfolgt zusammen mit der [ENT] Taste.

Die [STOP] Taste unterbricht das kontinuierliche Vorrücken.



Nächste Begrenzung anwählen

Die nächste Begrenzung (rechte Fläche) wird mit der [↑] Taste angewählt.

Auf diese Weise kann nacheinander die linke, rechte vordere, hintere, untere, und obere Fläche angewählt und verschoben werden.
Mit der Taste [↓] ist ein Rücksprung auf die jeweils vorangegangene Fläche möglich.

Übernehmen des Ausschnitts

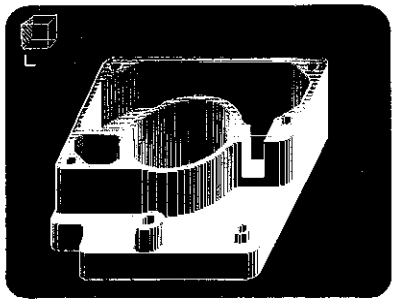
Nach Festlegung der letzten Begrenzungsfläche (obere Fläche) kann der Ausschnitt nach erneutem Drücken der [↑] Taste über die [ENT] Taste übernommen werden. Am Bildschirm erscheint der Rohling dann vergrößert dargestellt. Den vergrößerten Bildausschnitt der Kontur erhält man nach einem erneuten Grafik-Lauf in einer beliebigen Grafik-Betriebsart.

Grafik
Lupe

Ausschnitt begrenzen und vergrößern

Die Steuerung befindet sich in der Betriebsart Grafik-3D-Darstellung.

Lupen-Funktion anwählen. ▶ MAGN ▶

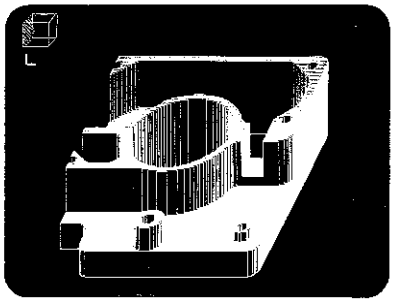


Linke Begrenzungsfläche verschieben, z. B. nach rechts:

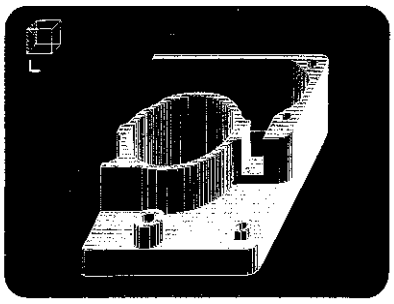
Entweder Taste → mehrmals drücken (Tipp-Betrieb). ▶ → ▶

oder Fläche kontinuierlich verschieben. ENT

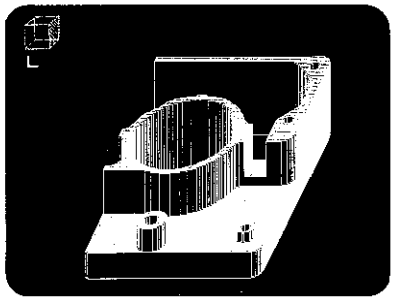
Mehrmaliges Drücken der ENT Taste bewirkt schnelleres Verschieben der Begrenzungsebene. ENT



Verschiebung anhalten und übernehmen. ▶ STOP ▶

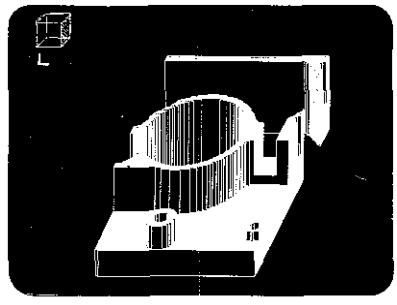


Nächste Begrenzungsfläche anwählen (rechts). ▶ ↑ ▶

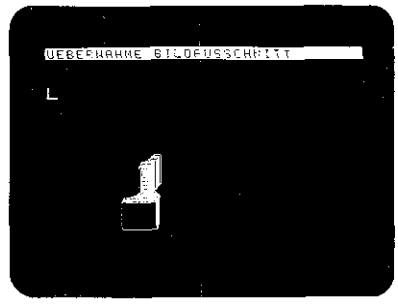


Grafik
Lupe

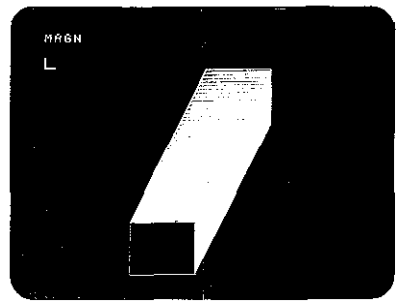
Mit dieser und den nachfolgenden Begrenzungsflächen ist wie oben beschrieben zu verfahren.



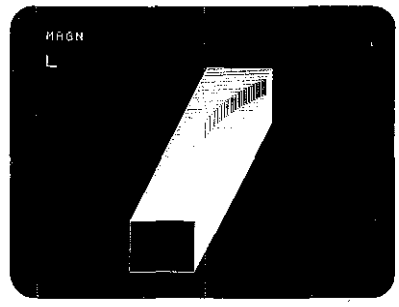
Ist die letzte (obere) Fläche verschoben:



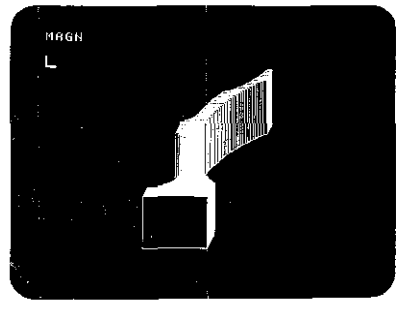
UEBERNAHME BILDAUSSCHNITT



Programmlauf starten



Die Bearbeitung des Werkstücks wird simuliert. Der Bildschirm zeigt nur den festgelegten Ausschnitt.



Anmerkungen

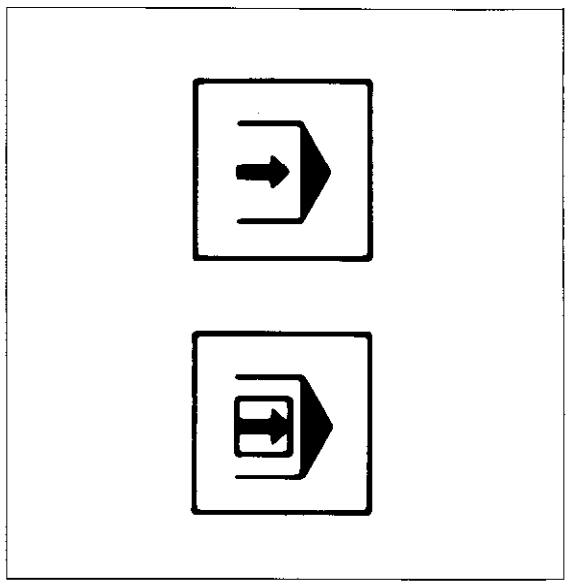
Programmlauf
Betriebsarten

Programmlauf-Satzfolge

In der Betriebsart "Programmlauf-Satzfolge" arbeitet die Steuerung das im Arbeitsspeicher befindliche Programm bis zu einem programmierten Halt bzw. bis zum Programm-Ende ab. Nach einem programmierten Halt muß zur Fortführung neu gestartet werden.

Programmlauf-Einzelsatz

In der Betriebsart 'Programmlauf-Einzelsatz" arbeitet die Steuerung das im Arbeitsspeicher befindliche Programm Satz für Satz ab. Nach jedem Satz muß das Programm neu gestartet werden.

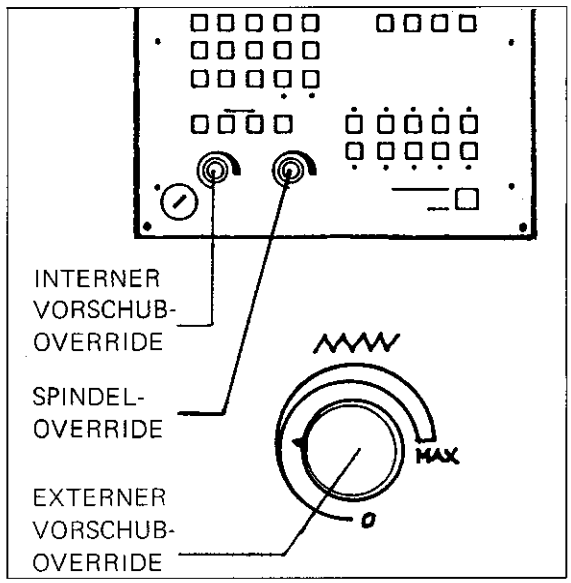


Vorschub

Der programmierte Vorschub kann

- über den **internen Vorschub-Override** und/oder
- über einen **externen Vorschub-Override** an der Maschine

verändert werden, je nachdem wie die Steuerung vom Maschinen-Hersteller an die Maschine angepaßt wurde.



Spindel-Drehzahl

Die programmierte Spindel-Drehzahl kann über den **Spindel-Override** verändert werden.

Programmlauf
Starten

Vor Bearbeitung des ersten Werkstücks muß der Werkstück-Nullpunkt gesetzt werden!

Starten Programmlauf-Einzelsatz

Betriebsart ..... 

Der erste Satz des Programms steht in der aktuellen Programmzeile.	▶ START	Ersten Programmsatz abarbeiten.

▼

Der zweite Satz des Programms steht in der aktuellen Programmzeile.	▶ START	Zweiten Programmsatz abarbeiten.

▼

Starten Programmlauf-Satzfolge

Betriebsart ..... 

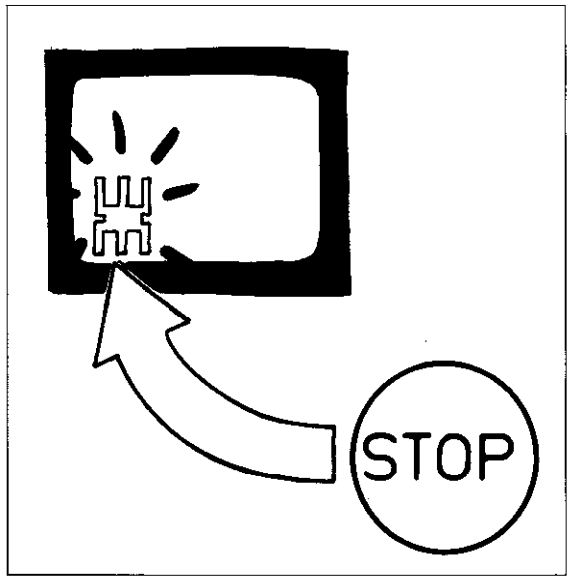
Der erste Satz des Programms steht in der aktuellen Programm-Zeile.	▶ START	Programm abarbeiten.

Die Steuerung arbeitet das Programm bis zu einem programmierten Halt bzw. bis zum Programm-Ende kontinuierlich ab.

Programmlauf
Unterbrechen und Abbrechen

Unterbrechen

Befindet sich die Steuerung in der Betriebsart [⇒] (Programmlauf-Satzfolge) oder [⇒] (Programmlauf-Einzelsatz), so kann der Programmlauf jederzeit mit der externen Stop-Taste unterbrochen werden. Am Bildschirm wird die Unterbrechung mit dem blinkenden ⋕ -Zeichen (⋕ bedeutet Steuerung in Betrieb) angezeigt.

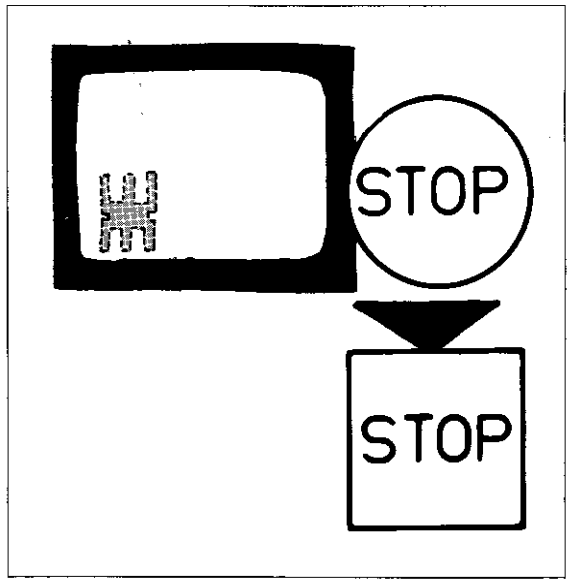


Abbrechen

Für das Umschalten auf andere Betriebsarten muß der Programmlauf angehalten (unterbrochen) und abgebrochen werden (Ausnahme: Abarbeiten eines Programms und gleichzeitiges Programmieren). Dies geschieht mit der externen Stop-Taste und der Stop-Taste der Steuerung. Beim Abbrechen erlischt am Bildschirm das ⋕ -Zeichen.

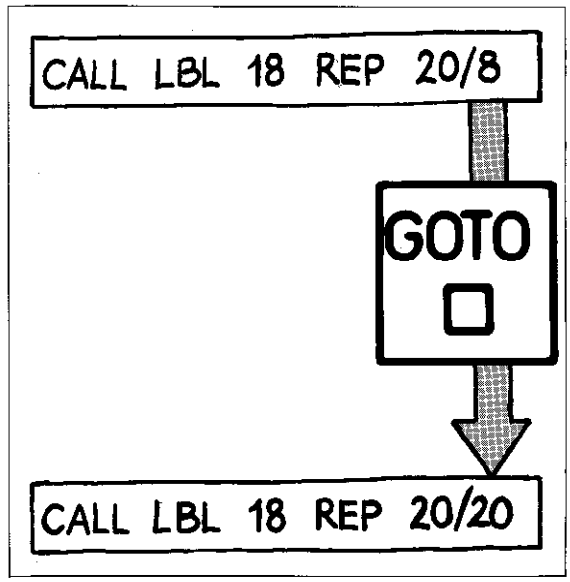
Die Steuerung hat nach dem Abbrechen folgende Daten gespeichert:

- das zuletzt aufgerufene **Werkzeug**,
- **Koordinaten-Umrechnungen** (Nullpunkt, Spiegeln, Drehung des Koordinatensystems, Maßfaktor),
- den letztgültigen **Kreismittelpunkt/Pol CC**,
- den zuletzt definierten **Bearbeitungszyklus**,
- den aktuellen Stand bei **Programmteil-Wiederholungen**,
- die Rücksprung-Adresse bei **Unterprogrammen**.



Wird in einem **Unterprogramm** oder innerhalb einer **Programmteil-Wiederholung** abgebrochen und anschließend ein Programmsatz mit der [GOTO □] Taste angewählt, so wird der Zähler für die Programmteil-Wiederholung auf die programmierte Anzahl der Wiederholungen zurückgesetzt, bei Unterprogrammen wird die Rücksprung-Adresse gelöscht.

Soll die noch durchzuführende Anzahl der Wiederholungen bzw. die Rücksprung-Adresse erhalten bleiben, so sind die Programmsätze nur mit den Tasten [↓] [↑] anzuwählen.



Programmlauf
Unterbrechen und Abbrechen

Programmlauf unterbrechen

Betriebsart ..... [⇒] oder [⇒]

Der gestartete Programmlauf soll unterbrochen werden:	▶ (STOP)	Programmlauf unterbrechen.

Die Anzeige ⊢⊣ (Steuerung in Betrieb) blinkt.

Programmlauf abbrechen

Betriebsart ..... [⇒] oder [⇒]

Der gestartete Programmlauf soll abgebrochen werden:	▶ (STOP)	Programmlauf unterbrechen.
	▼ [STOP]	Programmlauf abbrechen.

Die Anzeige ⊢⊣ (Steuerung in Betrieb) erlischt.

Beim Abarbeiten im DIN/ISO-Betrieb übernimmt die Funktion der internen [STOP] Taste die [DEL □] Taste.

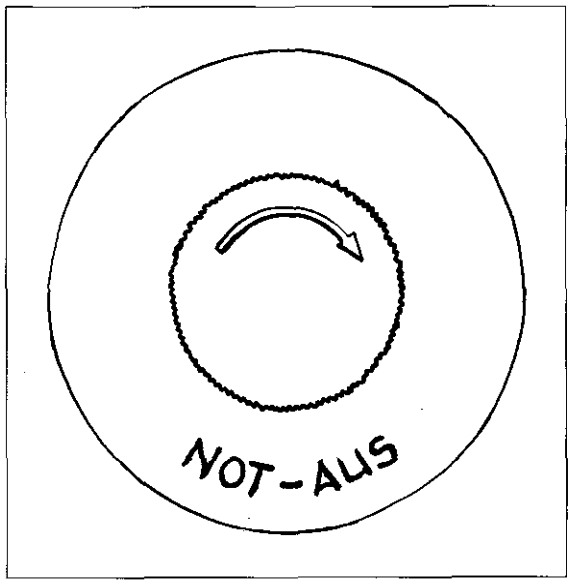
Programmlauf
Unterbrechen und Abbrechen

Not-Aus

Im Gefahrenfall kann die Maschine und die Steuerung durch Drücken einer der Not-Aus-Tasten abgeschaltet werden. Die Steuerung zeigt dies mit dem Hinweis

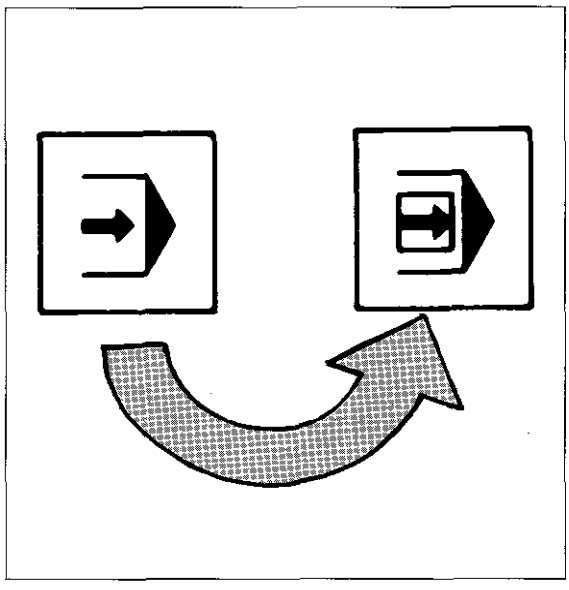
= EXTERNER NOT-AUS =

Zur Wiederinbetriebnahme muß die gedrückte Not-Aus-Taste durch eine Drehung im Uhrzeigersinn entriegelt werden. Anschließend ist der Hinweis durch Ab- und wieder Einschalten der Netzspannung zu löschen. Nach dem Freifahren des Werkzeugs kann das Programm erneut gestartet werden.



Wechseln von "Satzfolge" auf "Einzelsatz"

Wurde die Betriebsart (Programmlauf-Satzfolge) gewählt, so kann während des Programmlaufs auf die Betriebsart (Programmlauf-Einzelsatz) umgeschaltet werden. Nach Abarbeiten des betreffenden Satzes ist der Programmlauf beendet.
Bei einem Unterprogramm-Aufruf und bei einer Programmteil-Wiederholung stoppt der Programmlauf erst nach dem Abarbeiten des Aufrufs bzw. der Wiederholungen.

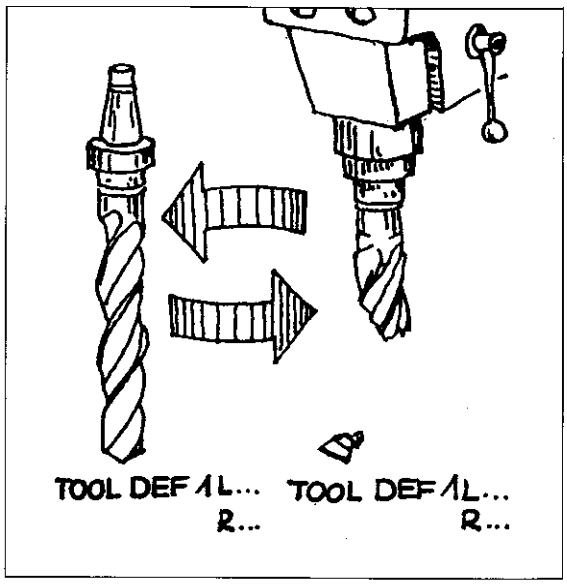


Programmlauf
Wiedereintritt nach Abbruch

Wiedereintritt

Ein Programm kann nach einer Unterbrechung oder nach einem Abbruch erneut gestartet werden. Um Beschädigungen des Werkstücks zu vermeiden, müssen dabei **folgende Voraussetzungen** erfüllt werden:

- das **Werkzeug** ist auf die **Position** zu fahren, die es vor dem Abbruch eingenommen hatte;
- das **Programm** ist bei dem **Satz** wieder zu starten, bei dem es abgebrochen wurde;
- bei einem **Werkzeugtausch** infolge **Bruch** sind die neuen **Werkzeug-Korrekturwerte** (Werkzeug-Definition) einzugeben; anschließend ist das Werkstück mit dem neuen Werkzeug anzukratzen.



Fehlermeldungen

Wurde nach dem Abbruch des Programmlaufs im Programm geblättert (↓ ↑), kein Satz mit der GOTO □ Taste angewählt und anschließend das Programm nicht bei dem Satz gestartet, bei dem abgebrochen wurde, so erscheint die Fehlermeldung:

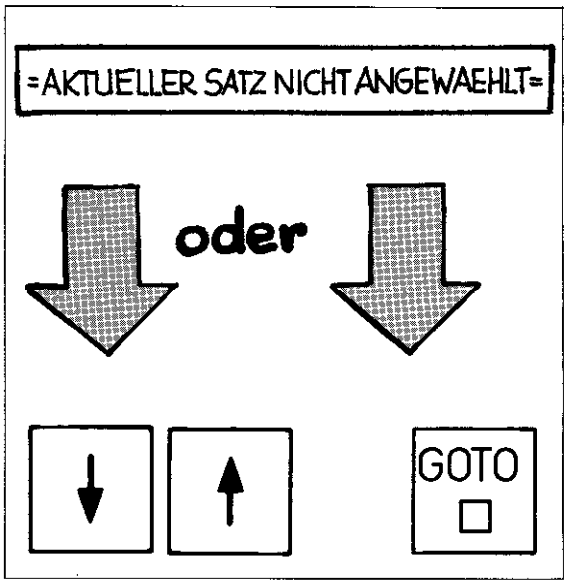
= AKTUELLER SATZ NICHT ANGEWAEHLT =

Abhilfe

Es muß der Satz angewählt werden, bei dem unterbrochen wurde. Dies ist möglich

- mit den Tasten ↑ und ↓,
- mit der Taste GOTO □ und der Satznummer des betroffenen Satzes.

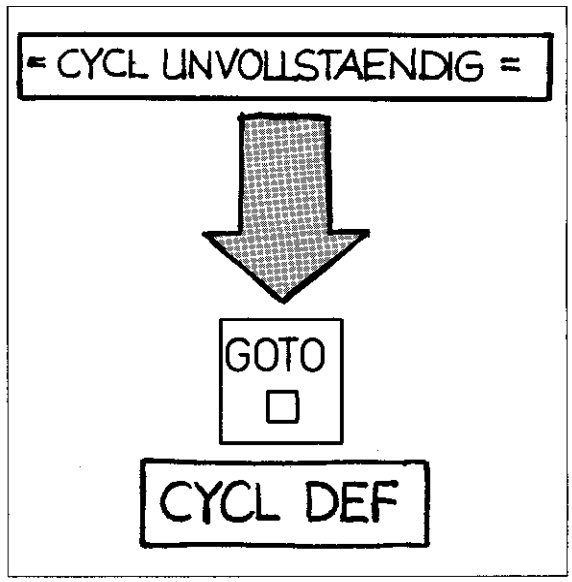
Vorsicht beim Gebrauch der GOTO □ Taste, s. "Programmlauf abbrechen"!



Programmlauf
Wiedereintritt

Wird nach Abbrechen des Programmlaufs ein Satz eingefügt oder gelöscht, so ist die zuletzt gelesene **Zyklus-Definition** nicht mehr aktiv. Bei erneutem Start erscheint vor dem Zyklus-Aufruf die Fehlermeldung:

= CYCL UNVOLLSTAENDIG =



Abhilfe

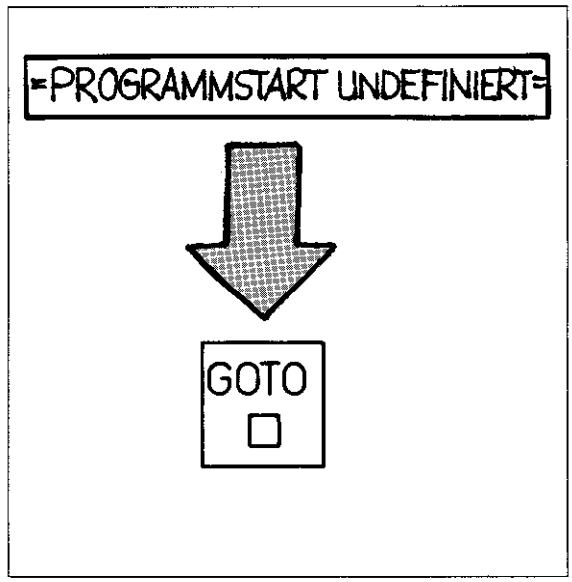
Es muß die letzte Zyklus-Definition vor dem Zyklus-Aufruf abgearbeitet werden. Das Anwählen der Zyklus-Definition **muß** mit der GOTO □ Taste erfolgen!

Vorsicht beim Gebrauch der GOTO □ Taste, s. "Programmlauf abbrechen"!

Wird das Programm
- bei einem korrigierten Satz mit Angaben im Inkremental-Maß,
- bei einem Positioniersatz mit nur einer Koordinate
- in einem Bearbeitungszyklus

nach einem Abbruch erneut gestartet, so erscheint die Fehlermeldung:

= UNDEFINIERTER PROGRAMMSTART =



Abhilfe

Das Programm ist entsprechend zu ändern, oder ein vorhergegangener Programmsatz ist mit der GOTO □ Taste anzuwählen.

Vorsicht beim Gebrauch der GOTO □ Taste, s. "Programmlauf abbrechen"!

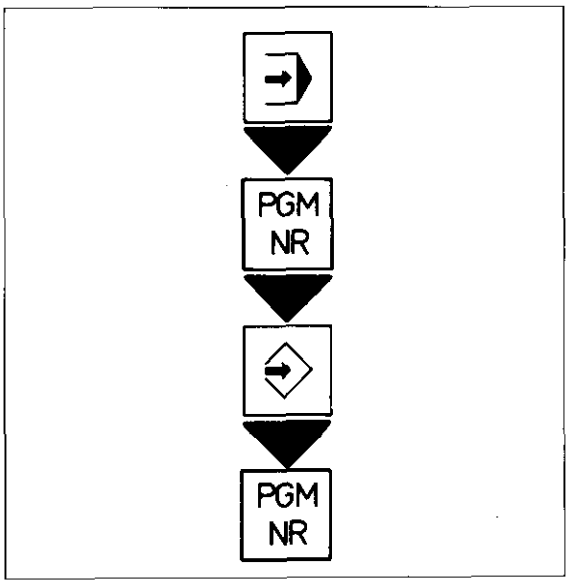
Ein Bearbeitungszyklus muß erneut gestartet werden.
Der Bearbeitungszyklus "Gewindebohren" darf nicht an der gleichen Position wiederholt werden!

Abarbeiten eines Programms und gleichzeitiges Programmieren

Die Steuerung ermöglicht das Abarbeiten eines Programms in der Betriebsart [⇒] während gleichzeitig ein weiteres Programm in der Betriebsart [⇒] erstellt bzw. editiert (geändert) wird.

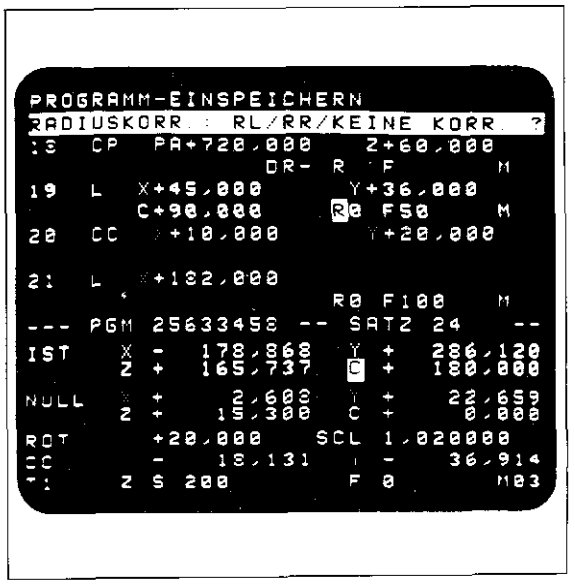
Ablauf

Das abzuarbeitende Programm muß zuerst aufgerufen und gestartet werden (Betriebsart [⇒]). Anschließend wird in der Betriebsart [⇒] das neu zu erstellende Programm oder ein bereits abgespeichertes Programm aufgerufen. (s. "Programm-Aufruf").



Bildschirmanzeige

Die Programm-Eingabe wird in der oberen Bildschirmhälfte angezeigt. Die Anzeigen des Programmlaufs sind in der unteren Bildschirmhälfte aufgeführt. Im Gegensatz zur üblichen Anzeige des Programmlaufs wird in diesem Fall nur die Programm-Nummer und die aktuelle Satznummer angezeigt. Die Positionsanzeigen sowie die Status-Anzeigen (wirksame Zyklen für die Koordinaten-Umrechnungen, Werkzeug, Spindel-Drehzahl, Vorschub und Zusatz-Funktionen) werden wie üblich angezeigt.

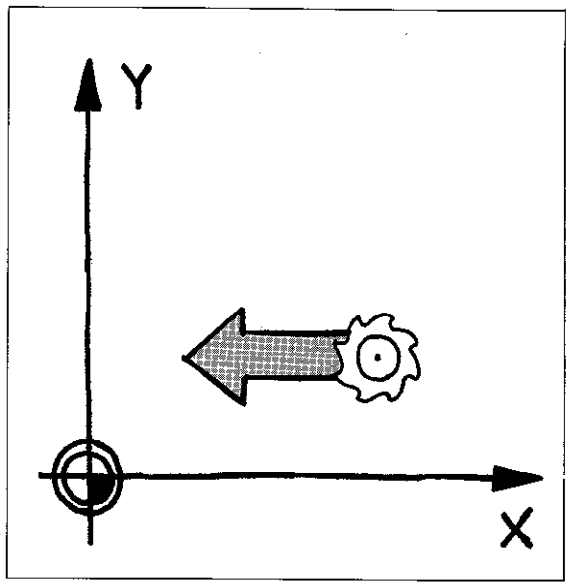


Anmerkungen

Achsparallele Bearbeitung
Programmierung über Achstasten

Dialog-Eröffnung

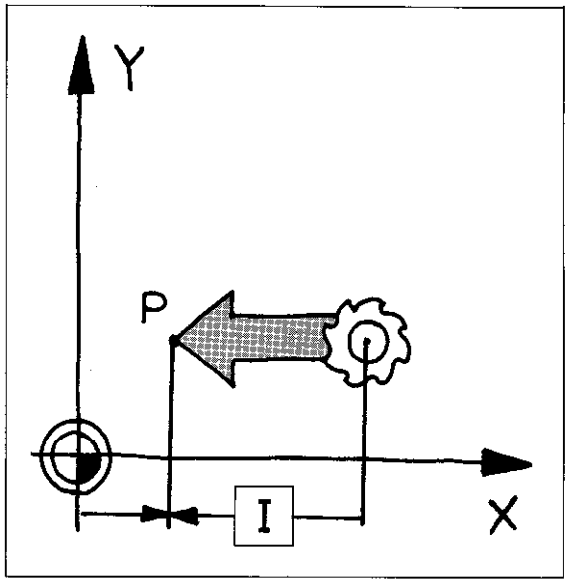
Die Eingabe achsparalleler Positioniersätze läßt sich etwas vereinfachen:
Der Eingabe-Dialog wird unmittelbar mit der betreffenden Achstaste [X] [Y] [Z] [IV] eröffnet.



Positions-Sollwert

Für den **Positions-Sollwert** ist die Koordinate für die betreffende Achse einzugeben. Die Zahlenwert-Angabe kann absolut (d.h. zum Werkstück-Nullpunkt) oder inkremental (d.h. zur vorhergehenden Soll-Position) erfolgen.

In beiden Fällen bewegt sich das Werkzeug von seiner Ist-Position parallel zur gewählten Achse auf den programmierten Zielpunkt.



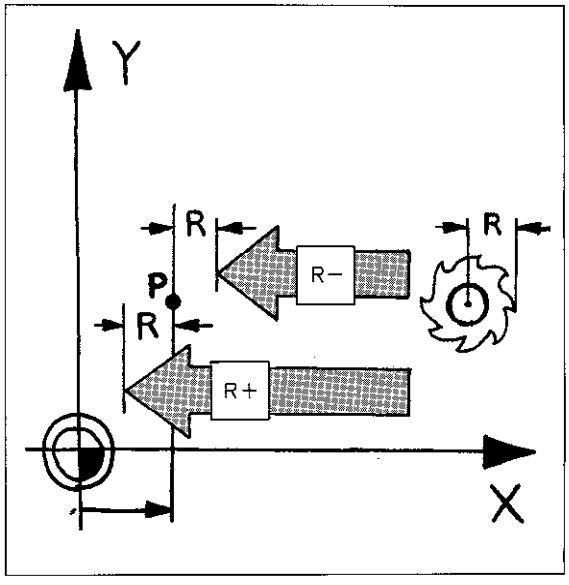
Radius-korrektur

Die Radiuskorrektur hat bei der Programmierung über Achstasten folgende Bedeutung:

- Der Verfahrweg soll sich um den Werkzeug-Radius **verkürzen:** Taste [R−], Bildschirmanzeige **R−**.
- Der Verfahrweg soll sich um den Werkzeug-Radius **verlängern:** Taste [R+], Bildschirmanzeige **R+**.
- Das Werkzeug fährt auf den programmierten Positions-Sollwert, Bildschirmanzeige R0.

Wird eine Radiuskorrektur R+/R− auch bei der Positionierung der **Spindel-Achse** eingegeben, so erfolgt für diese Achse **keine Korrektur**.

Bei Verwendung der **IV. Achse** als **Rundtisch-Achse** wird eine Radiuskorrektur ebenfalls nicht berücksichtigt.



Achsparallele Bearbeitung
Programmierung über Achstasten

Achsparallele Positioniersätze mit einer Radiuskorrektur R+/R– und Positioniersätze mit einer Radiuskorrektur RR/RL dürfen innerhalb eines Bearbeitungsprogrammes nicht nacheinander eingegeben werden!

FALSCH:

```
16 L  X+15,000  Y+20,000
        RR  F     M03

17    Y+40,000
        R-  F100  M

18 L  X+50,000  Y+57,000
        RR  F     M
```

Innerhalb eines Bearbeitungsprogramms können zwischen Positioniersätzen mit R0 (keine Radiuskorrektur), die über eine Bahnfunktionstaste programmiert wurden, achsparallele Positioniersätze, die über eine Achstaste eingegeben wurden, programmiert werden.

Beispiel:

```
18 L  X  15,000  Y 20,000 -
            R0  F      M03

19 Y  +  40,000
            R + F 100 M

20 L  X  50,000  Y  20,000
            R0 F       M
```

```
18 L  X...  Y...
        R0
19 L  X...  Y...
        R0
20    X...
        R+
21 L  X...  Y...
        R0
```

Achsparallele Bearbeitung
Programmierung über Achstasten

Eingabe achsparalleler Geraden

Betriebsart ..... [⊕]

Dialog-Eröffnung ..... [X] oder [Y] oder [Z] oder [IV]

POSITIONS-SOLLWERT?
- [I] Inkremental – Absolut?
- [ ] Zahlenwert für die gewählte Achse eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: R+/R–/KEINE KORR. ?
- [R⁻] [R⁺] Ggf. Radiuskorrektur eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =
- [ ] Ggf. Vorschub eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M?
- [ ] Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

Anzeige-Beispiel

119 IX + 46,000

R+ F 60 M03

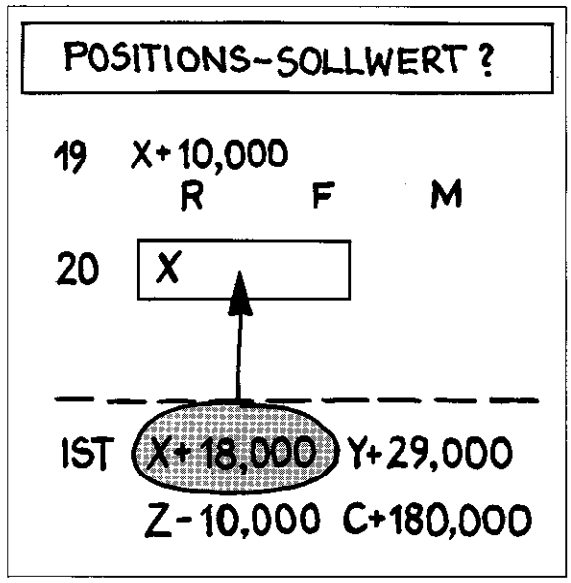
Im Satz 119 wird das Werkzeug parallel zur X-Achse um + 46,0 mm und zusätzlich um den Werkzeug-Radius verfahren.
Der Vorschub beträgt 60 mm/min, die Spindel dreht sich im Uhrzeigersinn.

Achsparallele Bearbeitung
Playback-Programmierung

Playback

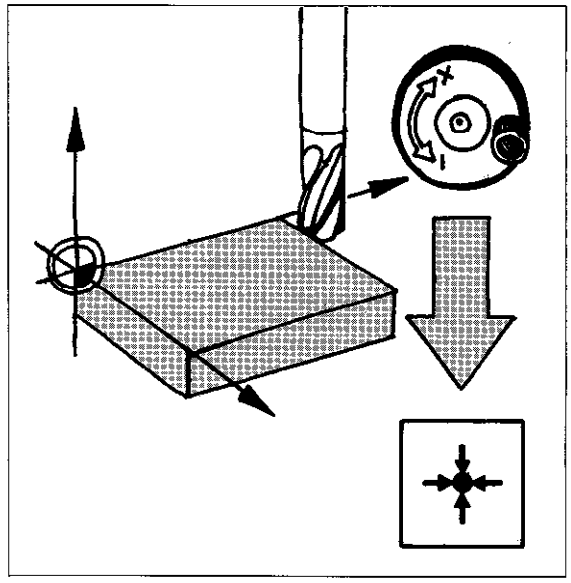
Wurde ein Werkzeug im Handbetrieb (Handrad oder Achstaste) verfahren, so kann die Ist-Position des Werkzeugs als Positions-Sollwert in das Bearbeitungsprogramm übernommen werden. Diese Art des Programmierens nennt man Playback-Programmierung.

Die Playback-Programmierung ist nur für achsparallelen Betrieb sinnvoll. Von der Programmierung komplizierter Konturen über dieses Verfahren wird abgeraten.



Ablauf

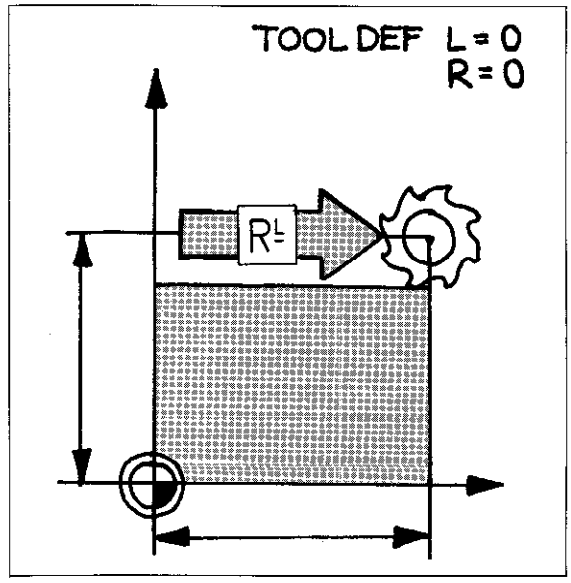
Das Werkzeug ist manuell über Handrad oder Achstasten auf die zu speichernde Position zu verfahren. Der Istwert der Position wird in der Betriebsart innerhalb eines Positioniersatzes mit der Taste als Positions-Sollwert übernommen.



Radius-korrektur

Der Positions-Istwert enthält für das gerade verwendete Werkzeug bereits den Längen- und Radiuskorrekturwert. Daher müssen in der Werkzeug-Definition für dieses Werkzeug die Korrekturwerte L = 0 und R = 0 eingegeben werden.

Bei der Programmierung der Positioniersätze im Playback-Verfahren ist die richtige Radiuskorrektur RR oder RL bzw. R0 einzugeben: bei Werkzeugbruch oder Verwendung eines anderen Werkzeugs anstelle des ursprünglichen können dann die neuen Korrekturwerte berücksichtigt werden.



Achsparallele Bearbeitung
Playback-Programmierung

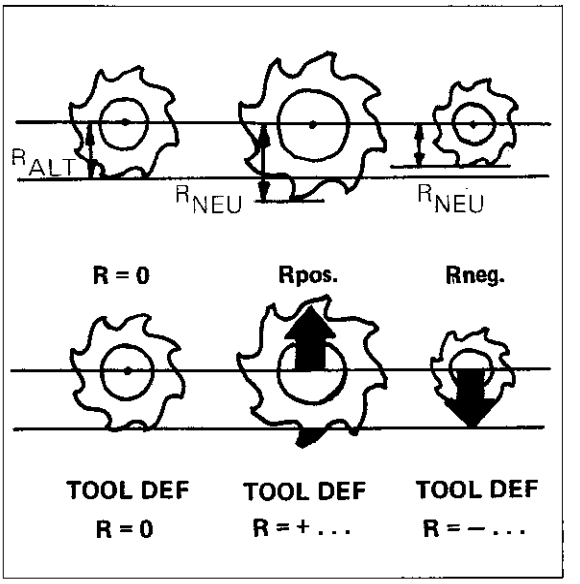
Werkzeug-Korrekturen

Die neuen Korrekturwerte werden nach folgender Formel ermittelt:

$$R = R_{NEU} - R_{ALT}$$

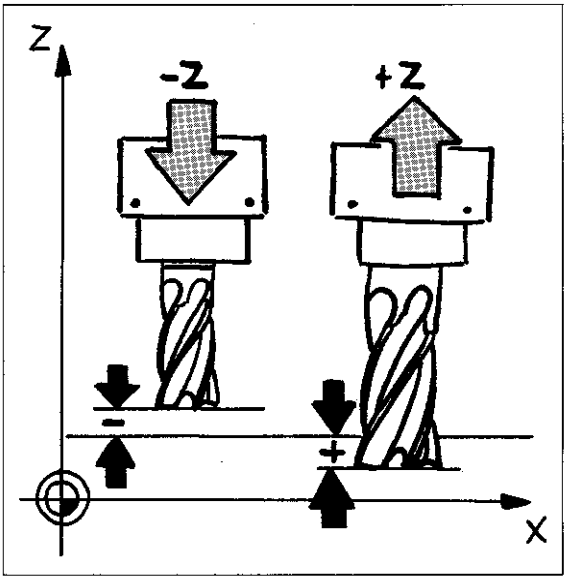
R	Radiuskorrekturwert für TOOL DEF
R_{NEU}	Werkzeug-Radius des neuen Werkzeugs
R_{ALT}	Werkzeug-Radius des ursprünglichen Werkzeugs.

Die neuen Korrekturwerte werden in die Werkzeug-Definition des ursprünglichen Werkzeugs (R = 0, L = 0) eingegeben.
Der Korrekturwert R kann **positiv oder negativ** sein, je nachdem ob der Werkzeug-Radius des neu eingesetzten Werkzeugs größer (+) oder kleiner (–) als der des ursprünglichen Werkzeugs ist.



Längen-Korrekturen

Der Korrekturwert für die neue Werkzeuglänge wird wie bei TOOL DEF ermittelt. Das Nullwerkzeug ist in diesem Fall das ursprünglich eingesetzte Werkzeug.



Anmerkungen

Achsparallele Bearbeitung
Playback-Programmierung

Eingabe Beispiel

Betriebsart ..... [⇨]

Dialog-Eröffnung ..... [X] oder [Y] oder [Z] oder [IV]

POSITIONS-SOLLWERT ?

- [X] — Ggf Werkzeug manuell auf gewünschte Position fahren.
- [✛] — Positions-Istwert übernehmen.
- [ENT] — Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR. R+/R–/KEINE KORR. ?

- [R⁻ᴸ] [R⁺ᴿ] — Ggf. Radiuskorrektur eingeben.
- [ENT] — Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =

- [ ] — Ggf. Vorschub eingeben.
- [ENT] — Eingabe übernehmen.

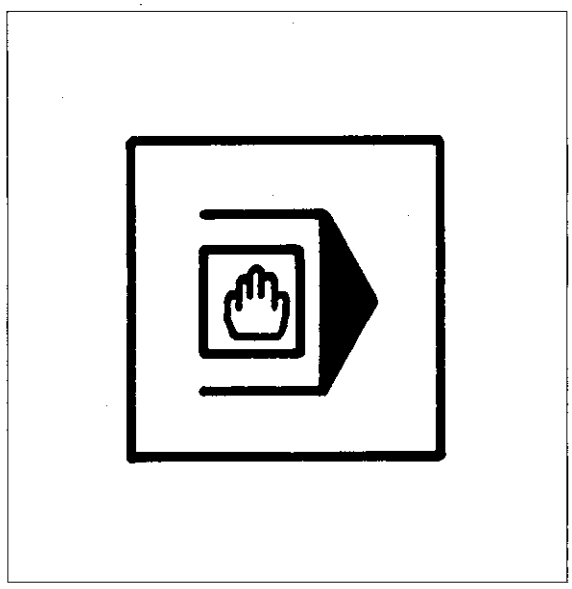
ZUSATZ-FUNKTION M ?

- [ ] — Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- [ENT] — Eingabe übernehmen.

Achsparallele Bearbeitung
Positionieren mit Handeingabe

Positionieren

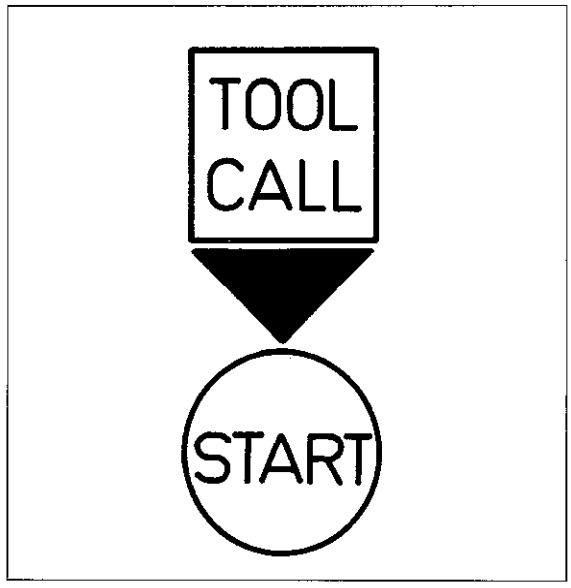
In der Betriebsart "Positionieren mit Handeingabe" können **achsparallele** Positioniersätze eingegeben und abgearbeitet werden (keine Speicherung). Dabei muß jeder Satz unmittelbar nach der Eingabe mit der externen Start-Taste gestartet werden.



Werden im Positioniersatz Angaben im Kettenmaß programmiert, kann der Satz beliebig oft mit der externen Start-Taste gestartet werden.

Werkzeug-Aufruf

Befindet sich im Arbeitsspeicher der Steuerung eine Werkzeug-Definition TOOL DEF, so kann in der Betriebsart ein Werkzeug mit TOOL CALL aufgerufen werden. Damit sind die neuen Werkzeug-Korrekturwerte wirksam.
Der Werkzeug-Aufruf wird mit der externen Start-Taste durchgeführt.



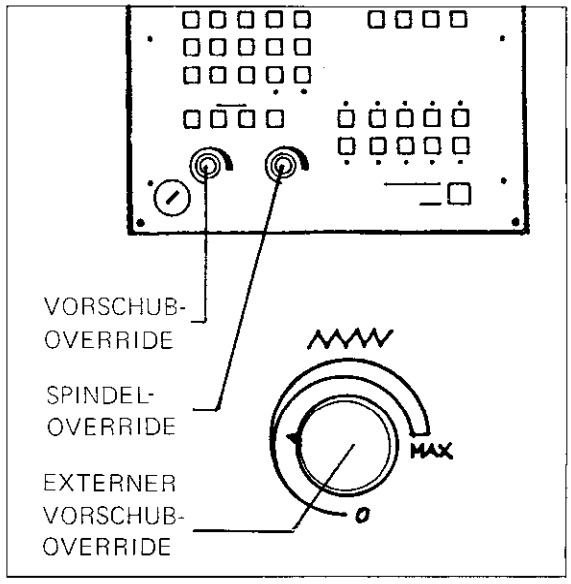
Vorschub

Der programmierte Vorschub kann
- über den **internen Vorschub-Override** und/oder
- über einen **externen Vorschub-Override** an der Maschine

verändert werden, je nachdem wie die Steuerung vom Maschinen-Hersteller an die Maschine angepaßt wurde.

Spindel-Drehzahl

Die programmierte Spindel-Drehzahl kann über den **Spindel-Override** verändert werden.



Achsparallele Bearbeitung
Positionieren mit Handeingabe

Beispiel Positions-Eingabe

Betriebsart ..... [⊡]

Dialog-Eröffnung ..... [X] oder [Y] oder [Z] oder [IV]

POSITIONS-SOLLWERT ?
- [I] Inkremental – Absolut ?
- [ ] Zahlenwert für die gewählte Achse eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

RADIUSKORR.: R+/R–/KEINE KORR. ?
- [R⁻ᴸ] [R⁺ᴿ] Ggf Radiuskorrektur eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

VORSCHUB ? F =
- [ ] Ggf. Vorschub eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

ZUSATZ-FUNKTION M ?
- [ ] Ggf. Zusatz-Funktion eingeben.
- [ENT] Eingabe übernehmen.

SATZ VOLLSTAENDIG
- [START] Positioniersatz starten.

Anmerkungen

Achsparallele Bearbeitung
Positionieren mit Handeingabe

Beispiel Werkzeug-Aufruf

Betriebsart ..... [⊡]

Dialog-Eröffnung ..... [TOOL CALL]

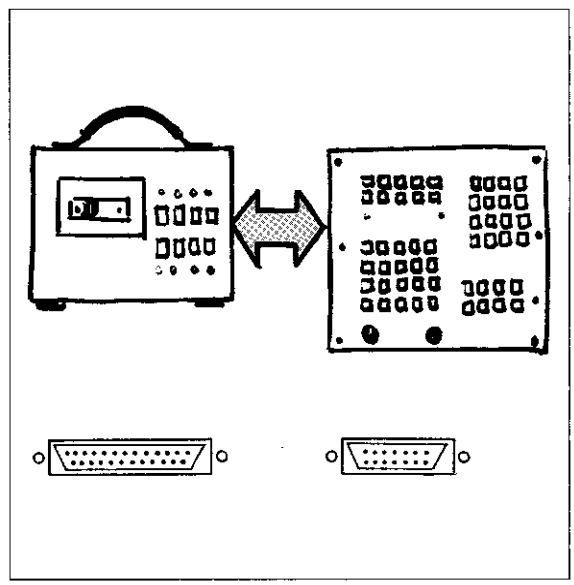
WERKZEUG-NUMMER ?	▶ [ ]	Werkzeug-Nummer eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.
SPINDELACHSE PARALLEL X/Y/Z ?	▶ [Z]	Spindelachse eingeben, z. B. Z.
SPINDELDREHZAHL S IN U/MIN ?	▶ [ ]	Spindeldrehzahl eingeben.
	▼ [ENT]	Eingabe übernehmen.
SATZ VOLLSTAENDIG	▶ [START]	Werkzeug-Aufruf starten.

Externe Datenübertragung

Schnittstelle V.24/RS-232-C

Die Steuerung TNC 155 besitzt eine **V.24-Daten-Schnittstelle (RS-232-C)**, über die Programme ein- und ausgegeben werden können.
D. h. Programme aus dem Speicher der Steuerung können über diese Schnittstelle an ein **externes Speichergerät**, wie z. B. eine Magnetband-Einheit, oder an ein **Peripherie-Gerät**, wie z. B. ein Drucker, übertragen werden.
Umgekehrt können von einem externen Speichergerät Daten an die Steuerung übermittelt werden.

Der Anschlußstecker für die Schnittstelle befindet sich auf der Rückseite der Steuerung.



Baud-Rate

Die **Übertragungsgeschwindigkeit** (= Baud-Rate) für externe Datengeräte ist automatisch auf 2400 Baud gesetzt. Es können aber auch Datengeräte mit anderen Baud-Raten (siehe nebenstehende Tabelle) angeschlossen werden. Dazu muß die Baud-Rate der Steuerung neu programmiert werden.

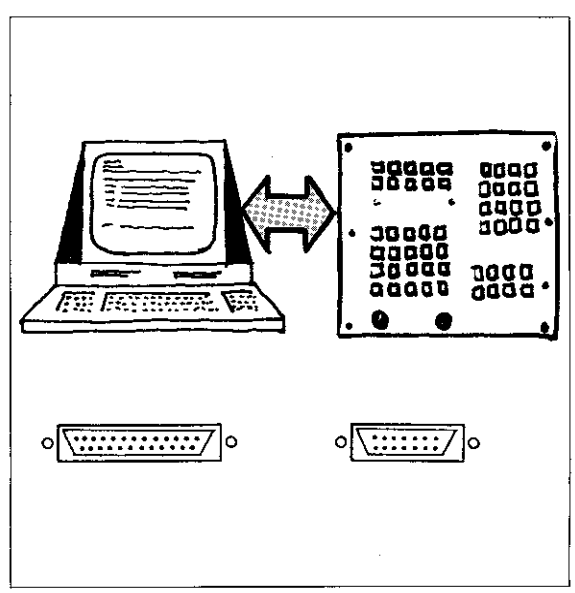
Mögliche Baud-Raten:

110 Baud
150 Baud
300 Baud
600 Baud
1 200 Baud
2 400 Baud
4 800 Baud
9 600 Baud

1 Baud = 1 Bit/sec

Blockweises Übertragen

Über die V.24 Daten-Schnittstelle kann die TNC 155 mit einer externen Programmier-Einheit verbunden werden. Diese Programmier-Einheit hat die übergeordnete Funktion eines Leitrechners, der die Programm-Verwaltung, die Zuteilung der Programme sowie die Geschwindigkeit der Zuteilung und Übertragung regelt.



Externe Datenübertragung
Ändern der Baud-Rate

Eingabe der Baud-Rate

Betriebsart ..... [ ] beliebig

Dialog-Eröffnung ..... [MOD]

FREIE SAETZE = ... ▶ [MOD] [↓] In den Zusatz-Betriebsarten blättern, bis BAUD-RATE erscheint.

▼

BAUD-RATE = 2400 ▶ [ ] Gewünschte Baud-Rate nach Tabelle eingeben.

▼ [ENT] Eingabe übernehmen.

Die Eingabe der neuen Baud-Rate kann auch mit der [MOD] Taste oder den [↓] [↑] Tasten übernommen werden.

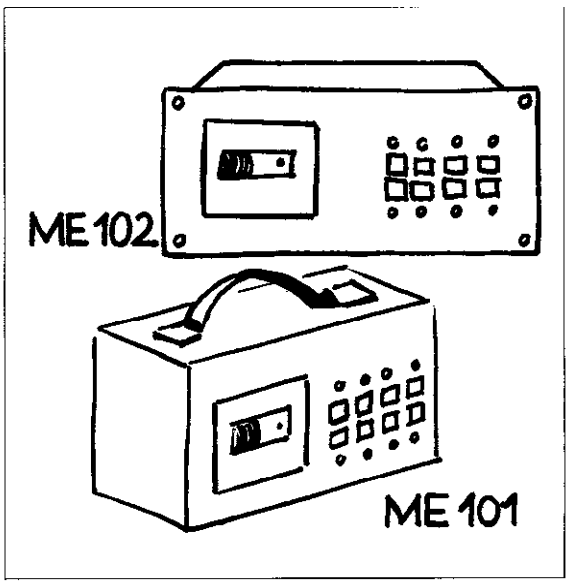
Externe Datenübertragung
Magnetband-Einheit

Magnetband-Einheit

Die Magnetband-Einheit dient zum Speichern von Bearbeitungsprogrammen, oder zur Übertragung von Programmen, die auf einem externen Programmierplatz erstellt wurden.

Die Magnetband-Einheit gibt es in zwei Ausführungen:

ME 101: tragbares Koffergerät zum wechselnden Einsatz an mehreren Maschinen,
ME 102: Gerät zum festen Einbau an der Maschine.



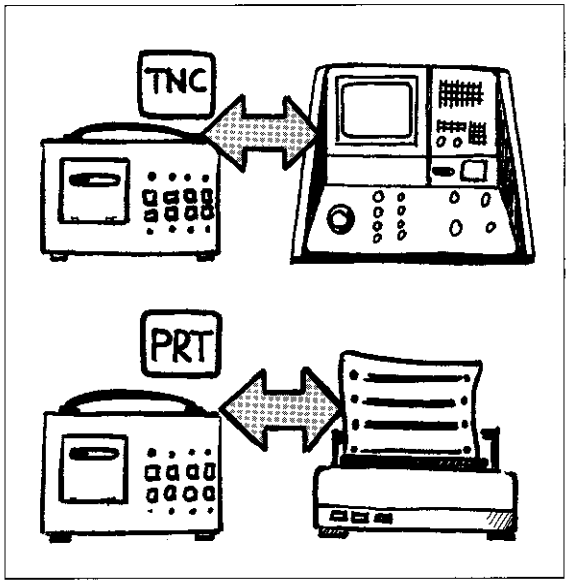
Anschluß-Möglichkeiten

Die Magnetband-Einheiten ME 101 und ME 102 haben je zwei V.24 Daten-Schnittstellen mit den Bezeichnungen **TNC** und **PRT.**

Anschluß TNC: für die Verbindung Magnetband-Einheit – Steuerung.

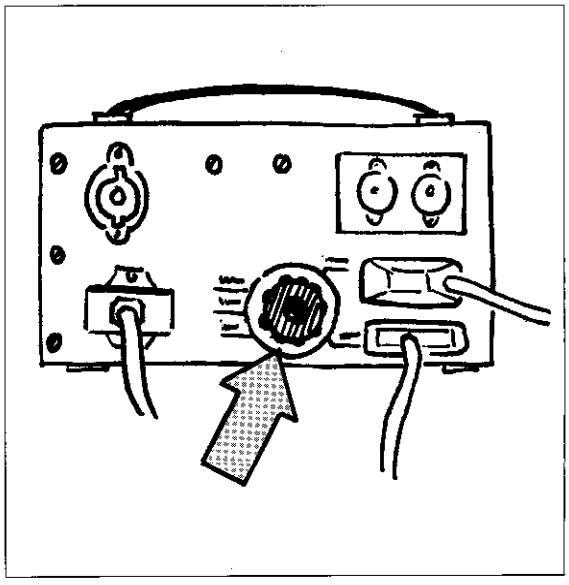
Anschluß PRT: für die Verbindung Magnetband-Einheit – Peripherie-Gerät.

Mit diesen Anschlüssen ist es möglich neben der TNC-Steuerung ein zweites Gerät an die Magnetband-Einheit anzuschließen.



Übertragungsgeschwindigkeit

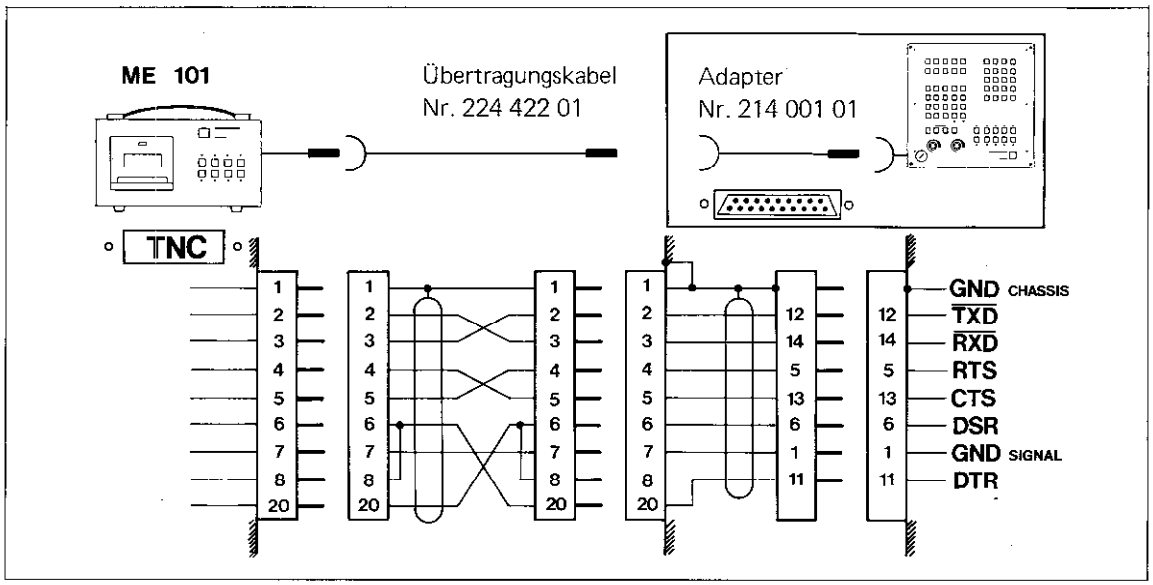
Die Übertragungsgeschwindigkeit zwischen der **TNC-Steuerung** und der **Magnetband-Einheit** ist auf 2 400 Baud festgelegt. Die Übertragungsgeschwindigkeit zwischen einem **Peripherie-Gerät** und der **Magnetband-Einheit** kann mit Hilfe eines Stufenschalters auf der Rückseite der Magnetband-Einheit angepaßt werden.
Mögliche Baud-Raten:
110 / 150 / 300 / 600 / 1200 / 2400 Baud.



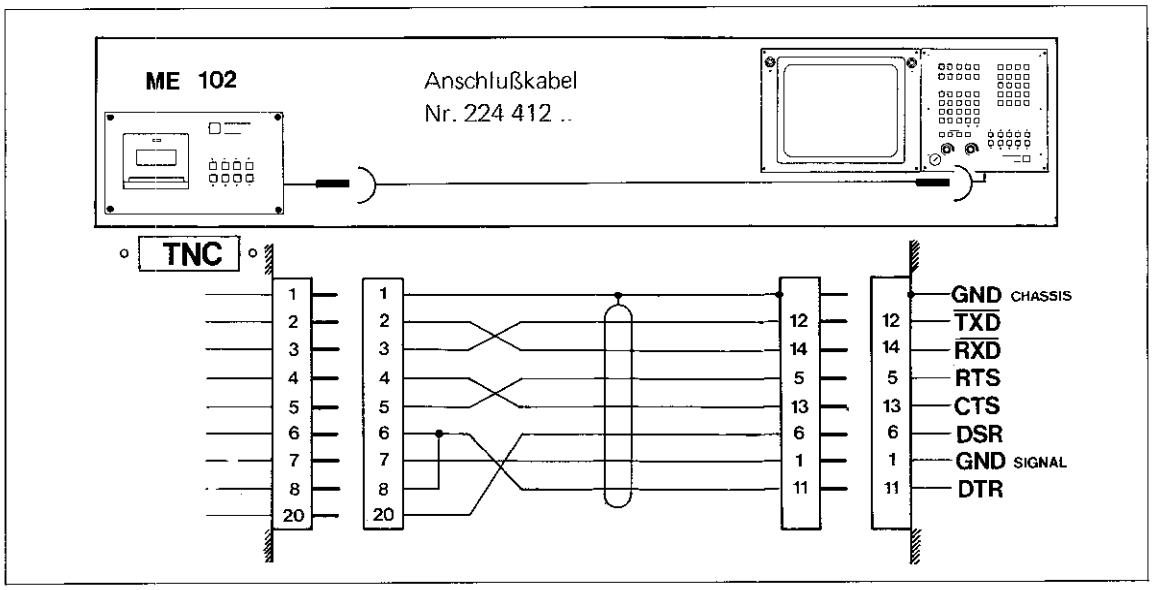
Anmerkungen

Externe Datenübertragung
Anschlußkabel und Steckerbelegung

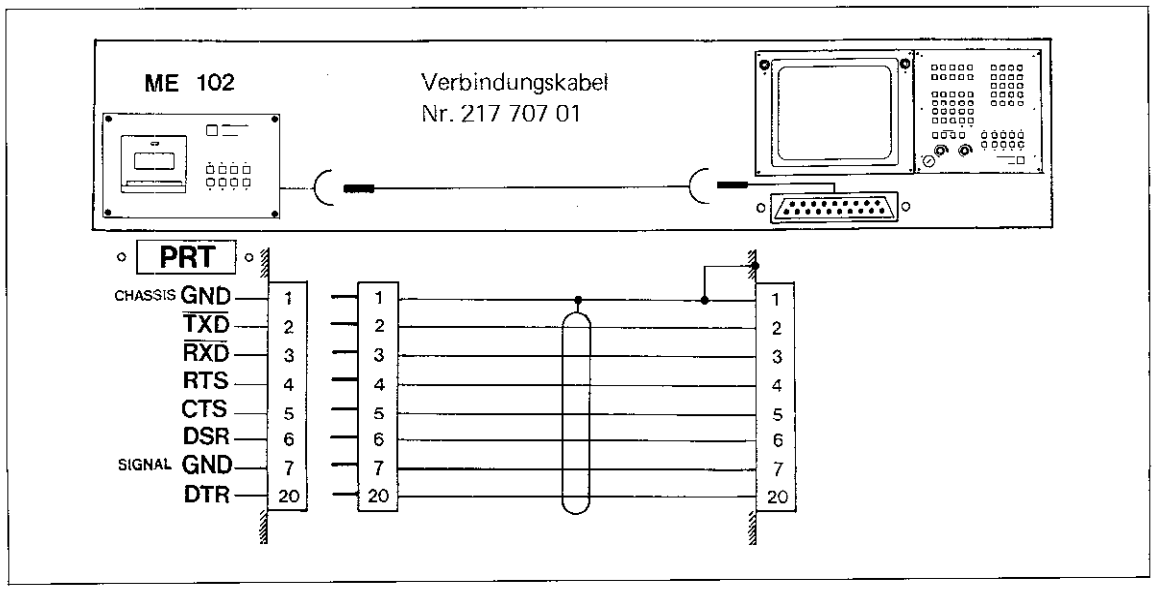
Magnetband-Einheit ME 101-TNC



Magnetband-Einheit ME 102-TNC

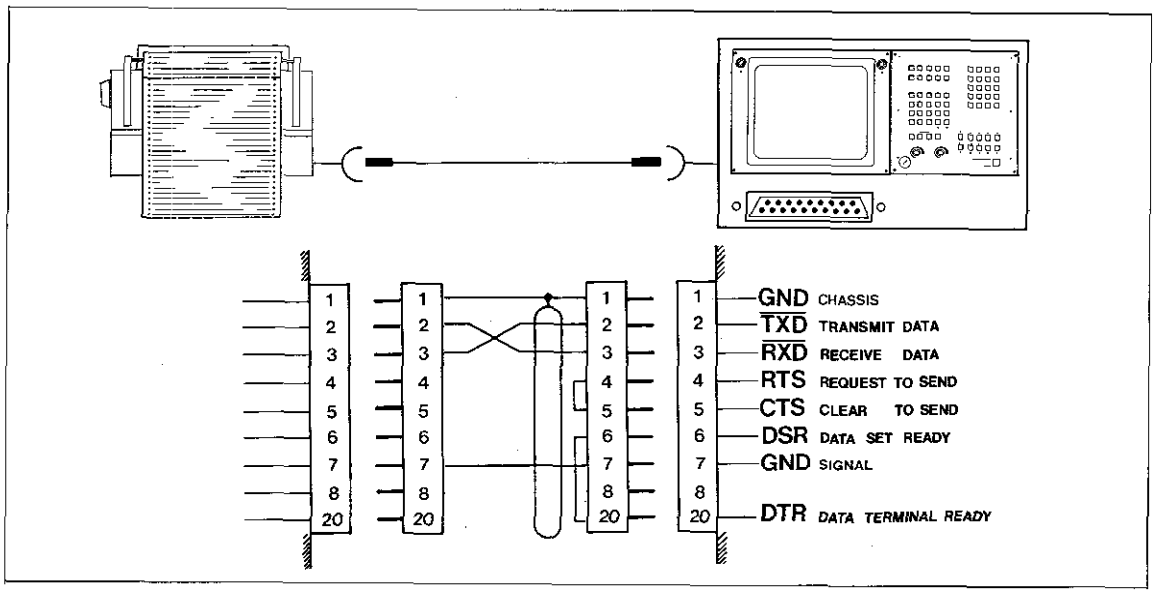


Magnetband-Einheit ME 102-PRT



Externe Datenübertragung
Anschlußkabel und Steckerbelegung

Magnetband-Einheit/TNC-Peripherie-Gerät



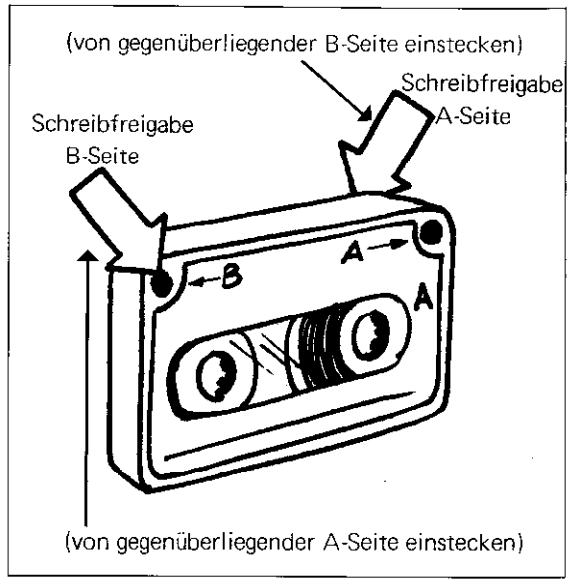
Externe Datenübertragung
Bedienungsablauf

Datenübertragung ME ↔TNC

Die Programmverwaltung der Steuerung ermöglicht die **Übertragung einzelner Programme** vom Band zur TNC und umgekehrt.
Es können maximal 32 Programme auf einer Magnetband-Seite abgespeichert werden. Wird ein Programm ein- bzw. ausgelesen, welches die Kapazität einer Bandseite überschreitet, so erscheint der Hinweis:

= KASSETTE WECHSELN – ME STARTEN =

Nach dem Wechseln der Kassette und dem Starten der Magnetband-Einheit mit der START Taste werden die restlichen Programmsätze übertragen.



Zur Daten-Übertragung muß der Schreibfreigabe-Stöpsel in der Kassette sein.

Dialog-Eröffnung

Datenübertragung kann nur in der **Betriebsart** ⊕ **PROGRAMM EINSPEICHERN** erfolgen. Der Dialog für jede Übertragungsrichtung (Band→TNC bzw. TNC→Band) wird mit der EXT Taste eröffnet.
Am Bildschirm erscheinen die nebenstehenden Übertragungs-Betriebsarten zur Auswahl.

Das Hellfeld kann mit den Tasten ↓ ↑ auf die gewünschte Betriebsart gesetzt werden, welche mit der ENT Taste übernommen und gestartet wird.
Mit der NO ENT Taste wird die jeweilige Übertragungs-Betriebsart wieder verlassen.

Externe Datenübertragung
Übertragung Band-TNC

Programm-Übersicht

Betriebsart .....

Übertragung .....

Dialog-Eröffnung .....

PROGRAMM-UEBERSICHT ▶ ENT Betriebsart übernehmen.

EXTERNE DATEN-EINGABE

Das Magnetband wird gestartet.

ENDE = NOENT

10 15 600

Alle auf dem Magnetband gespeicherten Programme werden angezeigt, jedoch noch nicht übertragen.

Soll die Betriebsart verlassen werden: ▶ NO ENT Betriebsart verlassen.

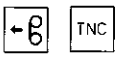
PROGRAMM EINSPEICHERN

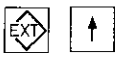
Die Steuerung befindet sich in der Betriebsart PROGRAMM EINSPEICHERN.

Externe Datenübertragung
Übertragung Band-TNC

Alle Programme eingeben

Betriebsart ..... 

Übertragung ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

ALLE PROGRAMME EINGEBEN ▶ 

Betriebsart übernehmen.

EXTERNE DATEN-EINGABE

Das Magnetband wird gestartet.

PROGRAMM EINSPEICHERN

0 BEGIN PGM 24 MM

1 . . .

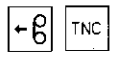
2 . . .

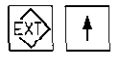
Alle auf dem Band gespeicherten Programme sind im Speicher der TNC. Das Programm mit der höchsten Programm-Nummer wird angezeigt.

Externe Datenübertragung
Übertragung Band-TNC

Angebotene Programme einlesen

Betriebsart ..... 

Übertragung ..... 

Dialog-Eröffnung ..... 

ANGEBOTENES PROGRAMM EINLESEN ▶ 

Betriebsart übernehmen.

EXTERNE DATEN-EINGABE

Das Magnetband wird gestartet.

EINGABE = ENT / UEBERLESEN = NO ENT

22

Soll das angebotene Programm übernommen werden: ▶ 

Programm übernehmen.

Soll das angebotene Programm **nicht** übernommen werden: ▶ 

Sprung zum nächsten Programm.

EINGABE = ENT / UEBERLESEN = NO ENT

24

Die Steuerung zeigt nacheinander alle Programme an, die auf dem Magnetband gespeichert sind. Nach der Anzeige des Programms mit der höchsten Nummer springt die Steuerung automatisch in die Betriebsart PROGRAMM EINSPEICHERN zurück.

Externe Datenübertragung
Übertragung Band-TNC

Angewähltes Programm einlesen

Betriebsart .....

Übertragung .....

Dialog-Eröffnung .....

ANGEWAEHLTES PROGRAMM EINLESEN ▶ ENT — Betriebsart übernehmen.

PROGRAMM-NUMMER = ▶ ☐ — Gewünschte Programm-Nummer eingeben.

ENT — Eingabe übernehmen.

EXTERNE DATEN-EINGABE

Das Magnetband wird gestartet.

PROGRAMM EINSPEICHERN

0 BEGIN PGM 24 MM

1 . . .

2 . . .

Das angewählte Programm ist im Speicher der TNC und wird angezeigt.

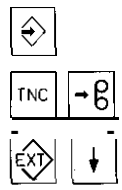
Externe Datentibertragung
Übertragung TNC-Band

Angewähltes Programm ausgeben

Betriebsart

Übertragung

Dialog-Eröffnung



ANGEWAEHLTES PROGRAMM AUSGEBEN ▶ ❑ Betriebsart übernehmen.

EXTERNE DATEN-AUSGABE

Das Magnetband wird gestartet

AUSGABE = ENT / ENDE = NO ENT

1 12 13

14 15 24

▶ ↓ ↑ ← → Cursor auf gewünschte Programm-Nummer setzen.

ENT Angewähltes Programm auf Band übertragen.

EXTERNE DATEN-AUSGABE

Das Magnetband wird gestartet.

AUSGABE = ENT / ENDE = NO ENT

1 12 13

14 15 24

Der Cursor steht auf der nächsten Programm-Nummer.

Soll die Betriebsart verlassen werden: ▶ NO ENT Betriebsart verlassen.

PROGRAMM EINSPEICHERN

Die Steuerung befindet sich in der Betriebsart PROGRAMM EINSPEICHERN.

Externe Datenübertragung
Übertragung TNC-Band

Alle Programme ausgeben

Betriebsart .....

Übertragung .....

Dialog-Eröffnung .....

ALLE PROGRAMME AUSGEBEN ▶ (ENT) Betriebsart übernehmen.

EXTERNE DATEN-AUSGABE

Das Magnetband wird gestartet und die Übertragung beginnt.

Nach erfolgter Daten-Übertragung befindet sich die Steuerung wieder in der Betriebsart PROGRAMM EINSPEICHERN.

Anmerkungen

Externe Datenübertragung
Blockweises Übertragen

Abarbeiten von externem Speicher

Über die serielle V.24-(RS-232-C)-Datenschnittstelle können in der Betriebsart "Blockweises Übertragen" Bearbeitungsprogramme von einem externen Speicher übertragen werden. Dadurch ist es möglich Bearbeitungsprogramme, die die Speicherkapazität der Steuerung überschreiten, abzuarbeiten.

Daten-schnittstelle

Die Datenschnittstelle ist über Maschinen-Parameter programmierbar. Eine genaue Beschreibung der Schnittstellen-Signale finden Sie in der "Anbauanleitung und Schnittstellen-Beschreibung TNC 155".

"Blockweises Übertragen" starten

Über die EXT Taste kann in den Betriebsarten Einzelsatz-/Satzfolge-Programmlauf und Testlauf die Datenübertragung von einem externen Speicher gestartet werden. Die Steuerung speichert die Programm-Sätze im verfügbaren Speicher ab und unterbricht die Datenübertragung bei Überschreiten der freien Speicherkapazität.

Der Bildschirm zeigt solange keine Programmsätze an, bis der verfügbare Speicher aufgefüllt ist oder das Programm vollständig übertragen wurde.

Der Programmlauf kann aber trotz fehlender Programmsatz-Anzeige mit der externen START Taste gestartet werden.

Im Betrieb mit externem Speicher werden meist kurze Positioniersätze abgearbeitet. Um den Programmlauf nach dem Start nicht unötig zu unterbrechen, sollte bereits eine größere Anzahl von Programmsätzen als Puffer gespeichert sein. Deshalb ist es vorteilhaft zu warten, bis der verfügbare Speicher aufgefüllt ist.

Nach dem Start werden die abgearbeiteten Sätze gelöscht und kontinuierlich weitere Sätze vom externen Speicher abgerufen.

Externe Datenübertragung
Blockweises Übertragen

Überlesen von Programmsätzen

Wird im Betrieb "Blockweises Übertragen" vor dem Start die Taste [GOTO □] gedrückt und eine Satz-Nummer eingegeben, werden alle Sätze bis zur eingegebenen Satz-Nummer überlesen.

Abbrechen der Bearbeitung

Das Abbrechen der Bearbeitung ist möglich:

- durch Drücken der externen Stop-Taste und internen STOP-Taste

Die Anzeige BLOCKWEISES UEBERTRAGEN bleibt auch nach dem Abbrechen der Bearbeitung erhalten. Die Anzeige erlischt, wenn

- eine neue Programm-Nummer aufgerufen

oder

- von Einzelsatz-/Satzfolge-Programmlauf auf eine andere Betriebsart gewechselt wird.

Programm-Aufbau

Im Betrieb "Blockweises Übertragen" gilt für den Programmaufbau:

- Programm-Aufrufe, Unterprogramm-Aufrufe, Programmteil-Wiederholungen und bedingte Programm-Sprünge können nicht abgearbeitet werden.
- es kann nur das zuletzt definierte Werkzeug aufgerufen werden.

Satz-Nummer

Das zu übertragende Programm kann Sätze enthalten, deren Satz-Nummern größer als 999 sind. Die Satz-Nummer muß nicht fortlaufend numeriert sein, und darf die Zahl 65 535 nicht überschreiten. 4-stellige Satz-Nummern werden am Bildschirm 2-zeilig angezeigt.

Externe Datenübertragung
Blockweises Übertragen

"Blockweises Übertragen" starten

Betriebsart .....

Dialog-Eröffnung .....

PROGRAMM-NUMMER

Gewünschte Programm-Nummer eingeben.

Eingabe übernehmen.

BLOCKWEISES UEBERTRAGEN

Warten bis der Bildschirm die ersten Programm-Sätze anzeigt.

Programm abarbeiten.

"Blockweises Übertragen" abbrechen

BLOCKWEISES UEBERTRAGEN

Der gestartete Programmlauf soll abgebrochen werden.

Programmlauf unterbrechen.

Programmlauf abbrechen.

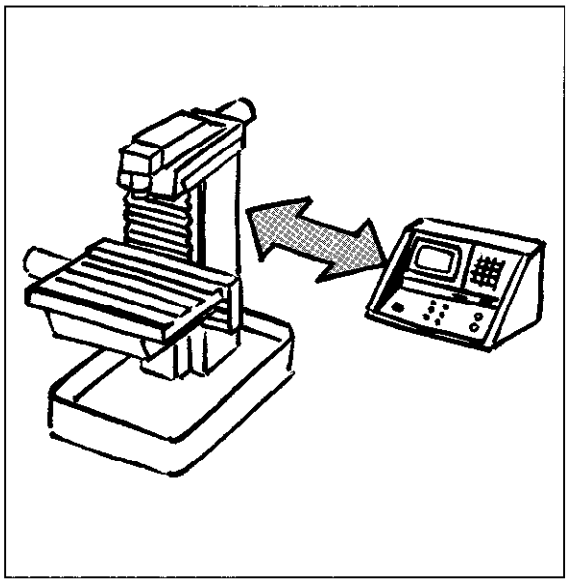
In der Betriebsart kann der gestartete Programmlauf durch Umschalten auf die Betriebsart ebenfalls abgebrochen werden.

Anmerkungen

Maschinen-Parameter

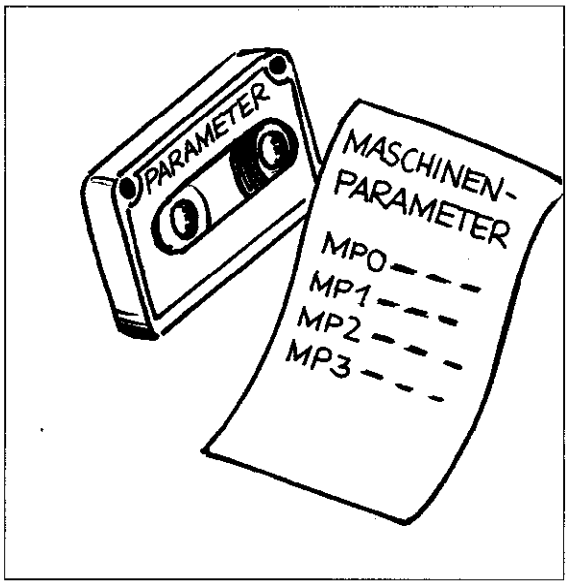
Maschinen-Parameter

Damit die Maschine die von der Steuerung kommenden Befehle auch richtig ausführen kann, muß die Steuerung spezifische Daten der Maschine kennen, z. B. Verfahrwege, Beschleunigungen usw. Diese Daten werden vom Maschinen-Hersteller über sogenannte Maschinen-Parameter in der Steuerung festgelegt.



Programmierung

Die Maschinen-Parameter müssen bei Erst-Inbetriebnahme in die Steuerung eingegeben werden. Dies kann über einen externen Datenträger (z. B. ME-Kassette mit gespeicherten Maschinen-Parameter) oder durch manuelles Eintippen erfolgen.
Nach einer **Netzspannungs-Unterbrechung mit leerer oder fehlender Puffer-Batterie** müssen die Maschinen-Parameter erneut eingegeben werden. Sie werden in diesem Fall von der Steuerung im Dialog angefordert.



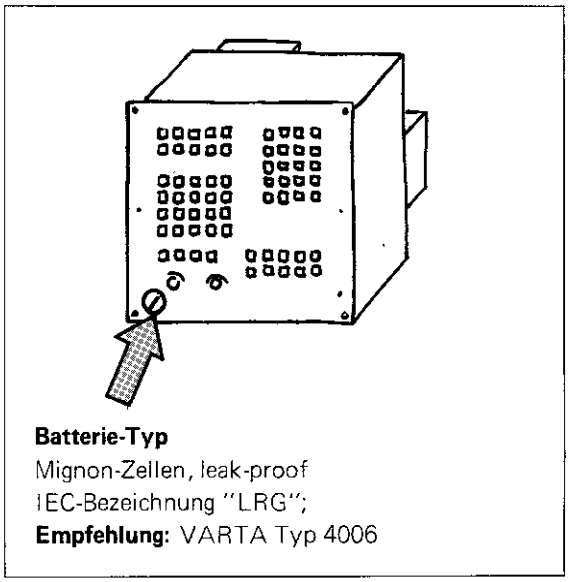
Anwender-Parameter

In der Betriebsart MOD kann auf bestimmte Maschinen-Parameter einfach zugegriffen werden, z. B. zum Umschalten von HEIDENHAIN-Klartext auf DIN/ISO. Die über die Betriebsart MOD zugänglichen Anwender-Parameter werden vom Werkzeugmaschinen-Hersteller festgelegt, der Ihnen nähere Informationen darüber erteilen kann.

Puffer-Batterie

Die Puffer-Batterie ist die Spannungsquelle für den Speicher mit den Maschinen-Parametern und für den Programmspeicher der Steuerung. Sie befindet sich hinter dem Schraub-Verschluß auf der Frontplatte der Steuerung.
Erscheint der Hinweis
= PUFFER-BATTERIE WECHSELN =
so sind die Batterien auszutauschen. (Die Puffer-Batterie hält mit dem Erscheinen des Hinweises den Speicherinhalt noch mindestens 1 Woche).

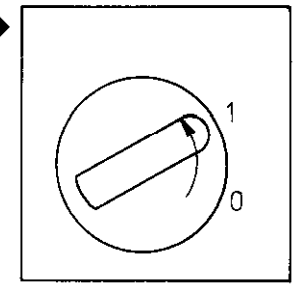
Der Austausch ist bei eingeschalteter Netzspannung vorzunehmen. Die Speicher der TNC werden dann über die Netzspannung mit Strom versorgt. Wird die Puffer-Batterie bei abgeschalteter Steuerung gewechselt, sind alle Datenspeicher der Steuerung leer; die Maschinen-Parameter müssen dann neu eingegeben werden!



Batterie-Typ
Mignon-Zellen, leak-proof
IEC-Bezeichnung "LRG";
Empfehlung: VARTA Typ 4006

Maschinen-Parameter

Eingabe über Magnetband



Versorgungsspannung einschalten.

SPEICHER-TEST

Die Steuerung überprüft die interne Steuerungselektronik. Anzeige wird automatisch gelöscht.

PUFFER-BATTERIE WECHSELN

Neue Puffer-Batterie einsetzen.

CE — Hinweis löschen.

BETRIEBSPARAMETER GELOESCHT

CE — Hinweis löschen.

MASCHINENPAR.-PROGRAMMIERUNG

MASCHINEN-PARAMETER MP 0 ?

MP 0: 0

Magnetband-Kassette mit Parametern einlegen.

← TNC — Betriebsart an der ME festlegen.

EXT — Externe Datenübertragung starten.

MASCHINENPAR.-PROGRAMMIERUNG

EXTERNE DATEN-EINGABE

MP 0: 0

Die Maschinen-Parameter werden automatisch programmiert.

Maschinen-Parameter

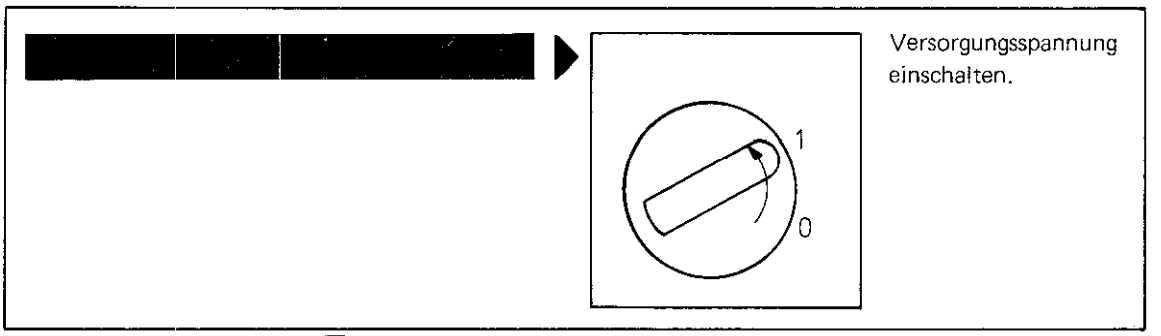
Sind alle Parameter eingegeben:

STROMUNTERBRECHUNG	CE	Hinweis löschen.
NC: PROGRAMM-SPEICHER GELOESCHT	CE	Hinweis löschen.
STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT	I	Steuerspannung einschalten.

Anschließend müssen die Referenzpunkte überfahren werden. Dann ist die Steuerung betriebsbereit.

Maschinen-Parameter

Eingabe von Hand



Versorgungsspannung einschalten.

SPEICHER-TEST

Die Steuerung überprüft die interne Steuerungselektronik. Anzeige wird automatisch gelöscht.

PUFFER-BATTERIE WECHSELN ▶ Neue Puffer-Batterie einsetzen.

▼ CE Hinweis löschen.

BETRIEBSPARAMETER GELOESCHT ▶ CE Hinweis löschen.

MASCHINENPAR.-PROGRAMMIERUNG

MASCHINEN-PARAMETER MP 0 ?

MP 0: 0 ▶ ☐ Maschinen-Parameter MP 0 nach Tabelle eingeben.

▼ ENT Eingabe übernehmen.

Die Bildschirmanzeige springt nach jedem eingegebenen Maschinen-Parameter zum nächstfolgenden. Nach jeder Parameter-Eingabe ist die ENT Taste zu drücken.

Sind alle Maschinen-Parameter eingegeben:

STROMUNTERBRECHUNG ▶ CE Hinweis löschen.

NC: PROGRAMM-SPEICHER GELOESCHT ▶ CE Hinweis löschen.

STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT ▶ I Steuerspannung einschalten.

Anschließend müssen die Referenzpunkte überfahren werden. Dann ist die Steuerung betriebsbereit.

Maschinen-Parameter

Maschinen-Parameter Nummer	Eingabe-Wert	Maschinen-Parameter Nummer	Eingabe-Wert	Maschinen-Parameter Nummer	Eingabe-Wert
MP 00					
MP 01		MP 41		MP 81	
MP 02		MP 42		MP 82	
MP 03		MP 43		MP 83	
MP 04		MP 44		MP 84	
MP 05		MP 45		MP 85	
MP 06		MP 46		MP 86	
MP 07		MP 47		MP 87	
MP 08		MP 48		MP 88	
MP 09		MP 49		MP 89	
MP 10		MP 50		MP 90	
MP 11		MP 51		MP 91	
MP 12		MP 52		MP 92	
MP 13		MP 53		MP 93	
MP 14		MP 54		MP 94	
MP 15		MP 55		MP 95	
MP 16		MP 56		MP 96	
MP 17		MP 57		MP 97	
MP 18		MP 58		MP 98	
MP 19		MP 59		MP 99	
MP 20		MP 60		MP 100	
MP 21		MP 61		MP 101	
MP 22		MP 62		MP 102	
MP 23		MP 63		MP 103	
MP 24		MP 64		MP 104	
MP 25		MP 65		MP 105	
MP 26		MP 66		MP 106	
MP 27		MP 67		MP 107	
MP 28		MP 68		MP 108	
MP 29		MP 69		MP 109	
MP 30		MP 70		MP 110	
MP 31		MP 71		MP 111	
MP 32		MP 72		MP 112	
MP 33		MP 73		MP 113	
MP 34		MP 74		MP 114	
MP 35		MP 75		MP 115	
MP 36		MP 76		MP 116	
MP 37		MP 77		MP 117	
MP 38		MP 78		MP 118	
MP 39		MP 79		MP 119	
MP 40		MP 80		MP 120	

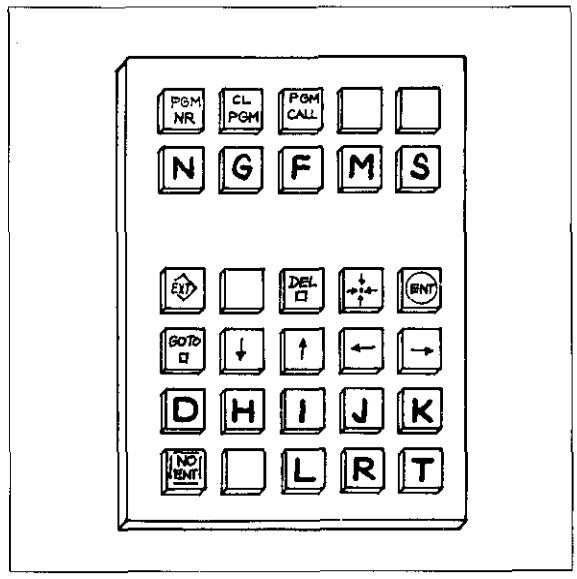
Maschinen-Parameter

Maschinen-Parameter Nummer	Eingabe-Wert	Maschinen-Parameter Nummer	Eingabe-Wert	Maschinen-Parameter Nummer	Eingabe-Wert
MP 121		MP 161		MP 201	
MP 122		MP 162		MP 202	
MP 123		MP 163		MP 203	
MP 124		MP 164		MP 204	
MP 125		MP 165		MP 205	
MP 126		MP 166		MP 206	
MP 127		MP 167		MP 207	
MP 128		MP 168		MP 208	
MP 129		MP 169		MP 209	
MP 130		MP 170		MP 210	
MP 131		MP 171		MP 211	
MP 132		MP 172		MP 212	
MP 133		MP 173		MP 213	
MP 134		MP 174		MP 214	
MP 135		MP 175		MP 215	
MP 136		MP 176		MP 216	
MP 137		MP 177		MP 217	
MP 138		MP 178		MP 218	
MP 139		MP 179		MP 219	
MP 140		MP 180		MP 220	
MP 141		MP 181		MP 221	
MP 142		MP 182		MP 222	
MP 143		MP 183		MP 223	
MP 144		MP 184		MP 224	
MP 145		MP 185			
MP 146		MP 186			
MP 147		MP 187			
MP 148		MP 188			
MP 149		MP 189			
MP 150		MP 190			
MP 151		MP 191			
MP 152		MP 192			
MP 153		MP 193			
MP 154		MP 194			
MP 155		MP 195			
MP 156		MP 196			
MP 157		MP 197			
MP 158		MP 198			
MP 159		MP 199			
MP 160		MP 200			

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Einführung

Vorsatz Tastatur

Bei der TNC 155 kann die Programm-Eingabe entweder nach dem HEIDENHAIN-Konzept mit Bedienerführung durch Klartext-Dialoge oder auch nach DIN 66025 bzw. ISO 6983 erfolgen.
Hierzu gibt es eine Vorsatz-Tastatur mit den entsprechenden Adress-Buchstaben der Norm-Sprache. Diese Vorsatz-Tastatur wird auf das Tastenfeld der Steuerung gesetzt und magnetisch gehalten.
Nach **Umschalten** von der HEIDENHAIN-Klartext-Dialogführung auf die Norm-Programmierung ist die Tastenbelegung der Vorsatz-Tastatur wirksam.



Programm-Eingabe

Die Programm-Eingabe nach DIN/ISO ist zum Teil dialoggeführt. Die Reihenfolge der Eingabe von Einzelbefehlen (Wörtern) innerhalb eines Satzes ist beliebig. Die Steuerung ordnet nach Beendigung des Satzes die programmierten Einzelbefehle automatisch. Fehler bei der Programm-Eingabe und bei der Abarbeitung des Programms zeigt die Steuerung im Klartext an.

Satzaufbau Positioniersätze

Positioniersätze können beinhalten:
- 8 **G-Funktionen** verschiedener Gruppen (s. G-Funktionen) und zusätzlich G90 oder G91 vor jeder Koordinate;
- 3 **Koordinaten** (aus X, Y, Z, IV) und zusätzlich zwei Kreismittelpunkt/Pol – Koordinaten (aus I, J, K);
- 1 **Vorschub** F (max. 5-stellig);
- 1 **Zusatz-Funktion** M;
- 1 **Spindeldrehzahl** S (max. 4-stellig);
- 1 **Werkzeug-Nummer** verschiedener Gruppen (s. G-Funktionen) (max. 3-stellig);

Satzaufbau Arbeitszyklus

Sätze mit Arbeitszyklen können beinhalten:
- alle **Einzel-Daten** für den Zyklus (Zyklus-Parameter P);
- 1 **Zusatz-Funktion** M;
- 1 **Spindeldrehzahl** S;
- 1 **Werkzeug-Nummer** verschiedener Gruppen (s. G-Funktionen) (Werkzeug-Aufruf);
- 1 **Positioniersatz**;
- 1 **Vorschub** F;
- **Zyklus-Aufruf;**

Fehlermeldungen

Fehler im Satzaufbau zeigt die Steuerung während der Satzeingabe an, z. B.
= G-GRUPPE MEHRFACH =
oder nach Beendigung der Satzeingabe, z. B.
= SATZAUFBAU FALSCH =

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Umschalten

Umschalten von HEIDENHAIN-Programmierung auf DIN/ISO

Das Umschalten von HEIDENHAIN-Programmierung auf DIN/ISO erfolgt über einen Maschinen-Parameter. Dieser Maschinen-Parameter kann über die MOD-Funktion "Anwender-Parameter" geändert werden. Die "Anwender-Parameter" sind vom Maschinen-Hersteller festgelegt, von dem Sie nähere Informationen erhalten.

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Umschalten der Steuerung

Betriebsart ..... [ ] beliebig

Dialog-Eröffnung ..... [MOD]

FREIE SAETZE: 1638 ▶ [MOD] [↑] MOD-Funktion "Anwender-Parameter anwählen.

▼

ANWENDER-PARAMETER ▶ [ENT]

▼

[↓] [↑] Gewünschten Anwender-Parameter anwählen.

▼

= Vom Maschinen-Hersteller festgelegter Dialog =

Programm-Eingabe im HEIDENHAIN-Dialog: ▶ [0]

Programm-Eingabe nach DIN/ISO: ▶ [1]

▼

[DEL □] Zusatz-Betriebsart verlassen.

▼

STROMUNTERBRECHUNG ▶ [CE] Hinweis löschen.

▼

STEUERSPANNUNG FUER RELAIS FEHLT ▶ (I) Steuerspannung einschalten.

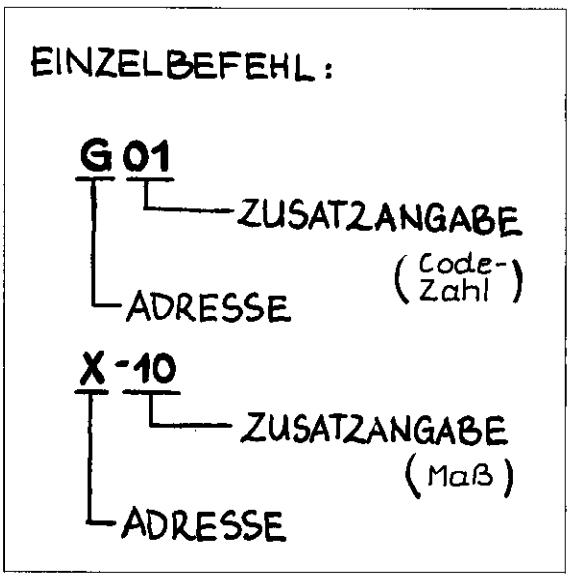
▼

Anschließend müssen die Referenzpunkte überfahren werden. Dann ist die Steuerung betriebsbereit.

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Bedienung der Steuerung

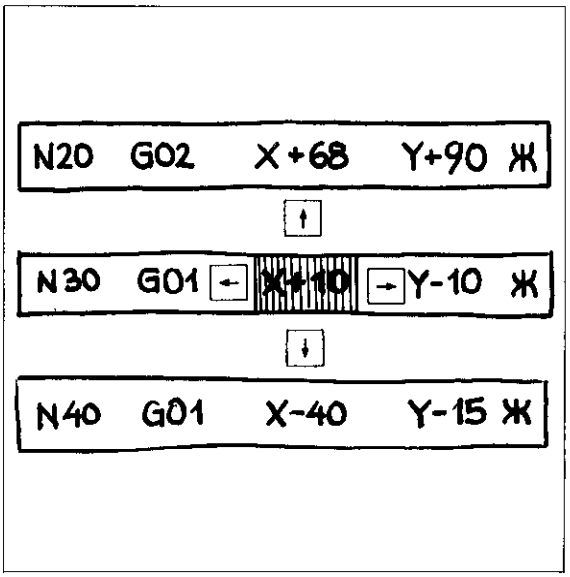
Eingabe von Einzelbefehlen

Einzelbefehle bestehen aus der **Adresse** und einer **Zusatzangabe**.
Für die Eingabe eines Einzelbefehls drückt man zuerst die Taste mit dem Adress-Buchstaben und anschließend gibt man mit der Zehner-Tastatur die Zusatzangaben ein.
Das Abschließen des Einzelbefehls geschieht mit der Taste des Adress-Buchstabens des nächstfolgenden Befehls.
Soll der Satz beendet werden, ist die [END □] Taste zu drücken.



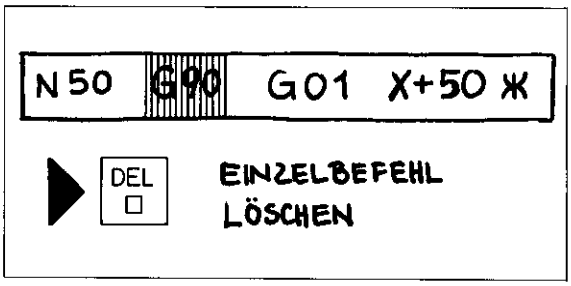
Korrekturen

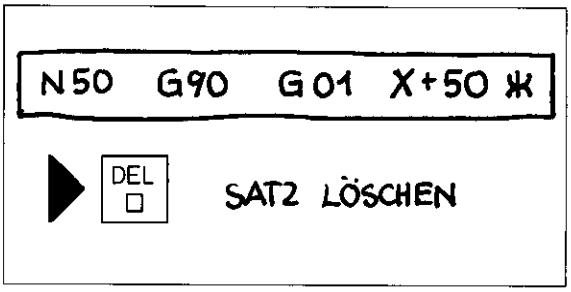
Programm-Korrekturen können sofort bei der Satzeingabe oder später nach der vollständigen Programm-Eingabe erfolgen. Hierzu sind die Tasten [GOTO □] [↓] [↑] [←] [→] vorgesehen (siehe "Editieren").
Steht das **Hellfeld** auf einem Einzelbefehl innerhalb eines Satzes, können mit den Tasten [↓] [↑] Such-Routinen gestartet werden.
Zur Beendigung von Korrekturen muß man das Hellfeld mit der Taste [←] über den Satzanfang oder mit der Taste [→] über das Satzende hinausbewegen.
Irrtümlich eingegebene **Zusatzangaben** werden mit der [CE] Taste gelöscht.



Mit Drücken der [CE] Taste erscheint eine Null im Hellfeld!
Die Null kann überschrieben werden.

Irrtümlich falsch eingegebene **Adress-Buchstaben** oder **ganze Einzelbefehle** werden mit der [DEL □] Taste gelöscht.





Das Hellfeld muß hierzu auf dem zu löschenden Einzelbefehl stehen!
Ist kein Hellfeld im aktuellen Satz sichtbar, wird mit [DEL □] der ganze Satz gelöscht!

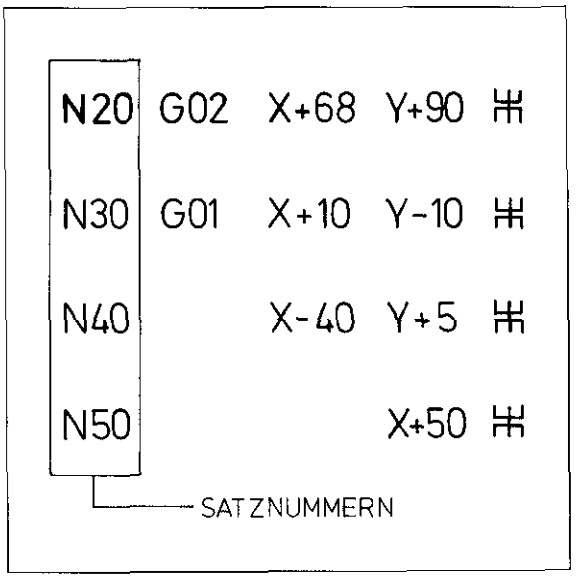
Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Programm-Verwaltung

Programm-Verwaltung

Die Steuerung kann bis zu **32 Programme** mit insgesamt **3100 Programm-Sätzen** speichern.
Die Eingabe eines neuen Programms bzw. der Aufruf eines bereits bestehenden Programms erfolgt über die [PGM NR] Taste (siehe "Programm-Aufruf").

Satznummer

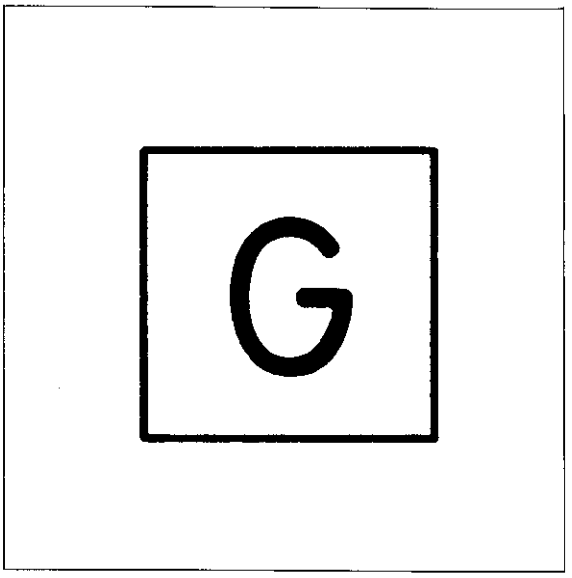
Die Satznummer besteht aus der **Adresse N** und der eigentlichen Satznummer.
Sie kann über die [N] Taste **manuell** eingegeben oder von der Steuerung **automatisch** gesetzt werden.
Der Abstand zwischen den einzelnen Satznummern wird mit der MOD-Funktion "Satznummer-Schritt" festgelegt.
Die Steuerung arbeitet das Programm in der Reihenfolge der Satz-Eingabe ab. Die Satznummer selbst hat keinen Einfluß auf die Reihenfolge der Abarbeitung.
Bei **Programm-Korrekturen** können also Sätze mit beliebiger Satznummer zwischen zwei bestehende Programmsätze eingefügt werden.



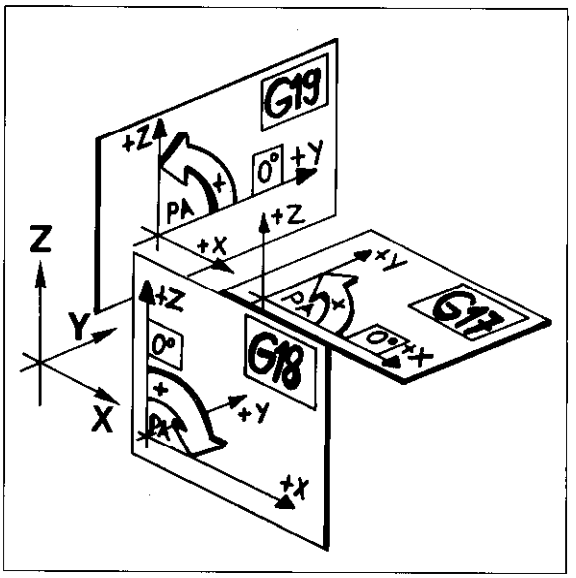
Programm-Eingabe nach DIN/ISO
G-Funktionen

Einteilung

Die G-Funktionen stellen hauptsächlich Wegbedingungen für das Werkzeug dar. Sie haben die **Adresse G** und eine zweistellige Code-Zahl.
Die G-Funktionen sind in folgende Gruppen unterteilt:



- **G-Funktionen für Positioniervorgänge**
  Zielpunkt in kartesischen Koordinaten
  G00 – G07
  Zielpunkt in Polarkoordinaten
  G10 – G15
- **G-Funktionen für Zyklen**
  Bearbeitungszyklen:
  Bohrzyklen G83 – G84
  Fräszyklen G74 – G78
  Zyklen für Koordinaten-Umrechnungen
  Zyklen G28/G54/G72/G73
  Zyklus Verweilzeit G04
  Frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)
  G39
- **G-Funktionen für die Auswahl der Bearbeitungsebene**
  G17 Ebenenauswahl XY, Werkzeug-Achse Z, Winkelbezugsachse X
  G18 Ebenenauswahl ZX, Werkzeug-Achse Y, Winkelbezugsachse Z
  G19 Ebenenauswahl YZ, Werkzeug-Achse X, Winkelbezugsachse Y



- **G-Funktionen für das Fasen und Runden von Ecken bzw. für das tangentiale Anfahren der Kontur**
  G24 – G27
- **G-Funktionen für die Bahnkorrektur**
  G40 – G44
- **Übrige G-Funktionen**
  G29 Übernahme des letzten Positions-Sollwertes als Pol
  G30 Rohlings-Definition für Grafik, Min.-Punkt
  G31 Rohlings-Definition für Grafik, Max.-Punkt
  G50 Lösch- und Editierschutz (zu Programm-Beginn)
  G70 Maßangaben in Inch (zu Programm-Beginn)
  G71 Maßangaben in Millimeter (zu Programm-Beginn)
  G79 Zyklus-Aufruf
  G90 Absolute Maßangaben
  G91 Inkrementale Maßangaben
  G98 Setzen einer Label-Nummer
  G99 Werkzeug-Definition

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
G-Funktionen

Eingabe von G-Funktionen

Es können immer nur G-Funktionen verschiedener Gruppen innerhalb eines Programmsatzes stehen, z. B.

N101 G01 G90 . . . G41

Mehrere G-Funktionen einer Gruppe würden sich widersprechen, z. B.

N105 G02 G03 . . .

Die Steuerung zeigt dies bei der Programm-Eingabe mit der Fehlermeldung
= G-GRUPPE MEHRFACH =

Wird zur Adresse G eine der Steuerung unbekannte Code-Zahl zugeordnet, so erscheint die Fehlermeldung
= UNBEKANNTE G-FUNKTION =

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Maßangaben Inch/mm
Lösch- und Editierschutz

Maßangaben in Inch/mm G70/G71

G70 Maßangaben in Inch (dialoggeführt)
G71 Maßangaben in mm (dialoggeführt)

Nach der Dialog-Eröffnung mit der Taste [PGM NR] und Beantwortung der Dialogfrage:

PROGRAMM-NUMMER

erscheint die Dialogfrage:

MM = G71 / INCH = G70

Dialogfrage durch Eingabe von G71 oder G70 beantworten.

Satzaufbau Beispiel

% 2 G71
% Programm-Beginn
2 Programm-Nummer
G71 Maßangaben in mm

Lösch- und Editierschutz G50

Wird bei einem vollständig eingegebenen Programm bei dem ersten Programmsatz (z. B. % 2 G71) mit den Tasten [←] [→] die Dialogfrage:

PGM-SCHUTZ ?

angewählt, kann das Programm durch Eingabe von G50 gegen Löschen und Editieren geschützt werden.

Satzaufbau Beispiel

% 2 G71 G50
% Programm-Beginn
2 Programm-Nummer
G71 Maßangaben in mm
G50 Lösch- und Editierschutz

Aufheben des Lösch- und Editierschutzes durch Eingabe der Schlüsselzahl 86 357

Erklärung siehe Lösch- und Editierschutz.

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Werkzeug-Definition und -Aufruf

Werkzeug-Definition G99

G99 Werkzeug-Definition (dialoggeführt)

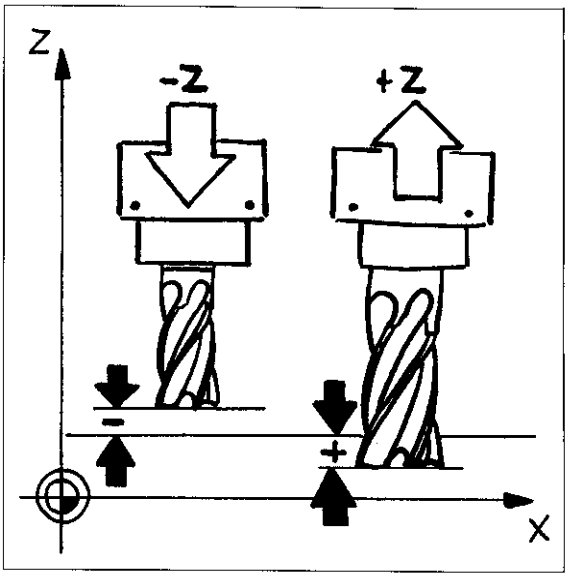
Satzaufbau Beispiel

G99 T1 L + 0 R + 20

G99	Werkzeug-Definition
T...	Werkzeug-Nummer
L...	Werkzeug-Längenkorrekturwert
R...	Werkzeug-Radiuskorrekturwert

Erklärung siehe Werkzeug-Definition.

Die Werkzeug-Definition belegt einen Programmsatz!



Werkzeug-Aufruf T

T Werkzeug-Aufruf

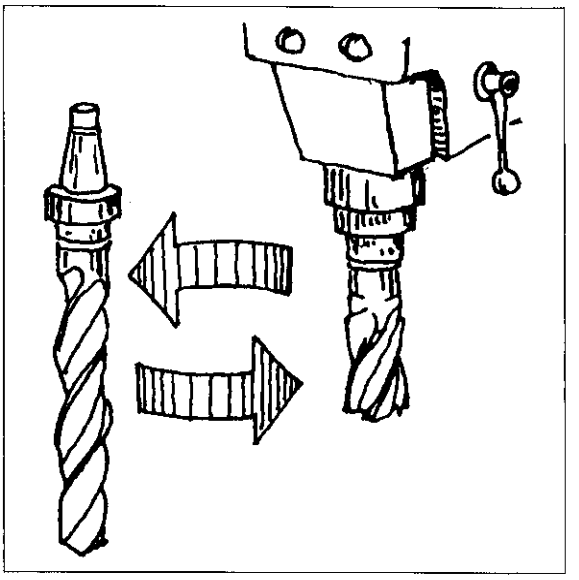
Zusätzlich zum Werkzeug-Aufruf muß die Bearbeitungsebene (17/G18/G19) und die Spindeldrehzahl S festgelegt werden.

Satzaufbau Beispiel

T1 G17 S1000

T...	Werkzeug-Aufruf und Werkzeug-Nummer
G17	Ebenenauswahl XY, Werkzeugachse Z
S...	Spindeldrehzahl

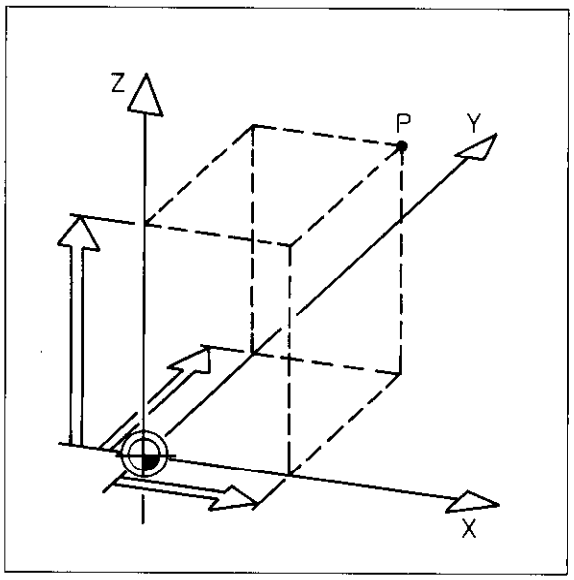
Erklärung siehe Werkzeug-Aufruf.



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Maßangaben

Kartesische Koordinaten

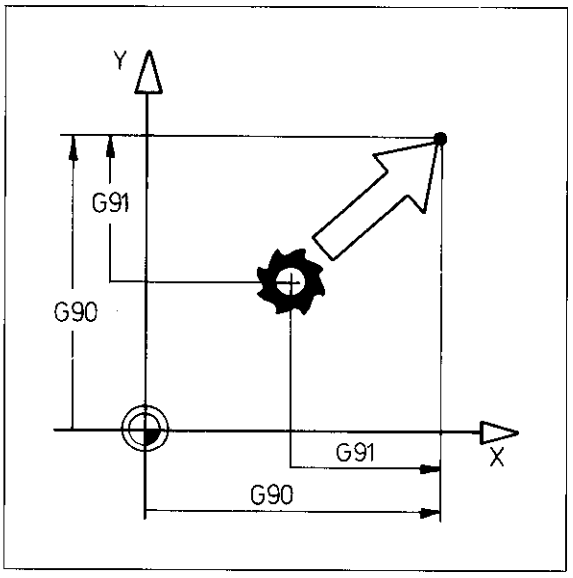
Kartesische Koordinaten werden über die Tasten [X] [Y] [Z] [IV] programmiert. Es können bei der Geraden-Interpolation maximal 3 Zielpunkt-Koordinaten angegeben werden, bei der Kreis-Interpolation maximal 2 Zielpunkt-Koordinaten.



Inkremental-, Absolutmaß

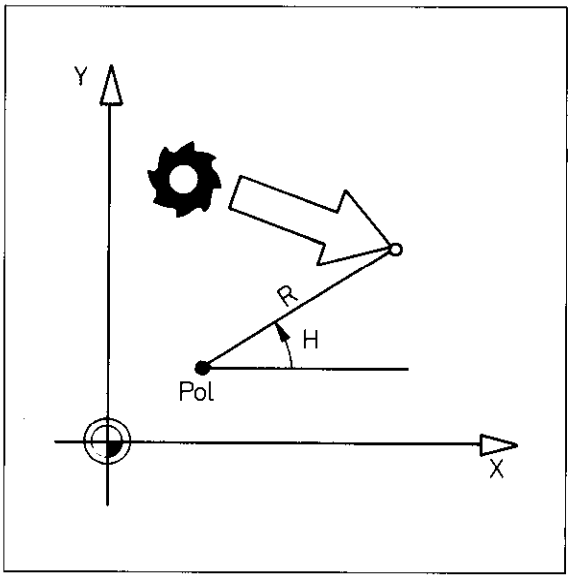
Die G-Funktionen G90 – Absolutmaß und G91 – Inkrementalmaß sind **modal** wirksam, d.h. sie gelten solange bis sie von der jeweils anderen G-Funktion (G91 oder G90) wieder aufgehoben werden.
Zur Angabe von **Koordinaten im Absolutmaß** muß vor der betreffenden Koordinate die G-Funktion **G90 – Absolutmaß** eingegeben werden bzw. wirksam sein.
Zur Angabe von **Koordinaten im Inkrementalmaß** muß vor der betreffenden Koordinate die G-Funktion **G91 – Inkrementalmaß** eingegeben werden bzw. wirksam sein.

Zu Beginn des Arbeitsprogramms muß vor der ersten Koordinaten-Angabe G90 oder G91 programmiert werden. Wurde dies versäumt, so erscheint die Fehlermeldung
= UNDEFINIERTER PROGRAMMSTART =



Polarkoordinaten

Polarkoordinaten werden über die Tasten [H] (Polarkoordinaten-Winkel H) und [R] (Polarkoordinaten-Radius R) programmiert.
Vor Eingabe der Polarkoordinaten ist der Pol festzulegen.



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Maßangaben

Pol/Kreismittelpunkt

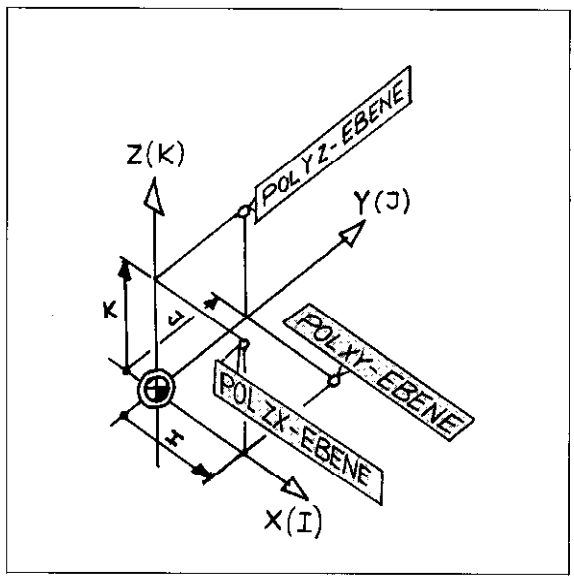
Der Pol/Kreismittelpunkt wird grundsätzlich über zwei kartesische Koordinaten definiert. Die Achsbezeichnungen dieser Koordinaten lauten

- für die X-Achse: I
- für die Y-Achse: J
- für die Z-Achse: K

Der Pol/Kreismittelpunkt muß in der jeweiligen Bearbeitungsebene liegen:

Bearbeitungsebene	Koordinaten des Pols/ Kreismittelpunkts
X, Y-Ebene	I, J
Y, Z-Ebene	J, K
Z, Y-Ebene	K, I

Die Eingabe der Koordinaten erfolgt über die Tasten [I] [J] [K].



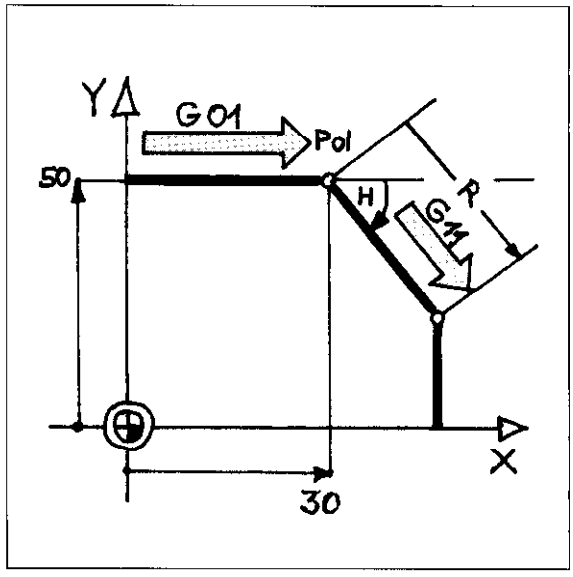
Pol-Definition G29

Soll der letzte Positions-Sollwert als Pol übernommen werden, so genügt die Eingabe der Funktion G29.

Beispiel:

N30 G01 G90 X + 30 Y + 50

N40 G29 G11 R + 50 H – 45



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Geraden-Interpolation

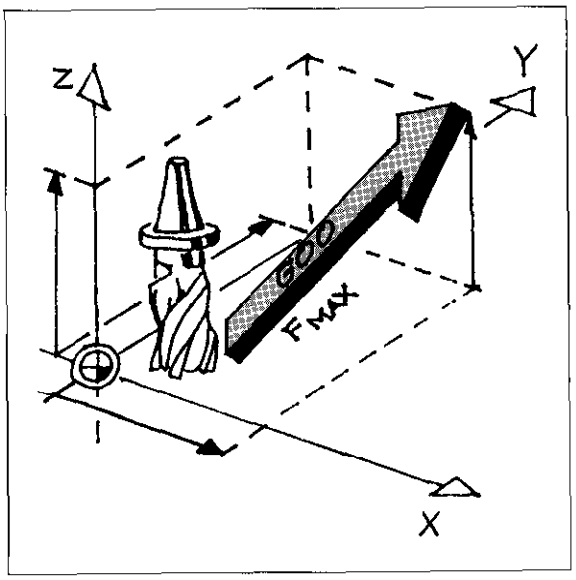
Zielpunkt in kartesischen Koordinaten

G00 Geraden-Interpolation, kartesisch, **im Eilgang.**

Satzaufbau Beispiel:

G00 G90 X +80 Y +50 Z +10

G00	Geraden-Interpolation, kartesisch, im Eilgang
G90	Absolutmaßangabe
X...	X-Koordinate des Zielpunkts
Y...	Y-Koordinate des Zielpunkts
Z...	Z-Koordinate des Zielpunkts

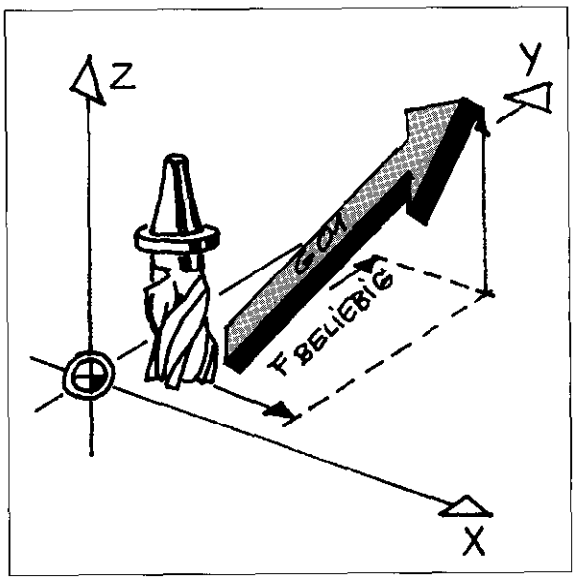


G01 Geraden-Interpolation, kartesisch.

Satzaufbau Beispiel:

G01 G91 X +80 Y +50 Z +10 F150

G01	Geraden-Interpolation, kartesisch,
G91	Inkrementalmaßangabe
X...	X-Koordinate des Zielpunkts
Y...	Y-Koordinate des Zielpunkts
Z...	Z-Koordinate des Zielpunkts
F...	Vorschub



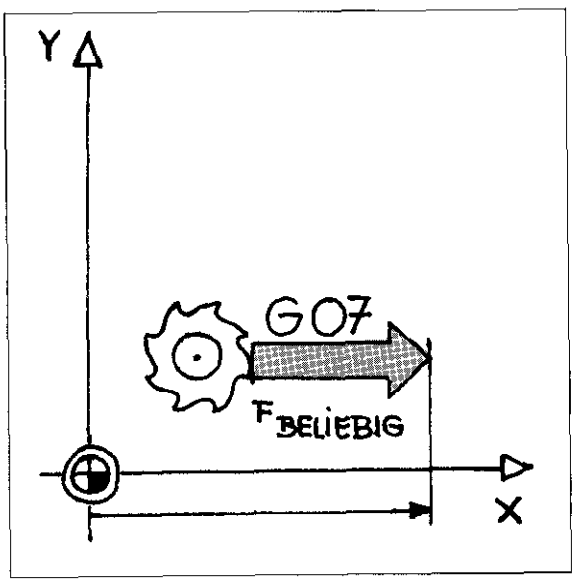
Achsparallele Positionierung

G07 Verfahren auf einer achsparallelen Geraden.

Satzaufbau Beispiel:

G07 G90 X +40 F190

G07	Achsparalleler Positionier-Satz
G90	Absolutmaßangabe
X...	Koordinate des Zielpunkts
F...	Vorschub



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Geraden-Interpolation

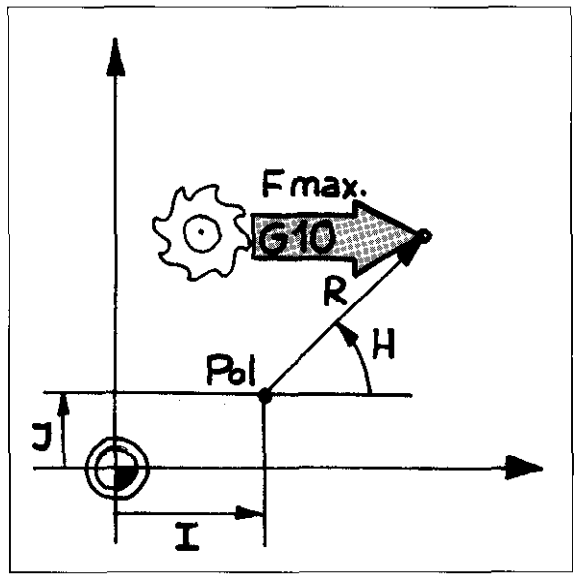
Zielpunkt in Polarkoordinaten

G10 Geraden-Interpolation, polar, **im Eilgang.**

Satzaufbau Beispiel:

G90 I +20 J +10 G10 R +30 H +45

G90	Absolutmaßangabe
I...	X-Koordinate des Pols
J...	Y-Koordinate des Pols
G10	Geraden-Interpolation, polar, im Eilgang
R...	Polarkoordinaten-Radius zum Zielpunkt
H...	Polarkoordinaten-Winkel zum Zielpunkt

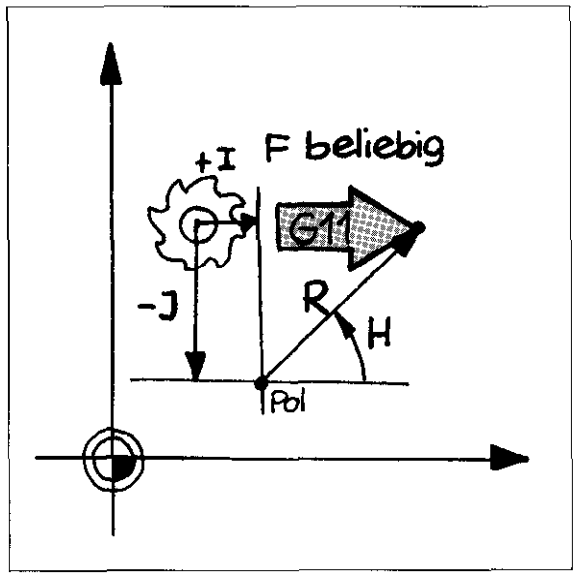


G11 Geraden-Interpolation, polar.

Satzaufbau Beispiel:

G91 I +10 J – 20 G11 G90 R +40 H +40 F150

G91	Inkrementalmaßangabe
I...	X-Koordinate des Pols
J...	Y-Koordinate des Pols
G11	Geraden-Interpolation, polar
G90	Absolutmaßangabe
R...	Polarkoordinaten-Radius zum Zielpunkt
H...	Polarkoordinaten-Winkel zum Zielpunkt
F...	Vorschub



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Kreis-Interpolation

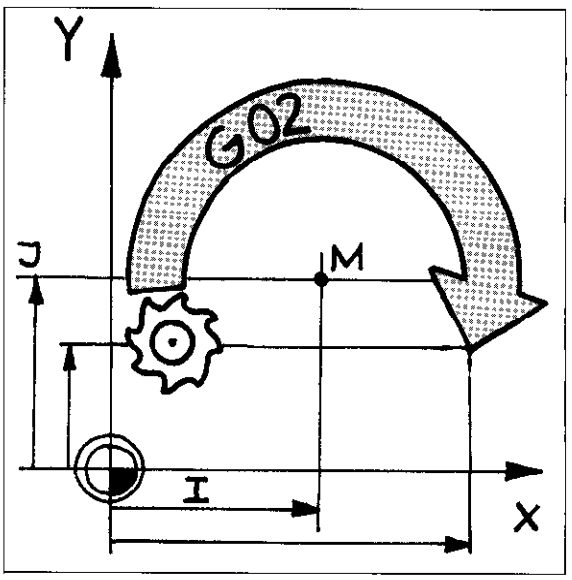
Zielpunkt in kartesischen Koordinaten

G02 Kreis-Interpolation, kartesisch, im **Uhrzeigersinn.**

Satzaufbau Beispiel:

G90 I +30 J +30 G02 X +69 Y +23 F150

G90	Absolutmaßangabe
I...	X-Koordinate des Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Kreismittelpunkts
G02	Kreis-Interpolation, kartesisch, im Uhrzeigersinn
X...	X-Koordinate des Zielpunkts
Y...	Y-Koordinate des Zielpunkts
F...	Vorschub

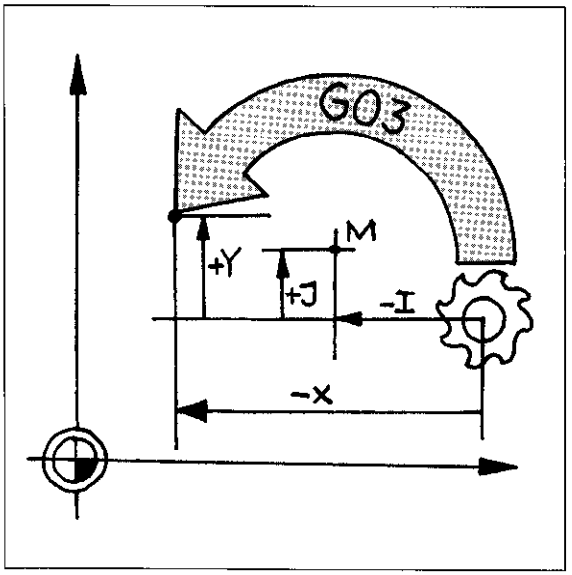


G03 Kreis-Interpolation, kartesisch, im **Gegenuhrzeigersinn.**

Satzaufbau Beispiel:

G91 I +20 J +5 G03 X – 45 Y +15 F150

G91	Inkrementalmaßangabe
I...	X-Koordinate des Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Kreismittelpunkts
G03	Kreis-Interpolation, kartesisch, im Gegenuhrzeigersinn
X...	X-Koordinate des Zielpunkts
Y...	Y-Koordinate des Zielpunkts
F...	Vorschub



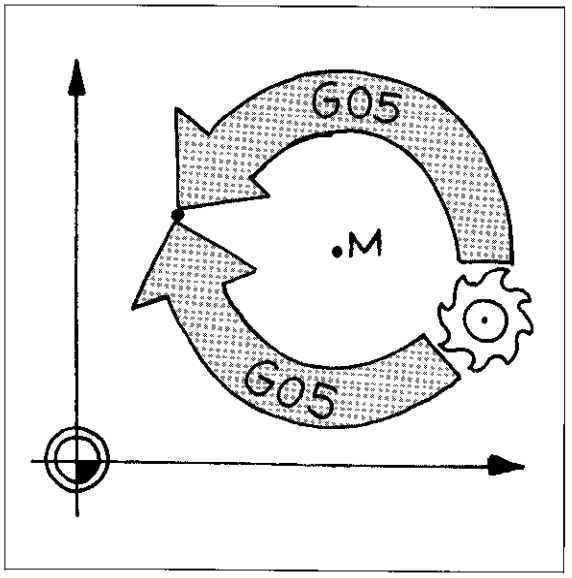
G05 Kreis-Interpolation, kartesisch, **ohne Drehrichtungsangabe.**

Satzaufbau Beispiel:

G90 I +22 J +20 G05 X +5 Y +30 F150

G90	Absolutmaßangabe
I...	X-Koordinate des Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Kreismittelpunkts
G05	Kreis-Interpolation, kartesisch, ohne Drehrichtungsangabe
X...	X-Koordinate des Zielpunkts
Y...	Y-Koordinate des Zielpunkts
F...	Vorschub

Vor der Kreis-Interpolation mit G05/G15 muß bereits eine Kreis-Interpolation mit Drehrichtungsangabe abgearbeitet sein, sonst Hinweis = UNDEFINIERTER PROGRAMMSTART =



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Kreis-Interpolation

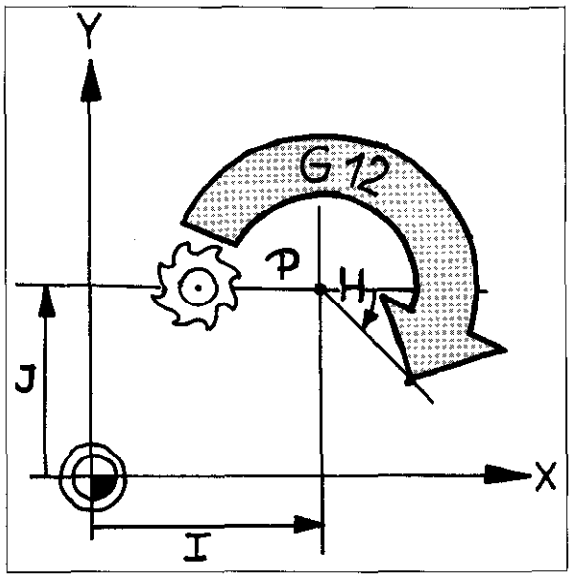
Zielpunkt in Polarkoordinaten

G12 Kreis-Interpolation, polar, im **Uhrzeigersinn.**

Satzaufbau Beispiel:

G90 I +50 J +40 G12 H – 45 F150

G90	Absolutmaßangabe
I...	X-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
G12	Kreis-Interpolation, polar, im Uhrzeigersinn
H...	Polarkoordinaten-Winkel zum Zielpunkt
F...	Vorschub

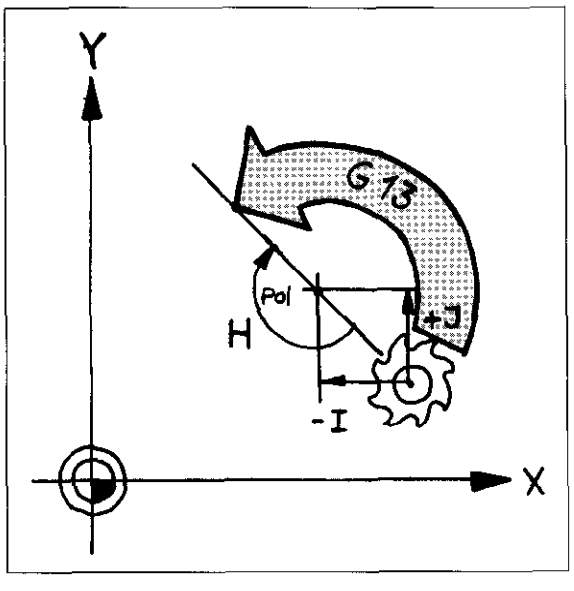


G13 Kreis-Interpolation, polar, im **Gegenuhrzeigersinn.**

Satzaufbau Beispiel:

G91 I – 10 J +10 G13 H – 180 F150

G91	Inkrementalmaßangabe
I...	X-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
G13	Kreis-Interpolation, polar, im Gegenuhrzeigersinn
H...	Polarkoordinaten-Winkel zum Zielpunkt
F...	Vorschub

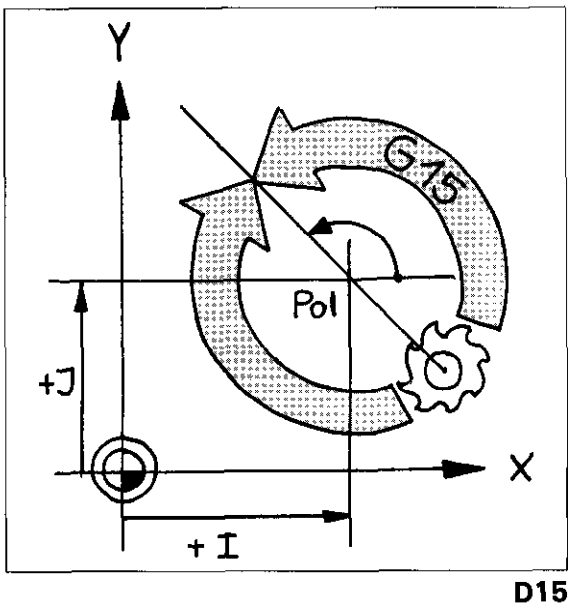


G15 Kreis-Interpolation, polar, **ohne Drehrichtungsangabe**
(siehe auch Funktion G05).

Satzaufbau Beispiel:

G90 I +50 J +40 G15 H +120 F150

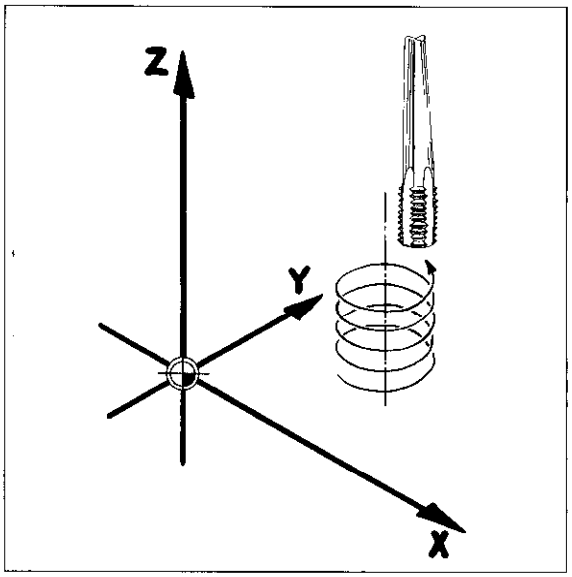
G90	Absolutmaßangabe
I...	X-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
G15	Kreis-Interpolation, polar, ohne Drehrichtungsangabe
H...	Polarkoordinaten-Winkel zum Zielpunkt
F...	Vorschub



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Schraubenlinien-Interpolation
Kreis-Interpolation

Schraubenlinien-Interpolation

Die Schraubenlinien-Interpolation ist eine Kreis-Interpolation in der Bearbeitungsebene, der eine Linear-Bewegung der Werkzeugachse überlagert ist. Weitere Erklärungen siehe "Schraubenlinien-Interpolation".



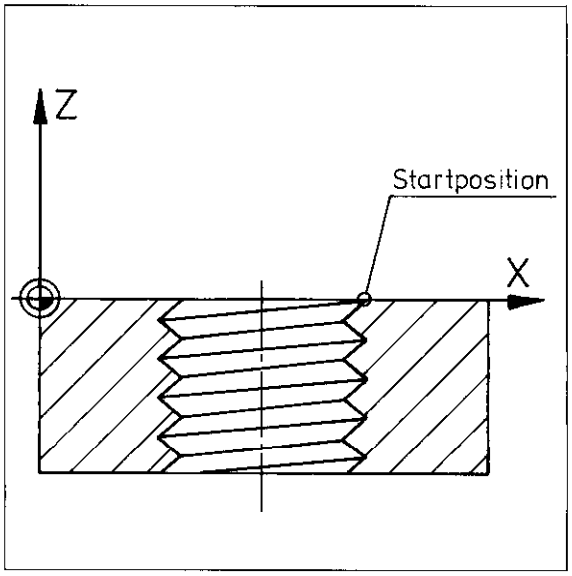
G12...Z Schraubenlinien-Interpolation im **Uhrzeigersinn.**

G13...Z Schraubenlinien-Interpolation im **Gegenuhrzeigersinn.**

Satzaufbau Beispiel:

G90 I +15 J +45 G12 G91 H +1080 Z – 5

G90	Absolutmaßangabe
I...	X-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
J...	Y-Koordinate des Pols/Kreismittelpunkts
G12	Kreis-Interpolation, polar, im Uhrzeigersinn
G91	Inkrementalmaßangabe
H...	Polarkoordinaten-Winkel = Drehwinkel
Z...	Höhenkoordinate der Schraubenlinie



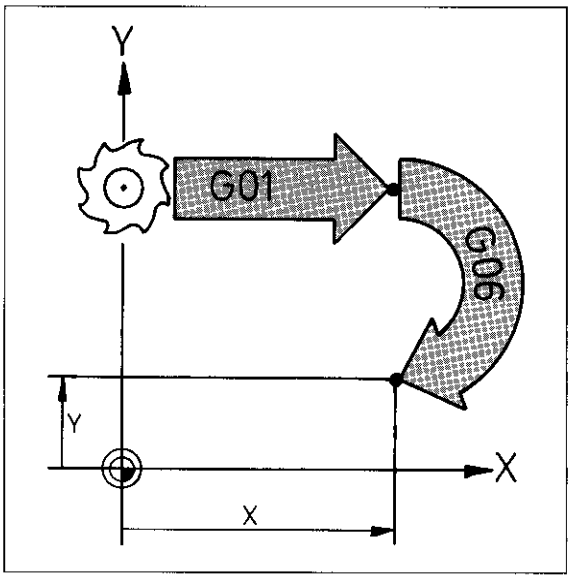
Anschluß-Kreis

G06 Kreis-Interpolation, kartesisch, Kreis schließt tangential an vorhergehendes Konturstück an. Ein Kreismittelpunkt braucht nicht eingegeben zu werden.

Satzaufbau Beispiel:

G06 G90 X +50 Y +10

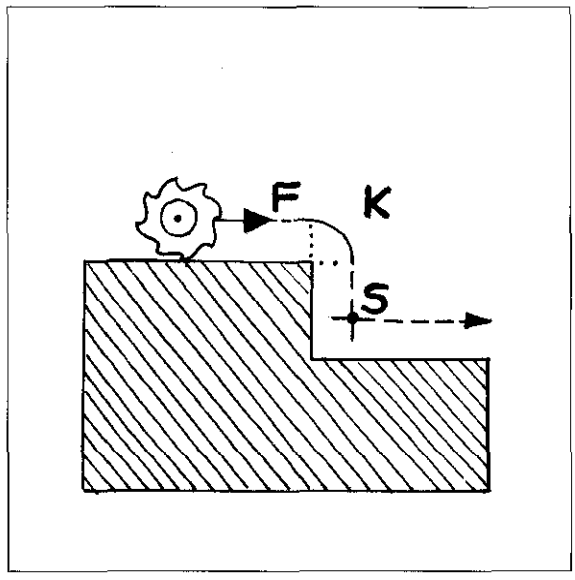
G06	Kreis-Interpolation, kartesisch, tangentialer Kontur-Anschluß
G90	Absolutmaß
X...	X-Koordinate des Zielpunkts
Y...	Y-Koordinate des Zielpunkts



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Bahnkorrektur

Korrigierte Werkzeugbahn

Bahnkorrektur heißt, das Werkzeug fährt im Abstand des **Werkzeug-Radius** links oder rechts von der programmierten Kontur, so daß die programmierte Kontur auch tatsächlich entsteht.
Bei **Außenecken** wird automatisch ein **Übergangskreis K** in die Werkzeugbahn eingefügt.
Bei **Innenecken** ermittelt die Steuerung automatisch einen **Bahnschnittpunkt S**, um Hinterschneidungen zu vermeiden.

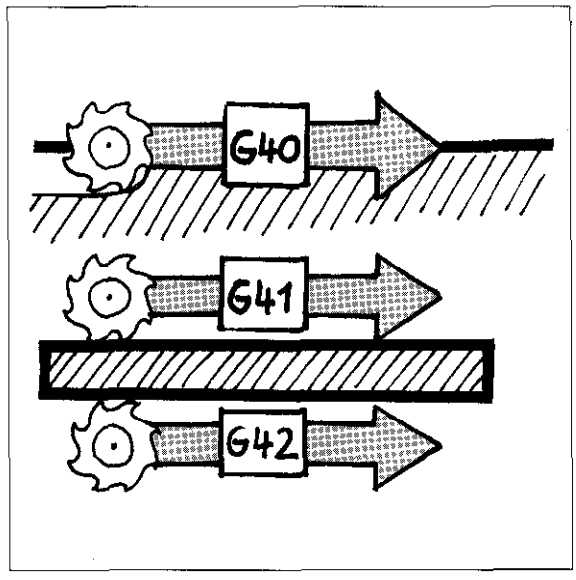


Bahnkorrektur

Die **Bahnkorrektur** wird über G-Funktionen eingegeben. Diese G-Funktionen sind **modal wirksam**, d. h. sie gelten solange bis sie durch eine andere G-Funktion wieder aufgehoben werden.

Die Bahnkorrektur kann in jedem **Positioniersatz** eingegeben werden.

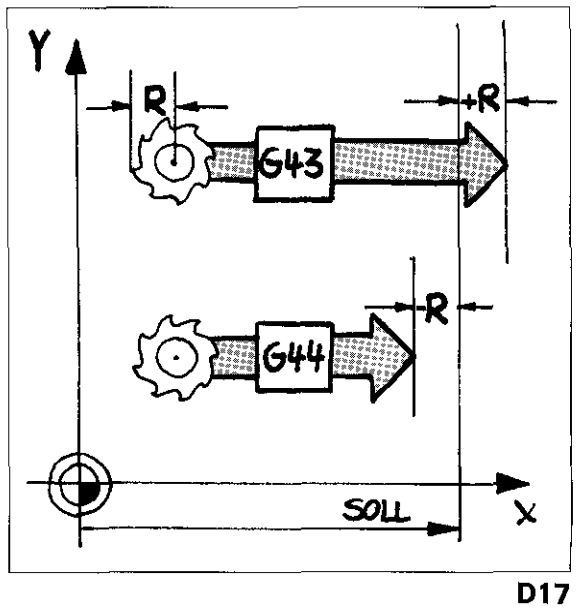
G40 Das Werkzeug fährt genau **auf** der programmierten Kontur. (Beenden der Bahnkorrektur G41/G42/G43/G44)
G41 Das Werkzeug fährt auf einer Bahn **links** von der Kontur.
G42 Das Werkzeug fährt auf einer Bahn **rechts** von der programmierten Kontur.



Radiuskorrektur bei achsparallelen Positioniersätzen

Bei achsparallelen Positioniersätzen kann der Werkzeugweg um den Werkzeug-Radius verkürzt oder verlängert werden.

G43 Verlängerung des Werkzeugwegs
G44 Verkürzung des Werkzeugwegs



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Fasen/Ecken-Runden

Fasen

G24 Fasen

Programm-Struktur

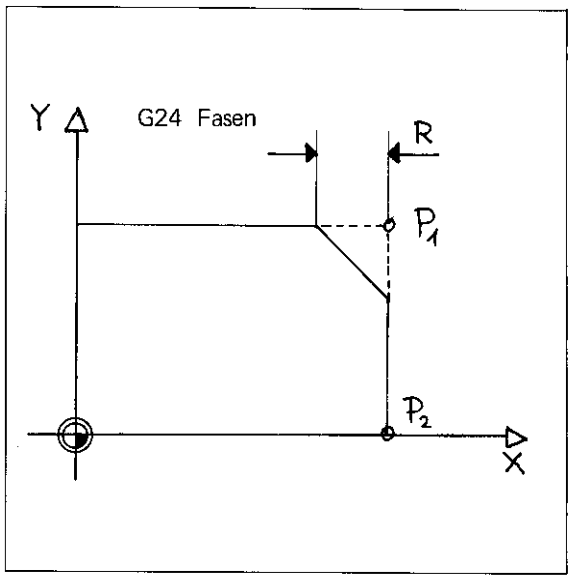
N25 G01 X... Y... (Punkt P1)

N26 G24 R ... (Fase)

N27 G01 X... Y... (Punkt P2)

Die Funktion G24 kann auch im Positioniersatz mit der anzufasenden Ecke programmiert werden.

Erklärung siehe Fasen.



Ecken-Runden

G25 Ecken-Runden

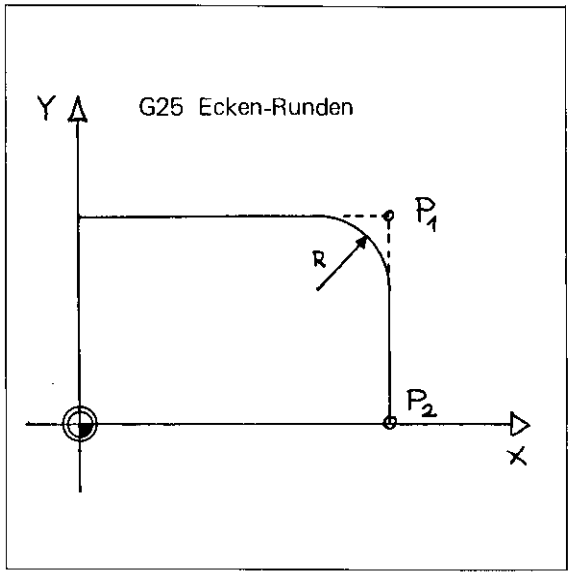
Programm-Struktur

N15 G01 X... Y... (Punkt P1)

N16 G25 R... (Rundung)

N17 G01 X... Y... (Punkt P2)

Die Funktion G25 kann auch im Positioniersatz mit der abzurundenden Ecke P1 programmiert werden.
Erklärung siehe Ecken-Runden.



Vor und nach dem Ecken-Runden/Fasen muß ein Positioniersatz mit beiden Koordinaten der Bearbeitungsebene programmiert sein.

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Tangentiales Anfahren und Verlassen der Kontur

Tangentiales Anfahren

G26 Anfahren der Kontur auf einer Kreisbahn, die tangential in das erste zu fertigende Konturelement übergeht (dialoggeführt).

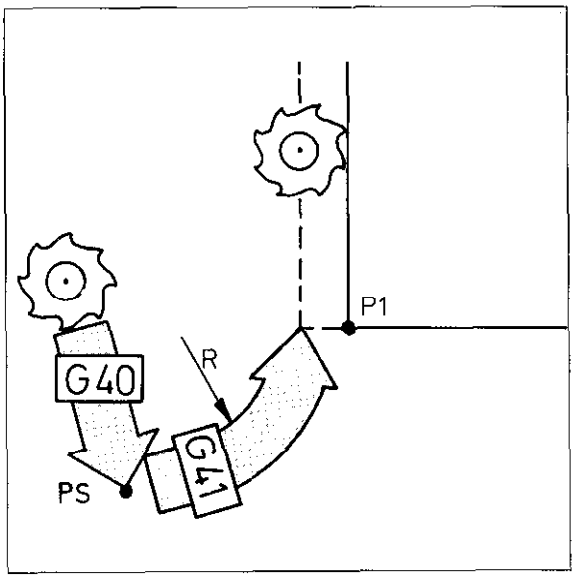
Programm-Struktur

N25 G40 G01 X... Y... (Punkt PS)

N26 G41 G01 X... Y... (Punkt P1)

N27 G26 R... (Kreisbahn)

Die Funktion G26 kann auch im Positioniersatz zum ersten Konturpunkt P1 programmiert werden.
Erklärung siehe Anfahren der Kontur auf einem Kreis.



Tangentiales Verlassen

G27 Verlassen der Kontur auf einer Kreisbahn, die tangential an das letzte gefertigte Konturelement anschließt (dialoggeführt).

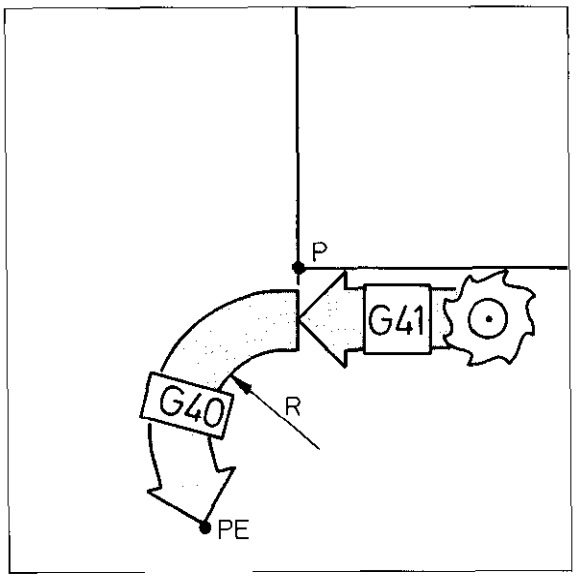
Programm-Struktur

N35 G41 G01 X... Y... (Punkt P)

N36 G27 R... (Kreisbahn)

N37 G40 G01 X... Y... (Punkt PE)

Die Funktion G27 kann auch im Positioniersatz zum letzen Konturpunkt P programmiert werden.
Erklärung siehe Verlassen der Kontur auf einem Kreis.



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Zyklen
Bearbeitungszyklen

Einteilung

Die Zyklen teilen sich auf in
- **Bearbeitungszyklen** (mit diesen Zyklen wird das Werkstück bearbeitet).
- **Koordinaten-Umrechnungen** (Koordinaten-Transformationen; mit diesen Zyklen wird das Koordinatensystem verändert).
- **Verweilzeit**
- **frei programmierbarer Zyklus**

Die **Bearbeitungszyklen** werden über die G-Funktionen definiert und müssen nach der Definition mit G79 – Zyklus-Aufruf – oder M99 Zyklus-Aufruf bzw. M89 Zyklus-Aufruf modal – gesondert aufgerufen werden. Dies gilt auch für den frei programmierbaren Zyklus.

Koordinaten-Umrechnungen (Koordinaten-Transformationen) sind nach der Definition über die G-Funktion sofort wirksam und benötigen keinen Aufruf. Dies gilt auch für den Zyklus Verweilzeit.

Programmierbare **Bearbeitungszyklen** (mit Dialogführung):

G83	Tiefbohren
G84	Gewindebohren
G74	Nutenfräsen
G75	Rechtecktasche-Fräsen im Uhrzeigersinn
G76	Rechtecktasche-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn
G77	Kreistasche-Fräsen im Uhrzeigersinn
G78	Kreistasche-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn

Programmierbare **Koordinaten-Umrechnungen** (teilweise Dialogführung):

G28	Spiegeln
G54	Nullpunkt-Verschiebung
G72	Maßfaktor
G73	Drehung des Koordinatensystems

Weitere Zyklen (mit Dialogführung):

G04	Verweilzeit
G39	Frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Bearbeitungszyklen

Bohrzyklus G83

G83 Tiefbohren (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel:

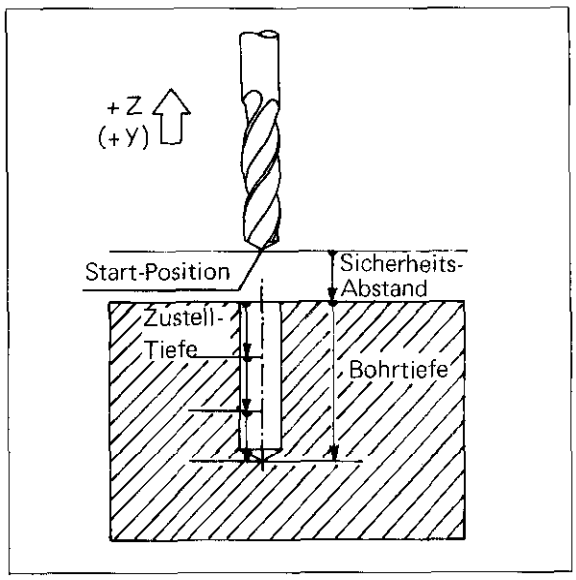
G83 P01 – 2 P02 – 20 P03 – 10

P04 0 P05 150

G83	Bohrzyklus
P01	Sicherheits-Abstand
P02	Bohrtiefe
P03	Zustell-Tiefe
P04	Verweilzeit
P05	Vorschub

Erklärung der Zyklus-Parameter und Zyklus-Ablauf siehe Tiefbohren.

Die Zyklus-Parameter P01/P02/P03 müssen gleiches Vorzeichen haben!



Bohrzyklus G84

G84 Gewindebohren (dialoggeführt)

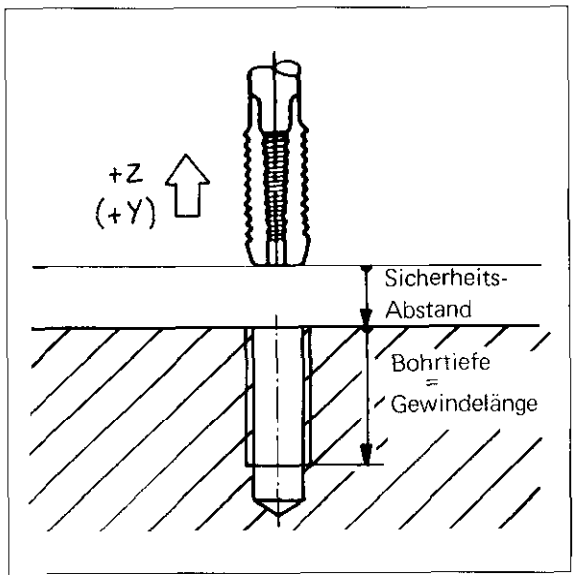
Satzaufbau Beispiel:

G84 P01 – 2 P02 – 20 P03 0 P04 80

G84	Bohrzyklus
P01	Sicherheits-Abstand
P02	Bohrtiefe (Gewindelänge)
P03	Verweilzeit
P04	Vorschub

Erklärung der Zyklus-Parameter und Zyklus-Ablauf siehe Gewindebohren.

Die Zyklus-Parameter P01/P02 müssen gleiches Vorzeichen haben!



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Bearbeitungszyklen

Fräszyklus G74

G74 Nutenfräsen (dialoggeführt)

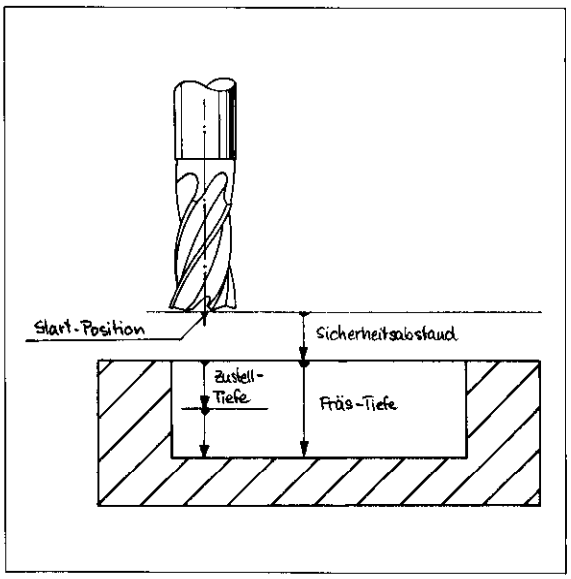
Satzaufbau Beispiel:

G74 P01 – 2 P02 – 20 P03 – 10 P04 80

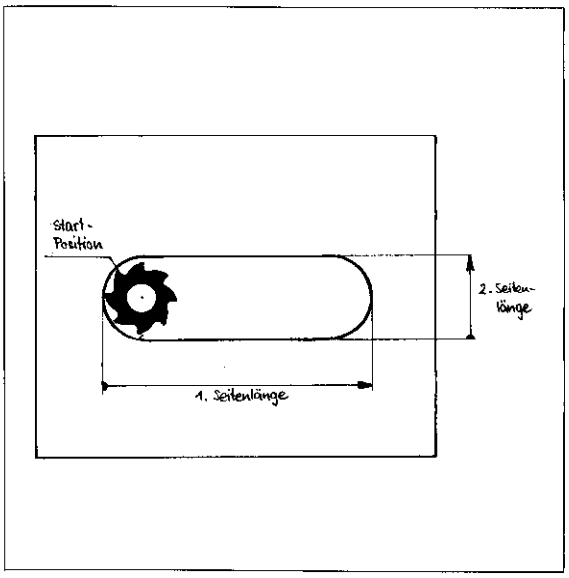
P05 X – 50 P06 Y +10 P07 150

G74	Nutenfräsen
P01	Sicherheits-Abstand
P02	Frästiefe
P03	Zustell-Tiefe
P04	Vorschub Tiefenzustellung
P05	Längsachse und Länge der Nut
P06	Querachse und Breite der Nut
P07	Vorschub

Erklärung der Zyklus-Parameter und Zyklus-Ablauf siehe Nutenfräsen.



Die Zyklus-Parameter P01/P02/P03 müssen gleiches Vorzeichen haben!



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Bearbeitungszyklen

Fräszyklen G75 / G76

G75 Rechtecktasche-Fräsen im **Uhrzeigersinn** (dialoggeführt)

G76 Rechtecktasche-Fräsen im **Gegenuhrzeigersinn** (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel G76:

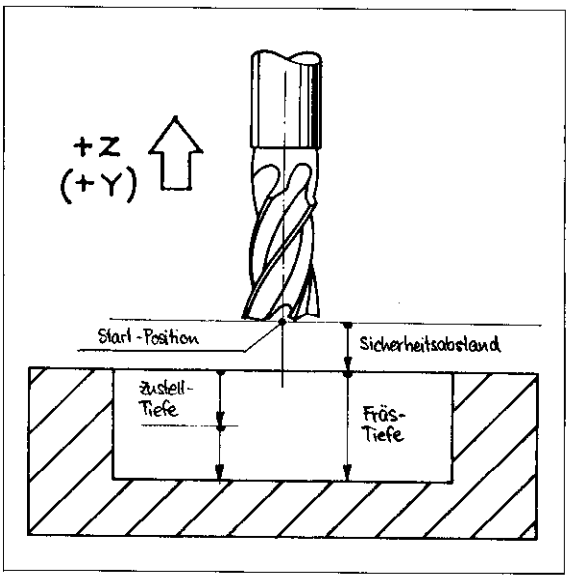
G76 P01 – 2 P02 – 20 P03 – 10 P04 80

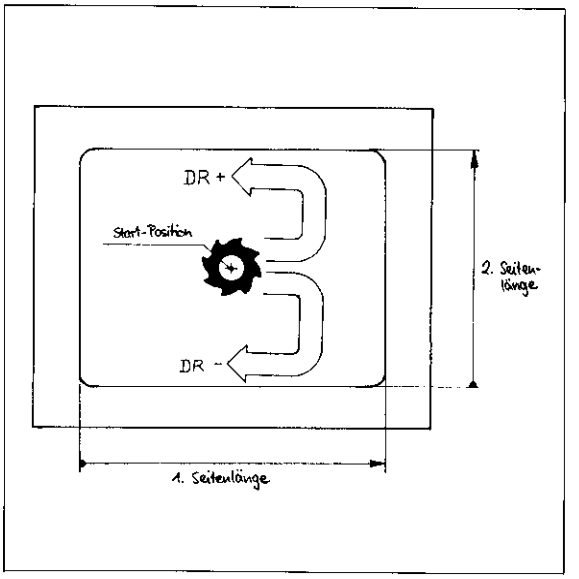
P05 X +90 P06 Y +50 P07 150

G76	Rechtecktasche-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn
P01	Sicherheits-Abstand
P02	Frästiefe
P03	Zustell-Tiefe
P04	Vorschub Tiefenzustellung
P05	1. Achsrichtung und Seitenlänge der Tasche
P06	2. Achsrichtung und Seitenlänge der Tasche
P07	Vorschub

Erklärung der Zyklus-Parameter und Zyklus-Ablauf siehe Taschenfräsen.

Die Zyklus-Parameter P01/P02/P03 müssen gleiches Vorzeichen haben!
Die Zyklus-Parameter P05 und P06 müssen positives Vorzeichen haben!





Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Bearbeitungszyklen

Fräszyklen G77 / G78

G77 Kreistasche-Fräsen im **Uhrzeigersinn** (dialoggeführt)

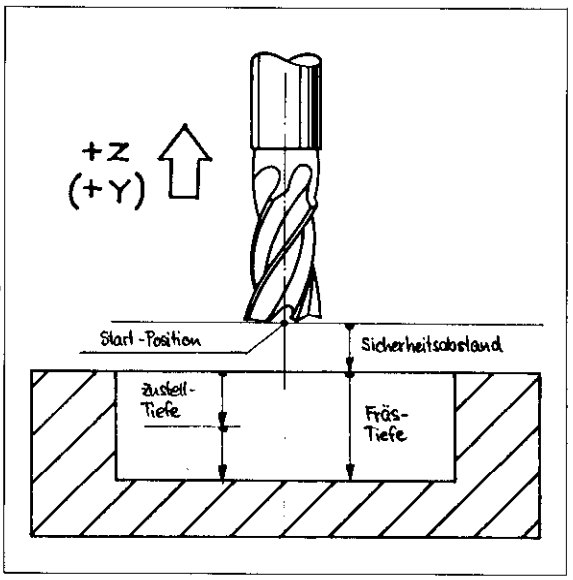
G78 Kreistasche-Fräsen im **Gegenuhrzeigersinn** (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel G78:

G78 P01 – 2 P02 – 20 P03 – 10 P04 80 P05 90

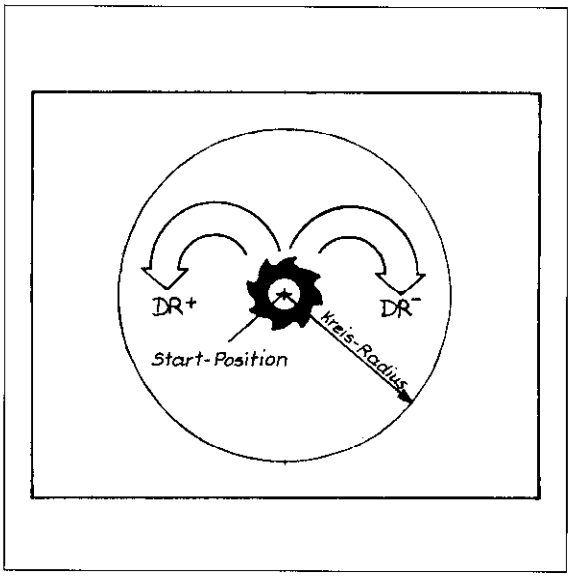
P06 150

G74 Kreistasche-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn
P01 Sicherheits-Abstand
P02 Frästiefe
P03 Zustell-Tiefe
P04 Vorschub Tiefenzustellung
P05 Kreisradius
P06 Vorschub



Erklärung der Zyklus-Parameter und Zyklus-Ablauf siehe Kreistasche.

Die Zyklus-Parameter P01/P02/P03 müssen gleiches Vorzeichen haben!



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Koordinaten-Umrechnungen

Spiegeln G28

G28 Spiegeln

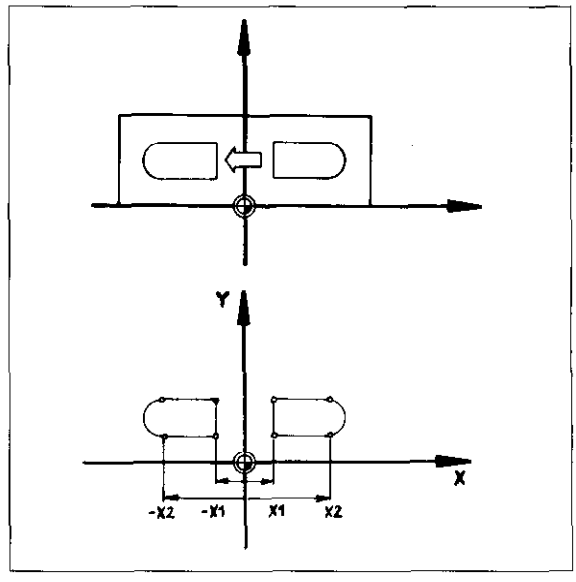
Satzaufbau Beispiel:

G28 X

G28 Zyklus Spiegeln
X Gespiegelte Achse

Es können auch zwei Achsen zugleich gespiegelt werden; die Spiegelung der Werkzeugachse ist nicht möglich.

Erklärung des Zyklus siehe Spiegeln.



Nullpunkt-Verschiebung G54

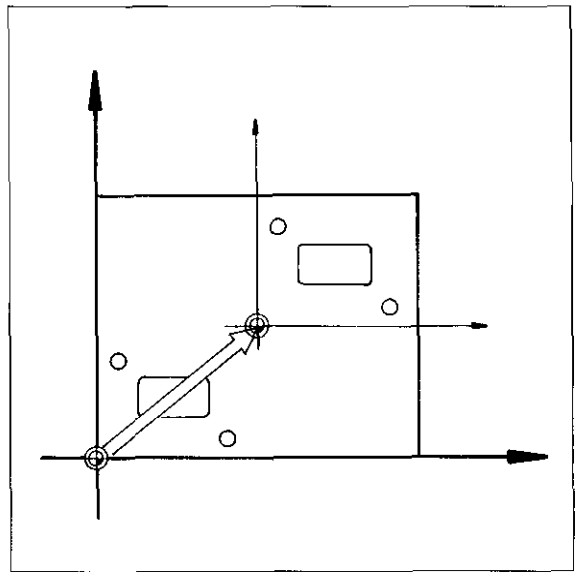
G54 Nullpunkt-Verschiebung

Satzaufbau Beispiel:

G54 G90 X +50 G91 Y +15 Z – 10

G54 Zyklus Nullpunkt-Verschiebung
G90 Absolutmaßangabe
X... Verschiebung der X-Achse
G91 Inkrementalmaßangabe
Y... Verschiebung der Y-Achse
Z... Verschiebung der Z-Achse

Erklärung des Zyklus siehe Nullpunkt-Verschiebung.



Maßfaktor G72

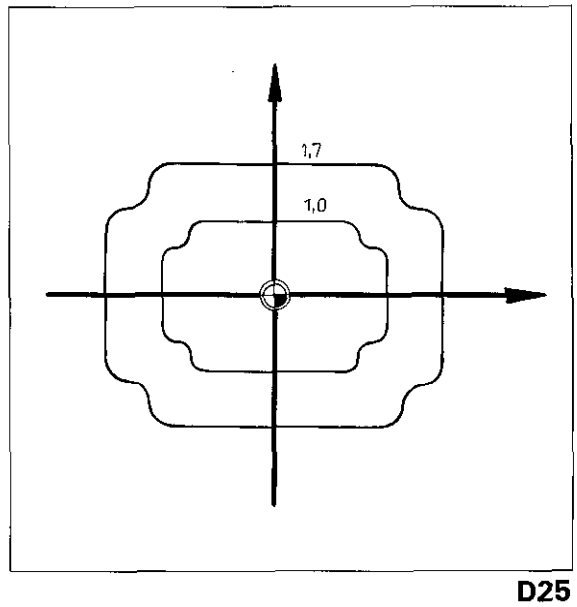
G72 Maßfaktor (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel:

G72 F1,7

G72 Zyklus Maßfaktor
F... Maßfaktor

Erklärung des Zyklus siehe Maßfaktor.



Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Koordinaten-Umrechnungen
Zyklus Verweilzeit, frei programmierbarer Zyklus

Drehung G73

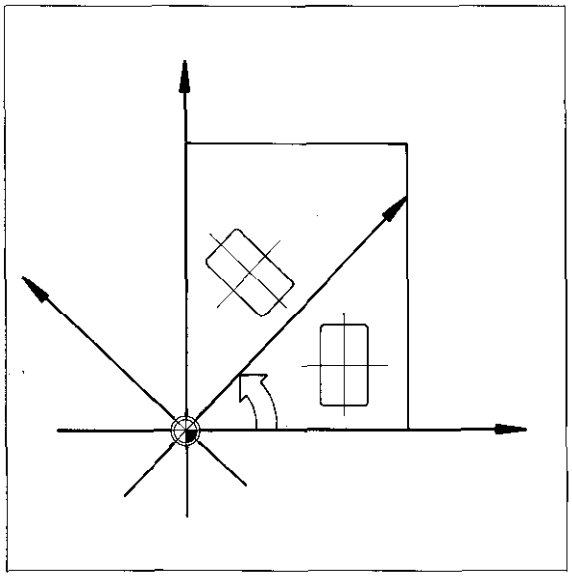
G73 Drehung des Koordinatensystems (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel:

G90 G73 H +120 G17

G90 Absolutmaßangabe
G73 Zyklus Drehung des Koordinatensystems
H... Drehwinkel
G17 Ebenenauswahl für die Winkelbezugsachse

Erklärung des Zyklus siehe Drehung des Koordinatensystems.



Zyklus Verweilzeit G04

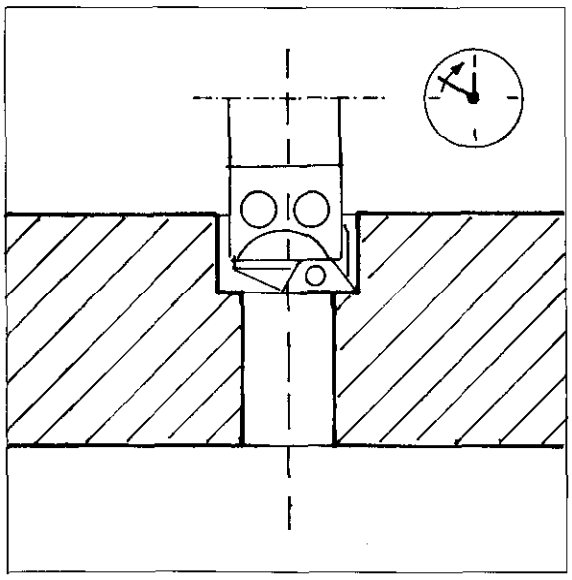
G04 Verweilzeit (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel:

G04 F5

G04 Zyklus Verweilzeit
F... Verweilzeit in Sekunden

Erklärung des Zyklus siehe Verweilzeit.



Frei programmierbarer Zyklus G39 (Programm-Aufruf)

G39 frei programmierbarer Zyklus (dialoggeführt)

Satzaufbau Beispiel:

G39 P01 12

G39 frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf)
P01 Programm-Nummer

Erklärung des Zyklus siehe frei programmierbarer Zyklus.

Anmerkungen

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Unterprogramm und Programmteil-Wiederholungen

Label-Nummer

Mit dem Befehl G98 L... wird eine **Programm-Marke** (Label-Nummer) programmiert. Diese Programm-Marke kann innerhalb eines beliebigen Programmsatzes stehen, in dem kein **Label-Aufruf** programmiert ist.

Mit der Adresse L und nachfolgender Label-Nummer wird der **Befehl zum Sprung** programmiert.

Das Kennzeichnen einer Sprungmarke mit G98 L... und ein Sprung-Aufruf L... dürfen nicht in einem Satz programmiert werden.

Programm-Marke:

N35 G98 L15 G01 ...

Label-Nummer 15

Label-Aufruf:

N45 L15 ...

Programmteil

Der Programmteil ist zu Beginn durch G98 L... (Label-Nummer) gekennzeichnet. Den Abschluß bildet der Label-Aufruf L zu einer Programmteil-Wiederholung: L..., ...
Bei der **Programmteil-Wiederholung** ist nach der Label-Nummer die Anzahl der Wiederholungen einzugeben. Label-Nummer und Anzahl der Wiederholungen werden durch den Dezimalpunkt [.] getrennt, z. B.:
L 15,8 Aufruf von Label 15,
8 Wiederholungen des Programmteils.

Programmteil:

N35 G98 L15 G01 ...

⋮

N70 L15,8 ...

Programmteil-Wiederholung:

N70 L15,8

Unterprogramm

Das Unterprogramm ist zu Beginn durch G98 L... (Label-Nummer) gekennzeichnet. Den Abschluß bildet G98 L0 (Label-Nummer 0).

Ein **Unterprogramm-Aufruf** erfolgt ebenfalls über die Adresse L und anschließender Label-Nummer.

Beim Unterprogramm-Aufruf dürfen keine Wiederholungen programmiert werden.

Unterprogramm:

N75 G98 L19 G00 ...

⋮

N90 G98 L0

Unterprogramm-Aufruf:

N150 L19

Programm-Eingabe nach DIN/ISO

Sprung in ein anderes Hauptprogramm

Die Programmierung eines Sprungs in ein anderes Hauptprogramm erfolgt mit der [PGM CALL] Taste.
Die Steuerung zeigt z. B. den Sprung in das PGM 29 wie folgt an:

N 127 % 29

Weitere Erklärungen siehe Programm-Aufruf.

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Parameter-Programmierung

Parameter setzen

Parameter sind Platzhalter für Zahlenwerte, die sich auf Maßeinheiten beziehen. Sie werden mit dem Buchstaben Q und einer Nummer bezeichnet. Das Eingeben (=Setzen) erfolgt mit der [Q] Taste.

Parameter-Definition

Die Wert-Zuweisung bzw. die Zuweisung der zu berechnenden Zahlenwerte nennt man **Parameter-Definition.** Die Parameter-Definition besteht aus der **Adresse D** und einer Nummer (siehe nebenstehende Tabelle).
Die Eingabe der Parameter-Definition ist dialoggeführt.

D00 ≙ Zuweisung
D01 ≙ Addition
D02 ≙ Subtraktion
D03 ≙ Multiplikation
D04 ≙ Division
D05 ≙ Wurzel
D06 ≙ Sinus
D07 ≙ Cosinus
D08 ≙ Wurzel aus Quadratsumme
D09 ≙ Wenn gleich, Sprung
D10 ≙ Wenn ungleich, Sprung
D11 ≙ Wenn größer, Sprung
D12 ≙ Wenn kleiner, Sprung

Satzaufbau

Die Parameter-Definition benötigt einen Programmsatz.
Die einzelnen **Satz-Bestandteile** der Parameter-Definition sind mit dem **Buchstaben P** und einer **Nummer** bezeichnet (siehe auch Zyklus-Parameter bei den Bearbeitungszyklen). Die Bedeutung dieser Bestandteile hängt von der Reihenfolge im Satz ab, die sich wiederum nach dem Eingabe-Dialog richtet.
Für eine **Kontrolle** ist es ratsam das Hellfeld mit den Tasten [→] und [←] im Satz zu bewegen.
Dabei erscheint zu jedem Satz-Bestandteil die dazugehörige Dialog-Frage.

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Parameter-Programmierung

Beispiel 1: Q98 = $\sqrt{+2}$

D05 Q98 P01 +2

D05	Quadratwurzel
Q98	Parameter, dem das Ergebnis zugewiesen wird
P01	Parameter oder Zahlenwert unter der Wurzel

Beispiel 2: Q12 = Q2 x 62

D03 Q12 P01 +Q2 P02 +62

D03	Multiplikation
Q12	Parameter, dem das Ergebins zugewiesen wird
P01	Erster Faktor (Parameter oder Zahlenwert)
P02	Zweiter Faktor (Parameter oder Zahlenwert)

Beispiel 3: Wenn Q6 Q5, dann spring auf LBL 3

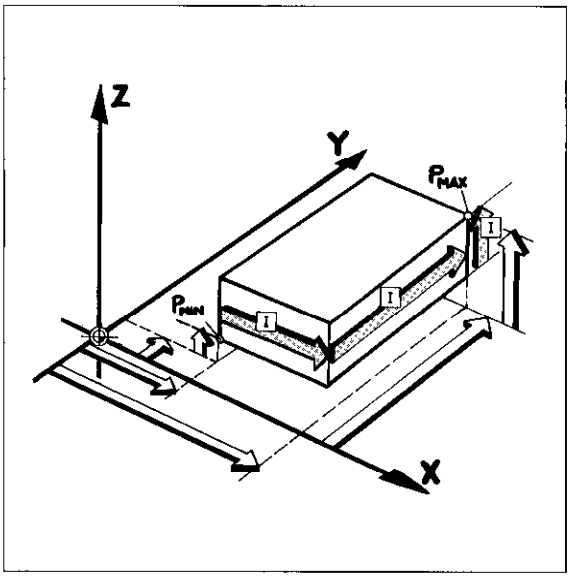
D12 P01 +Q6 P02 +Q5 P03 3

D12	Wenn kleiner, Sprung
P01	Erster Vergleichswert oder Parameter
P02	Zweiter Vergleichswert oder Parameter
P03	Nummer der Sprung-Marke (Label-Nummer)

Programm-Eingabe nach DIN/ISO
Grafik-Festlegen des Rohlings

Festlegen des Rohlings

Der Rohling wird durch die Punkte P_{MIN} und P_{MAX} festgelegt siehe Rohling (Grafik). Zusätzlich zu P_{MIN} muß die Werkzeugachse über G17/G18/G19 angegeben werden. Wurde dies versäumt, so erscheint die Fehlermeldung:
= DEF BLK FORM FEHLERHAFT =



Eingabe P_{MIN}

G30 Festlegen des P_{MIN}-Punkts

Satzaufbau Beispiel:

G30 G17 X +5 Y +5 Z – 10

G30	Festlegung P_{MIN}
G17	Ebenenauswahl und Werkzeugachse
X...	X-Koordinate von P_{MIN}
Y...	Y-Koordinate von P_{MIN}
Z...	Z-Koordinate von P_{MIN}

Die Funktion G90 – Absolutmaßangabe braucht bei G30 nicht extra eingegeben zu werden!

Eingabe P_{MAX}

G31 Festlegung des P_{MAX}-Punkts

Satzaufbau Beispiel:

G31 G91 X +95 Y +95 Z +10

G31	Festlegung P_{MAX}
G91	Inkrementalmaßangabe
X...	X-Koordinate von P_{MAX}
Y...	Y-Koordinate von P_{MAX}
Z...	Z-Koordinate von P_{MAX}

Technische Beschreibung und Daten

Steuerungs-Versionen

TNC 155 A
Maschinen-Anpaßsteuerung (PC) extern.

TNC 155 P
einschließlich speicherprogrammierbarer Maschinen-Anpaßsteuerung (PC),
Ein- und Ausgänge auf 1 oder 2 separaten Leistungsplatinen.

Steuerungsart

Bahnsteuerung für 4 Achsen:
Linear-Interpolation in 3 aus 4 Achsen, Kreis-Interpolation in 2 aus 4 Achsen.

Programm-Eingabe und -Anzeige:
HEIDENHAIN-Dialog-Konzept oder DIN 66025 bzw. ISO 6983.

Eingabe von Positions-Sollwerten
absolut oder inkremental / in rechtwinkligen Koordinaten oder in Polarkoordinaten
mm/inch-Rechner
Eingabefeinheit: 0,001 mm oder 0,0001 inch bzw. 0,001°;
Anzeigeschritt: 0,005 mm bzw. 0,0002 inch oder 0,001 mm bzw. 0,0001 inch.

Anzeigen

12"-Bildschirm,
Anzeige des aktuellen, vorhergehenden und der beiden nachfolgenden Programmsätze;
Istwert-/Sollwert-/Restweg-/Schleppfehler-Anzeige;
Status-Anzeigen aller wichtigen Programm-Daten.

Programmspeicher

Batterie-gepufferter Halbleiterspeicher für 32 Programme mit
insgesamt 3100 Programmsätzen.

Betriebsarten

Manuell: Steuerung arbeitet als numerische Positionsanzeige.
Positionieren mit Handeingabe: Jeder Positioniersatz wird nach der Eingabe abgearbeitet;
der Satz wird nicht gespeichert.
Programmlauf-Einzelsatz: Eingegebenes Programm wird Satz für Satz nach Tastendruck
abgearbeitet.
Programmlauf-Satzfolge: Programm wird durch Tastendruck gestartet und bis zu einem
programmierten STOP oder bis zum Programm-Ende abgearbeitet.
Programm-Einspeichern: (auch während parallelem Programmlauf möglich)
a) bei Geraden- oder Kreis-Interpolation
von Hand nach Programm-Liste oder Werkstück-Zeichnung,
oder extern über V.24/RS-232-C-Datenschnittstelle (z. B. per Magnetband-Einheit
ME 101/102 von HEIDENHAIN oder sonstige Peripherie-Geräte);
b) bei achsparallelem Betrieb zusätzlich durch Übernahme der jeweiligen Positionswerte
(Ist-Werte) bei konventioneller Bearbeitung eines Werkstücks (Playback).
Zusatz-Betriebsarten: mm/Zoll, Schrifthöhe für Positionsanzeige, Arbeitsbereichs-Begrenzung,
Anwender-Parameter, Schlüsselzahl;
Anzeigen: freie Sätze; Istwert-/Sollwert-/Restweg-/Schleppfehler-Anzeige, Baud-Rate, NC-Software-Nummer, PC-Software-Nummer;
Bei DIN/ISO-Programmierung zusätzlich: Satznummer-Schritt.

Technische Beschreibung und Daten

Programmierbare Funktionen	Linear- und Kreis-Interpolation, Schraubenlinien-Interpolation; Ecken-Runden (Eingabe: Rundungs-Radius); Fasen (Eingabe: Fasen-Abschnitt); Tangential an Kontur anschließender Kreis (Eingabe: Bahn-Endpunkt); Tangentiales Anfahren und Verlassen einer Kontur; Werkzeug-Nummer, Werkzeuglängen- und -radius-Korrektur; Spindeldrehzahl; Eilgang; Vorschub-Geschwindigkeit; Zusatzfunktionen M; Programm-Stop; Aufruf von Programmen in anderen Programmen; Unterprogramme/Programmteil-Wiederholungen; Bearbeitungszyklen: Tiefbohren, Gewindebohren, Nuten-Fräsen, Rechtecktaschen-Fräsen, Kreistaschen-Fräsen; Koordinaten-Umrechnungen: Verschiebung und Drehung des Koordinatensystems, Spiegeln, Maßfaktor; Zyklus Verweilzeit; frei programmierbarer Zyklus (Programm-Aufruf).
Parameter-Programmierung	9 mathematische Funktionen: $=, +, -, \times, \div, \sqrt{\ }$, sin, cos, $\sqrt{a^2+b^2}$ 4 Parameter-Vergleiche: $=, \neq, >, <$
Programm-Test	**ohne Maschinenbewegung:** durch grafische Simulation des Bearbeitungsprogramms; zusätzlich Programm-Test ohne Grafik
Programm-Korrekturen (Editieren)	Ändern von Programmwörtern, Einfügen von Programmsätzen, Löschen von Programmsätzen, Such-Routinen zum Aufsuchen von Programmsätzen mit bestimmten Merkmalen innerhalb eines Programms (auch während parallelem Programmlauf möglich).
Fortsetzung nach Unterbrechung	Steuerung erleichtert Fortsetzung eines Programmes nach Unterbrechung durch Speicherung aller wichtigen Programm-Daten.
Sicherheits-Überwachung	Steuerung überprüft Funktion wichtiger elektronischer Baugruppen sowie der Positionier- und Wegmeßsysteme und wichtige Maschinen-Funktionen. Wird ein Fehler festgestellt, erfolgt Klartext-Störungsmeldung und die Maschine wird über Not-Aus abgeschaltet.
Referenzmarken-Auswertung	Nach Stromunterbrechung automatische Referenzwert-Übernahme mit dem Überfahren der Wegmeßsystem-Referenzmarken.
Max. Verfahrweg	+/– 30 000,000 mm bzw. 1181,1024 inch

Technische Beschreibung und Daten

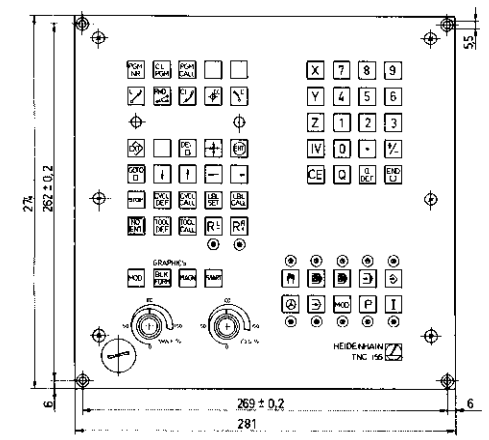
Max. Verfahr-Geschwindigkeit	15 999 mm/min bzw. 629,9 inch/min
Vorschub- und Spindel-Override	Zwei Potentiometer auf der Bedientafel der Steuerung.
Wegmeßsysteme	Inkrementale HEIDENHAIN-Längenmeßsysteme oder -Drehgeber, Teilungsperiode 0,02/0,01 bzw. 0,1 mm.
Endschalter	Software-gesteuerte Endabschaltung für Bewegung der Achs-Schlitten X+/X-/Y+/Y-/Z+/Z- und IV+/IV-; jeweiliger Verfahrbereich wird als Maschinen-Parameter eingegeben. Zusätzlich programmierbare Verfahrbereichs-Begrenzung.
Daten-Schnittstelle	Serielle Schnittstelle CCITT-Empfehlung V.24 bzw. EIA-Standard RS-232-C; Übertragungsgeschwindigkeiten: 110, 150, 300, 600,1200, 2400, 4800, 9600 Baud; Erweiterte Schnittstelle für die Betriebsart "Blockweises übertragen".
Steuerungs-Eingänge TNC 155 A/P (mit Standard-PC-Programm)	Wegmeßsysteme X, Y, Z, IV Elektronisches Handrad oder Einheit mit zwei elektronischen Handrädern Start, Stop, Eilgang Rückmeldung "Zusatzfunktion ausgeführt" Vorschub-Freigabe manuelle Betätigung (öffnet Lageregelkreis) Rückmeldung Not-Aus-Test Referenz-Endlage X, Y, Z, IV Referenzimpuls-Sperre X, Y, Z, IV Richtungstasten X, Y, Z, IV Externes Vorschub-Potentiometer
Steuerungs-Ausgänge TNC 155 A/P (mit Standard-Programm)	Je 1 Analogausgang für X, Y, Z, IV, S Achsfreigabe X, Y, Z, IV Steuerung in Betrieb M-Änderungssignal S-Änderungssignal T-Änderungssignal 8 Ausgänge für M-, S- und T-Funktionen, codiert "Kühlmittel aus" "Kühlmittel ein" "Spindel im Gegenuhrzeigersinn" "Spindel Halt" "Spindel im Uhrzeigersinn" Verriegelung für Spindel Steuerung in Betriebsart "Automatik" Not-Aus

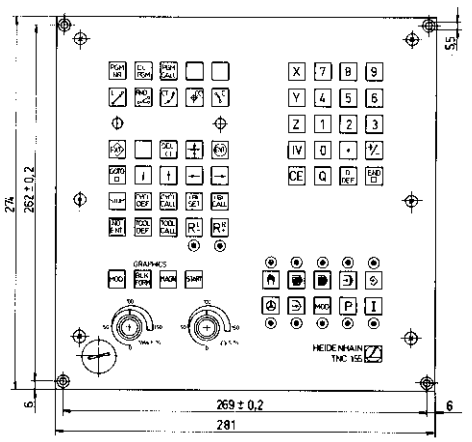
Technische Beschreibung und Daten

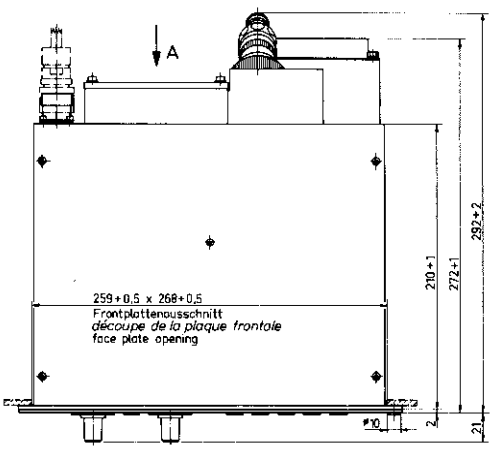
Integrierte PC (Speicherprogrammierbare Anpaßsteuerung) **Version TNC 155 P**	1000 Anwender-Merker (nicht netzausfallsicher) 1000 Anwender-Merker (netzausfallsicher) 1024 fest zugeordnete Merker 63 (+63) Eingänge (24 V =, ca. 10 mA) PL100: 31 (+31) Ausgänge (24 V =, ca. 1,2 A) PL110: 25 (+25) Ausgänge +3 (+3) bipolare Ausgangspaare 16 Zähler 32 Timer Externe Spannungsversorgung für die PC: 24 V = +10% / – 15 % Option: spezifische Makro-Befehle (z. B. für Werkzeug-Wechsel)
Netzspannung	Umschaltbar 100/120/140/200/220/240 + 10% / – 15%, 48 ... 62 Hz
Leistungsaufnahme	Logik- und Bedieneinheit ca. 45 W Bildschirm-Einheit ca. 40 W
Umgebungstemperatur	Betrieb 0 ... 45°C, Lagerung – 30 ... 70°C
Gewicht	Steuerung: 12 kg; Bildschirm-Einheit: 10 kg; PC-Leistungsplatine: 1,2 kg (TNC 155 P).

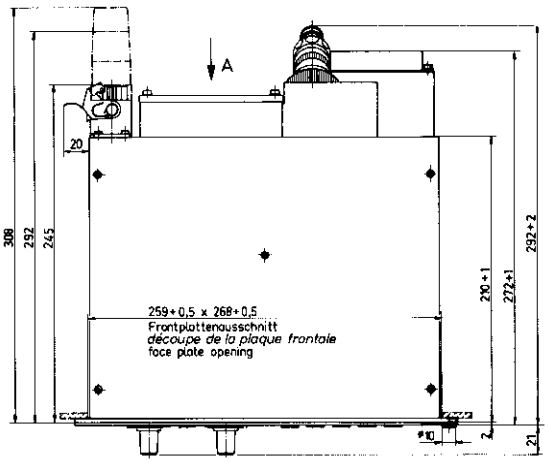
Anschlußmaße
Logik und Bedieneinheit TNC 155 A/155 P

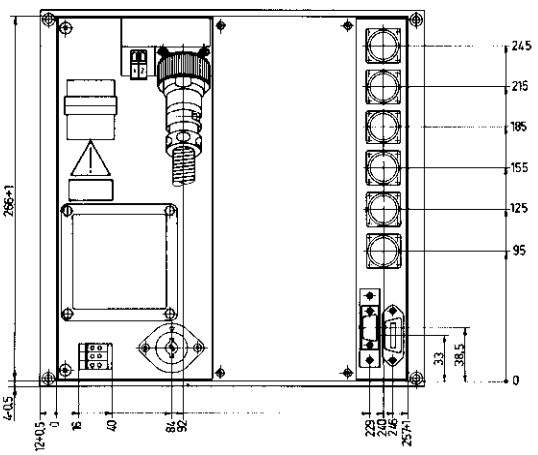
Maße in mm



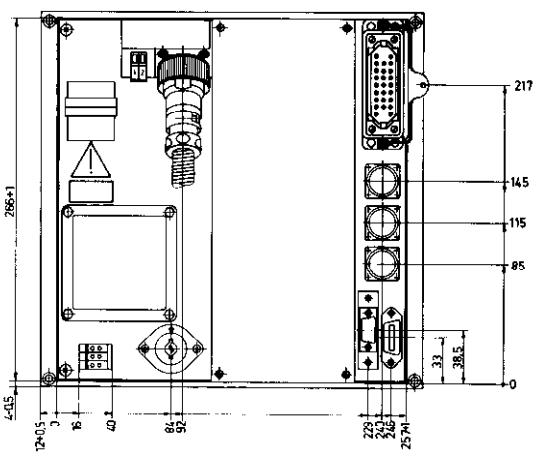








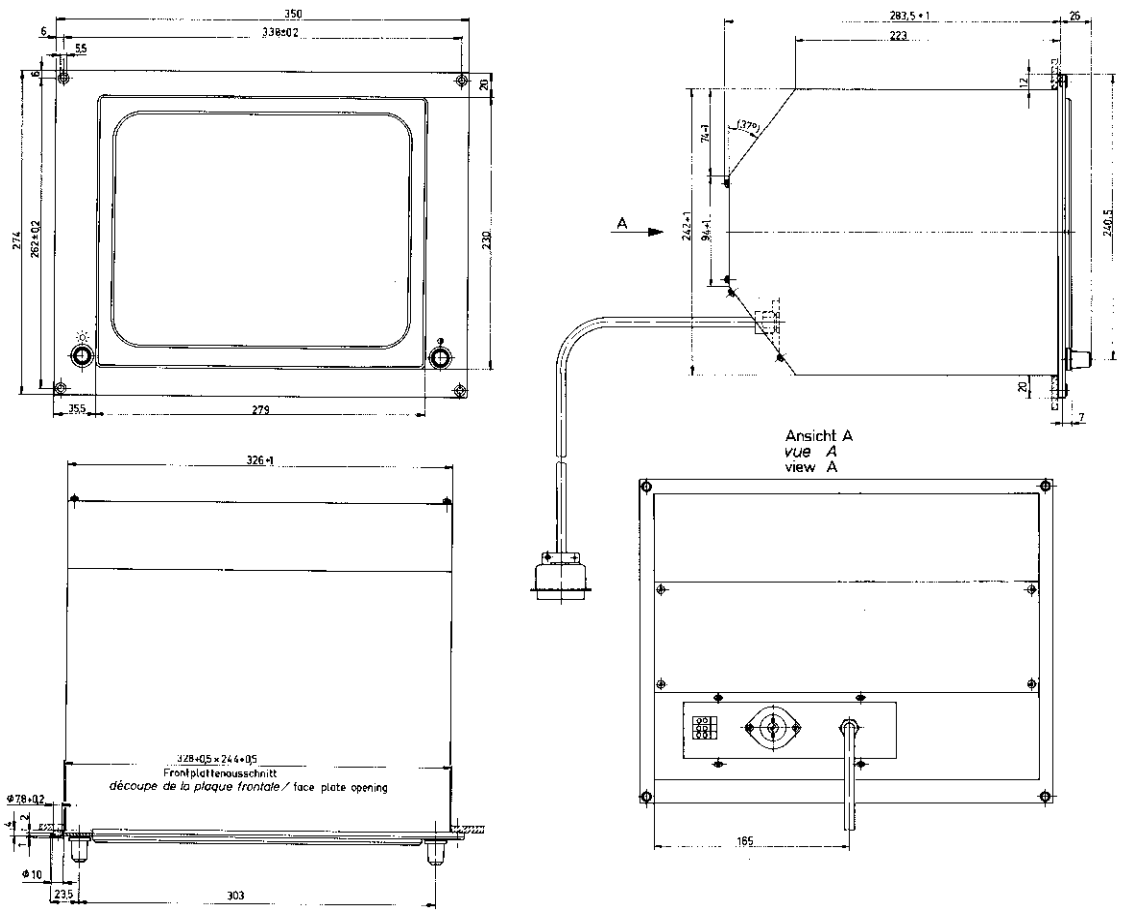
Ansicht A
vue A
view A



Ansicht A
vue A
view A

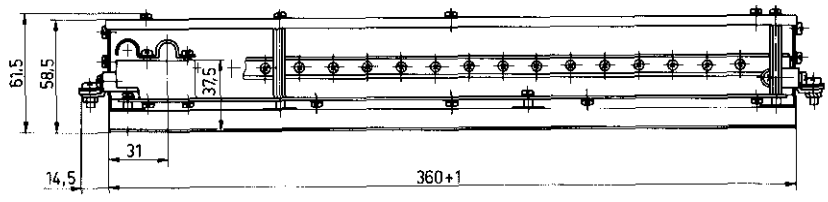
Anschlußmaße
Bildschirm-Einheit BE 411

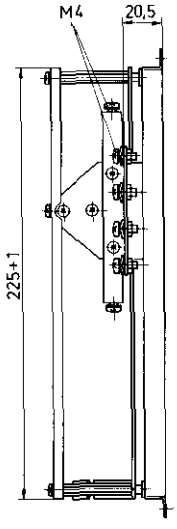
Maße in mm

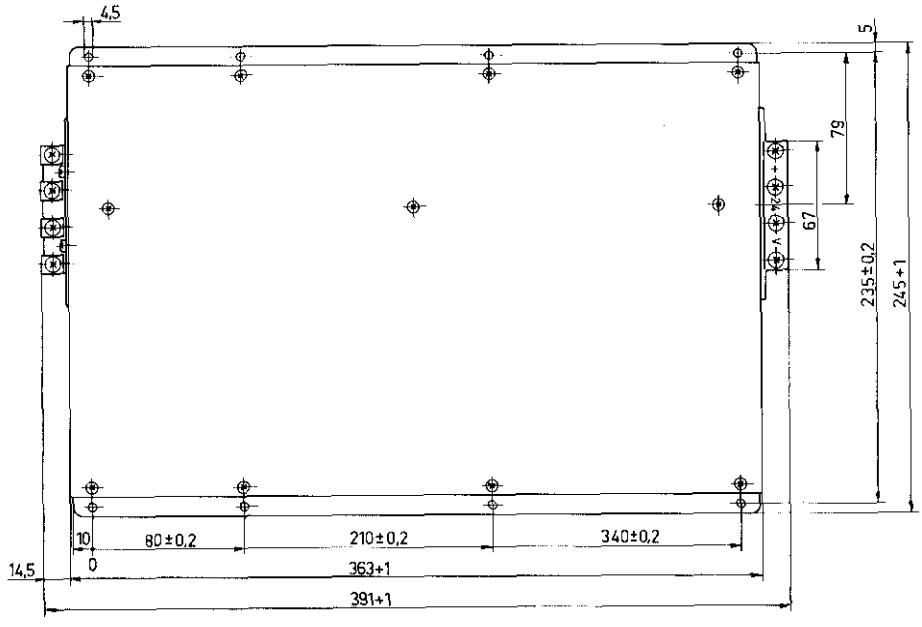


Anschlußmaße
PC Leistungsplatine PL 100/PL 110

Maße in mm







Register

A

B

Register

B Fortsetzung

C

D

E

F

Register

F Fortsetzung

G

H

I

J

K

Register

K Fortsetzung

L

M

N

Register

N Fortsetzung

Register

P Fortsetzung

Q

R

S

Register

S Fortsetzung

T

U

V

Register

V Fortsetzung

W

Register

X

Y

Z

Fehlermeldungen

Programm-Eingabe nach DIN/ISO

G-Funktionen	
G00	Geraden-Interpolation, kartesisch, im Eilgang
G01	Geraden-Interpolation, kartesisch
G02	Kreis-Interpolation, kartesisch, im Uhrzeigersinn
G03	Kreis-Interpolation, kartesisch, im Gegenuhrzeigersinn
G05	Kreis-Interpolation, kartesisch, ohne Drehrichtungsangabe
G06	Kreis-Interpolation, kartesisch, tangentialer Kontur-Anschluß
G07	Achsparalleler Positionier-Satz
G10	Geraden-Interpolation, polar, im Eilgang
G11	Geraden-Interpolation, polar
G12	Kreis-Interpolation, polar, im Uhrzeigersinn
G13	Kreis-Interpolation, polar, im Gegenuhrzeigersinn
G15	Kreis-Interpolation, polar, ohne Drehrichtungsangabe
G04	Verweilzeit
G28	Spiegeln
G39	kennzeichnet Programm, zum Aufruf über G79
G54	Nullpunkt-Verschiebung
G72	Maßfaktor
G73	Drehung des Koordinatensystems
G74	Nutenfräsen
G75	Rechtecktasche-Fräsen im Uhrzeigersinn
G76	Rechtecktasche-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn
G77	Kreistasche-Fräsen im Uhrzeigersinn
G78	Kreistasche-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn
G83	Tiefbohren
G84	Gewindebohren
G17	Ebenenauswahl XY, Werkzeug-Achse Z
G18	Ebenenauswahl ZX, Werkzeug-Achse Y
G19	Ebenenauswahl YZ, Werkzeug-Achse X
G24	Fase mit R
G25	Ecken-Runden mit R
G26	Tangentiales Anfahren einer Kontur mit R
G27	Tangentiales Verlassen einer Kontur mit R
G40	Keine Werkzeugbahnkorrektur
G41	Werkzeugbahnkorrektur, links der Kontur
G42	Werkzeugbahnkorrektur, rechts der Kontur
G43	Werkzeugbahnkorrektur, Bahnverlängerung
G44	Werkzeugbahnkorrektur, Bahnverkürzung
G50	Lösch- und Editier-Schutz
G79	Zyklus-Aufruf
G90	Absolute Maßangaben
G91	Inkrementale Maßangaben
G29	Übernahme des letzten Positions-Sollwertes als Pol
G30	Rohlings-Definition für Grafik, Min.-Punkt
G31	Rohlings-Definition für Grafik, Max.-Punkt
G70	Maßangaben in Inch (zu Programm-Beginn)
G71	Maßangaben in Millimeter (zu Programm-Beginn)
G98	Setzen einer Label-Nummer
G99	Werkzeug-Definition

Zusatz-Funktionen M

M	Funktion	Wirksam am Satz-Anfang	Wirksam am Satz-Ende
M00	Programmlauf-Halt Spindel-Halt Kühlmittel-Aus		●
M02	Programmlauf-Halt Spindel-Halt Kühlmittel-Aus Rücksprung zu Satz 1		●
M03	Spindel-Ein im Uhrzeigersinn	●	
M04	Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn	●	
M05	Spindel-Halt		●
M06	Werkzeug-Wechsel ggf. Programmlauf-Halt (abhängig von den eingegebenen Maschinenparametern) Spindel-Halt Kühlmittel-Aus		●
M08	Kühlmittel-Ein	●	
M09	Kühlmittel-Aus		●
M13	Spindel-Ein im Uhrzeigersinn Kühlmittel-Ein	●	
M14	Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn Kühlmittel-Ein	●	
M30	wie M02		●
M89	Zyklus-Aufruf (modal wirksam)	●	
M90	Konstante Bahngeschwindigkeit bei Ecken (s. "Bahngeschwindigkeit")	●	
M91	**im Positioniersatz:** Werkstück-Nullpunkt wird durch den Referenzpunkt ersetzt	●	
M92	**im Positioniersatz:** Gesetzter Werkstück-Nullpunkt wird durch eine vom Maschinen-Hersteller mit Maschinenparameter definierte Position ersetzt, z. B. Werkzeug-Wechsel-Position.	●	
M94	Reduktion der Positionsanzeige der Rundtisch-Achse auf einen Wert unter 360°	●	
M95	Ändern des Anfahrverhaltens (s. "Anfahranweisung M95")		●
M96	Ändern des Anfahrverhaltens (s. "Anfahranweisung M96")		●
M97	Bahnschnittpunkt-Korrektur bei Außenecken		●
M98	Bahnkorrektur-Ende		●
M99	Zyklus-Aufruf		●

Adress-Buchstaben (DIN/ISO)

Adress-Buchstabe	
%	Programm-Anfang bzw. Aufruf
A B C	Drehbewegung um X-Achse Drehbewegung um Y-Achse Drehbewegung um Z-Achse
D	Parameter-Definition (Programm-Parameter Q)
F F F	Vorschub Verweilzeit mit G04 Maßfaktor mit G72
G	Wegbedingung
H H	Polarkoordinaten-Winkel Drehwinkel mit G73
I J K	X-Koordinate des Kreismittelpunkts/Pols Y-Koordinate des Kreismittelpunkts/Pols Z-Koordinate des Kreismittelpunkts/Pols
L L L	Setzen einer Label-Nummer mit G98 Sprung auf eine Label-Nummer Werkzeug-Länge mit G99
M	Zusatz-Funktion
N	Satznummer
P P	Zyklus-Parameter in Bearbeitungszyklen Parameter in Parameter-Definitionen
Q	Programm-Parameter Q
R R R R	Polarkoordinaten-Radius Rundungsradius mit G25/G26/G27 Fasen-Abschnitt mit G24 Werkzeug-Radius mit G99
S	Spindeldrehzahl
T T	Werkzeug-Definition mit G99 Werkzeug-Aufruf
U V W	Linearbewegung parallel zur X-Achse Linearbewegung parallel zur Y-Achse Linearbewegung parallel zur Z-Achse
X Y Z	X-Achse Y-Achse Z-Achse
⊬	Satzende (LF)

Adressen

DR. JOHANNES HEIDENHAIN
D-8225 Traunreut
Telefon (08669) 31-0, Telex 56831

225 041 01 · 5 · 2/85 · H · Printed in West Germany · Änderungen vorbehalten