















Benutzer-Handbuch DIN/ISO - Programmierung

TNC 425 TNC 415B TNC 407

Der TNC-Leitfaden:

Von der Werkstück-Zeichnung zur programmgesteuerten Bearbeitung

Schritt	Aufgabe	TNC-Betriebsart	Handbuch-Abschnitt
Vorbereitung			
1	Werkzeuge auswählen	—	—
2	Werkstück-Nullpunkt für Koordinaten-Eingaben festlegen	—	—
3	Drehzahlen und Vorschübe ermitteln	—	11.4
4	Maschine einschalten	—	1.3
5	Referenzmarken überfahren	 oder 	1.3, 2.1
6	Werkstück aufspannen	—	—
7	Bezugspunkt-Setzen / Positionsanzeigen setzen ...		
7a	... mit dem 3D-Tastsystem	 oder 	2.5
7b	... ohne 3D-Tastsystem	 oder 	2.3
Programm eingeben und testen			
8	Bearbeitungsprogramm eingeben oder über externe Daten-Schnittstelle einlesen	 oder 	5 bis 8 oder 9
9	Bearbeitungsprogramm auf Fehler testen		3.1
10	Probelauf: Bearbeitungsprogramm ohne Werkzeug Satz für Satz ausführen		3.2
11	Falls nötig: Bearbeitungsprogramm optimieren		5 bis 8
Werkstück bearbeiten			
12	Werkzeug einsetzen und Bearbeitungsprogramm ausführen		3.2

Bedienelemente der TNC 407, TNC 415B und TNC 425

Bedienelemente der Bildschirm-Einheit

- Bildschirm zwischen Maschinen- und Programmier-Betriebsarten umschalten
- GRAPHICS TEXT SPLIT SCREEN
Bildschirm-Anzeige umschalten: nur Grafik/ nur Programm-Sätze/Programm-Sätze und Grafik
- Softkeys: Funktion im Bildschirm anwählen
- Softkey-Leisten umschalten
- Helligkeit, Kontrast

Alpha-Tastatur: Buchstaben und Zeichen eingeben

- Datei-Namen/ Kommentare
- DIN/ISO-Programmierung

Maschinen-Betriebsarten anwählen

- MANUELLER BETRIEB
- EL. HANDRAD
- POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE
- PROGRAMMLAUF EINZELSATZ
- PROGRAMMLAUF SATZFOLGE

Programmier-Betriebsarten anwählen

- PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN
- PROGRAMM-TEST

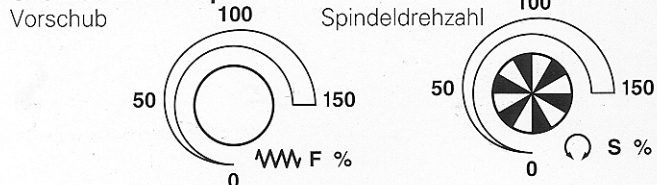
Programme/Dateien verwalten

- Programme/Dateien anwählen
- Programme/Dateien löschen
- Programm-Aufruf in ein Programm eingeben
- Externe Daten-Übertragung aktivieren
- Zusatz-Funktionen anwählen

Cursor verschieben und Sätze, Zyklen und Parameter-Funktionen direkt anwählen

- Cursor (Hellfeld) verschieben
- Sätze, Zyklen und Parameter-Funktionen direkt anwählen

Override-Drehknöpfe



Bahnbewegungen programmieren

- Kontur anfahren/verlassen
- Gerade
- Kreismittelpunkt / Pol für Polarkoordinaten
- Kreisbahn um Kreismittelpunkt
- Kreisbahn mit Radius
- Kreisbahn mit tangentialem Anschluß
- Fase
- Ecken-Runden

Angaben zu Werkzeugen

- Werkzeug-Länge und -Radius eingeben und aufrufen
- Werkzeugradius-Korrektur aktivieren

Zyklen, Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

- Zyklen definieren und aufrufen
- Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen eingeben und aufrufen
- Programm-Halt in ein Programm eingeben
- Tastsystem-Funktionen in ein Programm eingeben

Koordinatenachsen und Ziffern eingeben, Editieren

- Koordinatenachsen anwählen bzw. in ein Programm eingeben
- Ziffern
- Dezimal-Zeichen
- Vorzeichen
- Polarkoordinaten-Eingabe
- Inkremental-Werte
- Q-Parameter einsetzen für Teilefamilien oder in mathematische Funktionen
- Ist-Position übernehmen
- Dialogfragen übergehen und Wörter löschen
- Eingabe abschließen und Dialog fortsetzen
- Satz abschließen
- Zahlenwert-Eingaben rücksetzen oder TNC-Meldetext löschen
- Dialog abbrechen; Programm-Teile löschen

MANUELLER BETRIEB PROGRAMM-TEST

```

%3803 G71 *
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40 *
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T200 L+0 R+20 *
N40 T200 G17 S500 *
N50 G00 G40 G90 Z+50 *
N60 X-30 Y+30 M3 *
N70 Z-20 *
N80 G01 G41 X+5 Y+30 F250 *
N90 G26 R2 *
N100 I+15 J+30 G02 X+6,645 Y+35,495 *
N110 G06 X+55,505 Y+69,488 *
N120 G02 X+58,995 Y+30,025 R+20 *
N130 G03 X+19,732 Y+21,191 R+75 *
N140 G02 X+5 Y+30 *

```

STATUS OFF/ON START SINGLE STOP AT START RESET + START

GRAPHICS TEXT SPLIT SCREEN

! # \$ % ^ & * () - + =
 X 7 8 9
 " Q W E R T Y U I O P <
 Y 4 5 6
 CTRL A S D F G H J K L ; > :
 Z 1 2 3
 SPACE Z X C V B N M , . ? / SPACE
 IV 0 . 7+
 V + Q
 CE P I

100
 50 150
 0 S%

PGM NAME CL PGM PGM CALL APPR DEP

 MOD OR RND CT? CC C

 ENT END

100
 50 150
 0 MM F%

 TOUCH PROBE CYCL DEF CYCL CALL LBL SET LBL CALL

 STOP TOOL DEF TOOL CALL R- R+

GOTO

Das Handbuch richtig nutzen!



Dieses Handbuch beschreibt Funktionen, die in den TNCs ab den folgenden NC-Software-Nummern verfügbar sind:

Steuerung	NC-Software-Nr.
TNC 407	243 030 10
TNC 415 B, TNC 425	259 930 10
TNC 415 F, TNC 425 E	259 940 10

Die Kennbuchstaben E und F kennzeichnen Exportversionen der TNCs.

Folgende Funktionen stehen bei der TNC 407 nicht zur Verfügung:

- Grafik während des Programmlaufs
- Geradenbewegung simultan in mehr als drei Achsen

Bei den Exportversionen TNC 415 F und TNC 425 E gibt es folgende Einschränkungen:

- Eingabe- und Bearbeitungs-Genauigkeit auf 1µm begrenzt
- Geradenbewegungen simultan in bis zu 3 Achsen

Die TNCs unterscheiden sich ansonsten nur in technischen Einzelheiten, wie beispielsweise der Art der Geschwindigkeitsregelung, Satzverarbeitungs-Zeit, Regelkreis-Zykluszeit und Speicherkapazität.

Der Maschinen-Hersteller paßt den nutzbaren Leistungsumfang der TNC über Maschinen-Parameter an die jeweilige Maschine an. Daher sind in diesem Handbuch auch Funktionen beschrieben, die nicht bei jeder TNC verfügbar sind.

TNC-Funktionen, die nicht an allen Maschinen zur Verfügung stehen, sind beispielsweise:

- Antastfunktionen für das 3D-Tastsystem
- Gewindebohren ohne Ausgleichfutter
- Wiederanfahren an die Kontur nach Unterbrechungen

Setzen Sie sich im Zweifelsfall bitte mit dem Maschinen-Hersteller in Verbindung.

Dieses Handbuch wendet sich sowohl an den TNC Einsteiger als auch an den TNC-Experten.

Dem **TNC-Einsteiger** dient das Handbuch als Lernunterlage. Zu Beginn vermittelt es die Grundlagen der NC-Technik und einen Einblick in die TNC-Funktionen. Danach führt das Handbuch in die DIN/ISO-Programmierung ein. Die zahlreichen Beispiele hierzu können direkt an der TNC nachvollzogen werden. Jede Funktion wird ausführlich erklärt, wenn sie das erste Mal eingesetzt wird. Der TNC-Einsteiger sollte dieses Handbuch konsequent von vorne nach hinten durcharbeiten, um sich mit der Leistungsfähigkeit der TNC vertraut zu machen.

Dem **TNC-Experten** liegt mit dem Handbuch ein umfassendes Referenz- und Nachschlagwerk vor. Inhaltsverzeichnis und Querverweise erleichtern die gezielte Suche nach bestimmten Themen und Begriffen. Handlungsanleitungen zeigen, wie die TNC-Funktionen eingegeben werden.

Die Erklärung der Tastenfunktion im rechten Teil der Anweisung soll besonders den Anfänger beim ersten Einsatz der Funktion unterstützen. Falls die Funktion bereits bekannt ist, ermöglicht die Eingaben-Übersicht im linken Teil der Handlungsanweisung einen schnellen Überblick über die Programmierschritte. Die TNC-Dialoge sind in den Handlungsanleitungen immer schattiert dargestellt.

Schema der Handlungsanweisungen

Dialog-Eröffnungstaste



ggf. DIALOG-FRAGE (AUF DEM TNC-BILDSCHIRM)	
z.B. Dialog mit diesen Tasten beantworten	Hier erklärt das Handbuch die Funktion der Tasten

ggf. NÄCHSTE DIALOG-FRAGE	
 Diese Taste drücken	Funktion der Taste
 Oder diese Taste drücken	Funktion der alternativen Taste

Eine gestrichelte Linie zeigt an, daß die darüberstehende oder die darunterstehende Taste gedrückt werden kann.

⋮

Die Punkte bedeuten,

- daß der Dialog nicht komplett dargestellt ist, oder
- daß der Dialog auf der nächsten Seite weitergeht.

Inhalt DIN/ISO Benutzer-Handbuch TNC 407, TNC 415 B, TNC 425
(243 030-xx, 259 930-xx, 259 940-xx)

Einführung	1
Handbetrieb und Einrichten	2
Programm-Test und Programmlauf	3
Programmieren	4
Werkzeug-Bewegungen programmieren	5
Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen	6
Programmieren mit Q-Parametern	7
Zyklen	8
Externe Datenübertragung	9
MOD-Funktionen	10
Tabellen, Übersichten, Diagramme	11

1 Einführung

1.1 Die TNC 425, TNC 415 B und TNC 407	1-2
Das Bedienfeld	1-4
Die Bildschirm-Einheit	1-5
TNC-Zubehör	1-8
1.2 Grundlagen	1-9
Einführung	1-9
Was heißt NC?	1-9
Bearbeitungsprogramm	1-9
Programm-Eingabe	1-9
Bezugssystem	1-10
Rechtwinkliges Koordinatensystem	1-10
Zusatzachsen	1-11
Polarkoordinaten	1-11
Festlegung des Pols	1-12
Bezugspunkt-Setzen	1-12
Absolute Werkstück-Positionen	1-14
Inkrementale Werkstück-Positionen	1-14
Werkzeugbewegung programmieren	1-17
Wegmeßsysteme	1-17
Referenzmarken	1-17
1.3 Einschalten	1-18
1.4 Grafiken und Status-Anzeigen	1-19
Grafik während des Programmlaufs	1-19
Draufsicht	1-20
Darstellung in 3 Ebenen	1-21
Cursorposition bei der Darstellung in 3 Ebenen	1-22
3D-Darstellung	1-22
Ausschnitts-Vergrößerung	1-24
Grafische Simulation wiederholen	1-25
Bearbeitungszeit ermitteln	1-25
Status-Anzeigen	1-26
Zusätzliche Status-Anzeigen	1-26
1.5 Dateien	1-29
Datei-Übersicht	1-29
Datei-Status	1-30
Datei wählen	1-30
Datei kopieren	1-31
Datei löschen	1-31
Datei schützen, umbenennen und konvertieren	1-32
Datei-Verwaltung für Dateien, die extern gespeichert sind	1-34

2 Handbetrieb und Einrichten

2.1 Verfahren der Maschinenachsen	2-2
Verfahren mit den externen Richtungstasten	2-2
Verfahren mit elektronischen Handrädern	2-3
Arbeiten mit dem elektronischen Handrad HR 330	2-3
Schrittweises Positionieren	2-4
Positionieren mit Handeingabe	2-4
2.2 Spindeldrehzahl S, Vorschub F und Zusatz-Funktion M	2-5
Spindeldrehzahl S eingeben	2-5
Zusatz-Funktion M eingeben	2-6
Spindeldrehzahl S ändern	2-6
Vorschub F ändern	2-6
2.3 Bezugspunkt-Setzen ohne 3D-Tastsystem	2-7
Bezugspunkt-Setzen in der Zustellachse	2-7
Bezugspunkt-Setzen in der Bearbeitungsebene	2-8
2.4 3D-Tastsystem	2-9
3D-Tastsystem einsetzen	2-9
Antastfunktionen anwählen	2-9
3D-Tastsystem kalibrieren	2-10
Werkstück-Schiefelage kompensieren	2-12
2.5 Bezugspunkt-Setzen mit dem 3D-Tastsystem	2-14
Bezugspunkt-Setzen in einer beliebigen Achse	2-14
Ecke als Bezugspunkt	2-15
Kreismittelpunkt als Bezugspunkt	2-17
Bezugspunkte über Bohrungen setzen	2-19
2.6 Messen mit dem 3D-Tastsystem	2-20
Koordinate einer Position am ausgerichteten Werkstück bestimmen	2-20
Koordinaten eines Eckpunktes in der Bearbeitungsebene bestimmen	2-20
Werkstückmaße bestimmen	2-21
Winkel messen	2-22
2.7 Bearbeitungsebene schwenken (nicht bei TNC 407)	2-24
Referenzpunkte anfahren bei geschwenkten Achsen	2-24
Bezugspunkt setzen im geschwenkten System	2-24
Positions-Anzeige im geschwenkten System	2-25
Einschränkungen beim Arbeiten mit der Funktion Bearbeitungsebene schwenken	2-25
Manuelles Schwenken aktivieren	2-26

3 Programm-Test und Programmlauf

3.1	Programm-Test	3-2
	Programm-Test ausführen	3-2
	Programm-Test bis zu einem bestimmten Satz ausführen	3-3
	Anzeige-Funktionen für den Programm-Test	3-3
3.2	Programmlauf	3-4
	Bearbeitungsprogramm ausführen	3-4
	Bearbeitung unterbrechen	3-5
	Maschinenachsen während einer Unterbrechung verfahren	3-6
	Fortfahren nach einer Unterbrechung	3-6
	Beliebiger Einstieg ins Programm	3-8
	Wiederanfahren an die Kontur	3-9
3.3	Sätze überspringen	3-10
3.4	Blockweises Übertragen: Lange Programme testen und ausführen	3-11

4 Programmieren

4.1 Bearbeitungsprogramme erstellen	4-2
Aufbau eines Programms	4-2
Editier-Funktionen	4-3
4.2 Werkzeuge	4-5
Werkzeug-Daten bestimmen	4-5
Aufmaße für Länge und Radien – Deltawerte	4-6
Werkzeug-Daten ins Programm eingeben	4-7
Werkzeug-Daten in Tabellen eingeben	4-8
Werkzeug-Daten in Tabellen	4-10
Platz-Tabelle für Werkzeugwechsler	4-12
Werkzeug-Daten aufrufen	4-13
Werkzeugwechsel	4-13
Automatischer Werkzeugwechsel: M101	4-14
4.3 Werkzeug-Korrekturwerte	4-15
Wirksamkeit der Werkzeug-Korrekturwerte	4-15
Werkzeugradius-Korrektur	4-15
Ecken bearbeiten	4-17
4.4 Programm-Eröffnung	4-18
Rohteil definieren	4-18
Neues Bearbeitungsprogramm eröffnen	4-19
4.5 Werkzeugbezogene Eingaben	4-21
Vorschub F	4-21
Spindeldrehzahl S	4-22
4.6 Zusatz-Funktionen und Programmlauf-Halt eingeben	4-23
4.7 Ist-Position übernehmen	4-24
4.8 Sätze zum Überspringen kennzeichnen	4-25
4.9 Text-Dateien	4-26
Textteile suchen	4-28
Zeichen, Wörter und Zeilen löschen und wieder einfügen	4-29
Textblöcke bearbeiten	4-30
4.10 Paletten-Dateien erstellen	4-32
4.11 Kommentare ins Programm einfügen	4-34
Programmsätze sofort kommentieren	4-34

5 Werkzeug-Bewegungen programmieren

5.1	Allgemeines zum Programmieren von Werkzeug-Bewegungen ...	5-2
5.2	Kontur anfahren und verlassen	5-4
	Start- und Endpunkt einer Bearbeitung	5-4
	Tangentiales An- und Wegfahren	5-6
5.3	Bahnfunktionen	5-7
	Allgemeines	5-7
	Maschinenachsen programmgesteuert verfahren	5-7
	Bahnfunktions-Übersicht	5-9
5.4	Bahnbewegungen – rechtwinklige Koordinaten	5-10
	Gerade im Eilgang G00	5-10
	Gerade mit Vorschub G01 F	5-10
	Fase G24	5-13
	Kreise und Kreisbögen – Allgemeines	5-15
	Kreismittelpunkt I, J, K	5-16
	Kreisbahn G02/G03/G05 um Kreismittelpunkt I, J, K	5-18
	Kreisbahn G02/G03/G05 mit festgelegtem Radius	5-21
	Kreisbahn G06 mit tangentialem Anschluß	5-24
	Ecken-Runden G25	5-26
5.5	Bahnbewegungen – Polarkoordinaten	5-28
	Polarkoordinaten-Ursprung: Pol I, J, K	5-28
	Gerade im Eilgang G10	5-28
	Gerade mit Vorschub G11 F —	5-28
	Kreisbahn G12/G13/G15 um Pol I, J, K	5-30
	Kreisbahn G16 mit tangentialem Anschluß	5-32
	Schraubenlinie (Helix)	5-33
5.6	Zusatz-Funktionen für Bahnverhalten und Koordinatenangaben	5-36
	Ecken verschleifen: M90	5-36
	Kleine Konturstufen bearbeiten: M97	5-37
	Offene Konturrecken vollständig bearbeiten: M98	5-38
	Maschinenbezogene Koordinaten programmieren M91/M92	5-39
	Vorschubfaktor für Eintauchbewegungen: M103 F—	5-40
	Vorschubgeschwindigkeit bei Kreisbögen: M109/M110/M111	5-41
	Rundungskreis zwischen Geradenstücken einfügen: M112 T—	5-41
	Automatische Korrektur der Maschinengeometrie beim Arbeiten mit Schwenkachsen – M114	5-42
	Vorschub in mm/min bei Winkelachsen A, B, C: M116	5-43
	Handrad-Positionierung während des Programmlaufs überlagern: M118 X— Y— Z—	5-43
5.7	Positionieren mit Handeingabe: Systemdatei \$MDI	5-44

6 Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

6.1	Unterprogramme	6-2
	Arbeitsweise	6-2
	Programmier-Hinweise	6-2
	Unterprogramm programmieren und aufrufen	6-3
6.2	Programmteil-Wiederholungen	6-5
	Arbeitsweise	6-5
	Programmier-Hinweise	6-5
	Programmteil-Wiederholung programmieren und aufrufen	6-5
6.3	Hauptprogramm als Unterprogramm	6-8
	Arbeitsweise	6-8
	Programmier-Hinweise	6-8
	Hauptprogramm als Unterprogramm aufrufen	6-8
6.4	Verschachtelungen	6-9
	Verschachtelungs-Tiefe	6-9
	Unterprogramm im Unterprogramm	6-9
	Programmteil-Wiederholungen wiederholen	6-11
	Unterprogramm wiederholen	6-12

7 Programmieren mit Q-Parametern

7.1	Teilfamilien – Q-Parameter anstelle von Zahlenwerten	7-4
7.2	Konturen durch mathematische Funktionen beschreiben	7-7
	Funktions-Übersicht	7-7
7.3	Winkelfunktionen (Trigonometrie)	7-10
	Funktions-Übersicht	7-10
7.4	Wenn/dann-Entscheidungen mit Q-Parametern	7-11
	Sprünge	7-11
	Funktions-Übersicht	7-11
7.5	Q-Parameter kontrollieren und ändern	7-13
7.6	Sonstige Funktionen	7-14
	Meldungen ausgeben	7-14
	Ausgaben über eine externe Datenschnittstelle	7-15
	Zuweisung an die PLC	7-15
7.7	Formel direkt eingeben	7-16
	Funktions-Übersicht	7-16
7.8	Messen mit dem 3D-Tastsystem während des Programmlaufs .	7-19
7.9	Programm-Beispiele	7-21

8 Zyklen

8.1 Allgemeines zu den Zyklen	8-2
Zyklus programmieren.....	8-2
Maßangaben in der Werkzeug-Achse	8-3
8.2 Einfachere Bearbeitungszyklen	8-4
TIEFBOHREN G83	8-4
GEWINDEBOHREN MIT AUSGLEICHSFUTTER G84	8-6
GEWINDEBOHREN OHNE AUSGLEICHSFUTTER G85	8-8
GEWINDESCHNEIDEN G86	8-8
NUTENFRAESEN G74	8-9
TASCHENFRAESEN G75/G76	8-11
KREISTASCHE G77/G78	8-13
8.3 SL-Zyklen (Gruppe I)	8-15
KONTUR G37	8-16
AUSRAEUMEN G57	8-17
ÜBERLAGERTE KONTUREN	8-19
VORBOHREN G56	8-25
KONTURFRAESEN G58/G59	8-26
8.4 SL-Zyklen (Gruppe II)	8-29
KONTUR-DATEN G120	8-30
VORBOHREN G121	8-31
RAEUMEN G122	8-32
SCHLICHTEN TIEFE G123	8-32
SCHLICHTEN SEITE G124	8-33
Übungsbeispiel: Rechtecktasche mit runder Insel	8-33
KONTUR-ZUG G125	8-35
8.5 Zyklen zur Koordinaten-Umrechnung	8-37
NULLPUNKT-Verschiebung G54	8-38
NULLPUNKT-Verschiebung mit Nullpunkt-Tabellen G53	8-40
SPIEGELN G28	8-42
DREHUNG G73	8-44
MAßFAKTOR G72	8-45
8.6 Sonstige Zyklen	8-47
VERWEILZEIT G04	8-47
PROGRAMM-AUFRUF G39	8-47
SPINDEL-ORIENTIERUNG G36	8-48

9 Externe Datenübertragung

9.1	Menü zur externen Datenübertragung	9-2
9.2	Dateien anwählen und übertragen	9-3
	Datei anwählen	9-3
	Datei umbenennen	9-3
	Dateien übertragen	9-3
	Blockweises Übertragen	9-4
9.3	Steckerbelegung und Anschlußkabel für Datenschnittstellen	9-5
	Schnittstelle V.24/RS-232-C	9-5
	Schnittstelle V.11/RS-422	9-6
9.4	Geräte für Datenübertragung vorbereiten	9-7
	HEIDENHAIN Geräte	9-7
	Fremdgeräte	9-7

10 MOD-Funktionen

10.1 MOD-Funktionen anwählen, ändern und verlassen	10-3
10.2 Software- und Options-Nummern	10-3
10.3 Schlüssel-Zahl eingeben	10-4
10.4 Externe Datenschnittstellen einrichten	10-4
RS-232-Schnittstelle einrichten	10-4
RS-422-Schnittstelle einrichten	10-4
BETRIEBSART wählen	10-4
Abwärtskompatibilität	10-5
BAUD-RATE einstellen	10-5
ZUWEISUNG	10-5
PRINT und PRINT-TEST	10-6
10.5 Maschinenspezifische Anwender-Parameter	10-7
10.6 Rohteil im Arbeitsraum darstellen	10-7
Funktions-Übersicht	10-8
10.7 Positions-Anzeige wählen	10-9
10.8 Maßsystem wählen	10-10
10.9 Programmiersprache für \$MDI wählen	10-10
10.10 Verfahrbereichs-Begrenzungen eingeben	10-11
10.11 HELP-Dateien anzeigen	10-12

11 Tabellen, Übersichten, Diagramme

11.1 Allgemeine Anwender-Parameter	11-2
Eingabemöglichkeiten für Maschinen-Parameter	11-2
Allgemeine Anwender-Parameter anwählen	11-2
Parameter für die externe Datenübertragung	11-3
Parameter für 3D-Tastsysteme	11-5
Parameter für TNC-Anzeigen und den Editor	11-6
Parameter für Bearbeitungen und den Programmlauf	11-12
Parameter für das elektronische Handrad	11-15
11.2 Zusatz-Funktionen (M-Funktionen)	11-17
Zusatz-Funktionen mit festgelegter Wirkung	11-17
Freie Zusatz-Funktionen	11-18
11.3 Vorbelegte Q-Parameter	11-19
11.4 Diagramme zur Werkstück-Bearbeitung	11-21
Spindel-Drehzahl S	11-21
Vorschub F	11-22
Vorschub F beim Gewindeschneiden	11-23
11.5 Technische Information	11-24
Programmierbare Funktionen	11-25
Zubehör	11-27
11.6 TNC-Meldetexte	11-28
TNC-Meldetexte beim Programmieren	11-28
TNC-Meldetexte beim Programm-Test und Programmlauf	11-29
11.7 Adressbuchstaben (DIN/ISO)	11-33
G-Funktionen	11-33
Parameter-Definitionen	11-35

1 Einführung

1

1.1 Die TNC 425, TNC 415 B und TNC 407	1-2
Das Bedienfeld	1-4
Die Bildschirm-Einheit	1-5
TNC-Zubehör	1-8
1.2 Grundlagen	1-9
Einführung	1-9
Was heißt NC?	1-9
Bearbeitungsprogramm	1-9
Programm-Eingabe	1-9
Bezugssystem	1-10
Rechtwinkliges Koordinatensystem	1-10
Zusatzachsen	1-11
Polarkoordinaten	1-11
Festlegung des Pols	1-12
Bezugspunkt-Setzen	1-12
Absolute Werkstück-Positionen	1-14
Inkrementale Werkstück-Positionen	1-14
Werkzeugbewegung programmieren	1-17
Wegmeßsysteme	1-17
Referenzmarken	1-17
1.3 Einschalten	1-18
1.4 Grafiken und Status-Anzeigen	1-19
Grafik während des Programmlaufs	1-19
Draufsicht	1-20
Darstellung in 3 Ebenen	1-21
Cursorposition bei der Darstellung in 3 Ebenen	1-22
3D-Darstellung	1-22
Ausschnitts-Vergrößerung	1-24
Grafische Simulation wiederholen	1-25
Bearbeitungszeit ermitteln	1-25
Status-Anzeigen	1-26
Zusätzliche Status-Anzeigen	1-26
1.5 Dateien	1-29
Datei-Übersicht	1-29
Datei-Status	1-30
Datei wählen	1-30
Datei kopieren	1-31
Datei löschen	1-31
Datei schützen, umbenennen und konvertieren	1-32
Datei-Verwaltung für Dateien, die extern gespeichert sind	1-34

1.1 Die TNC 425, TNC 415 B und TNC 407

Die TNCs sind werkstattprogrammierbare Bahnsteuerungen für Fräsmaschinen, Bohrmaschinen und Bearbeitungszentren mit bis zu fünf Achsen.

Zusätzlich lässt sich die Spindel ausrichten (Spindel-Orientierung).

In den TNCs sind immer eine Betriebsart für Maschinenbewegungen (Maschinen-Betriebsart) und eine Betriebsart zum Programmieren und Programm-Test (Programmier-Betriebsart) gleichzeitig – parallel – aktiv.

Die TNC 425

Bei der TNC 425 wird die Geschwindigkeit digital in der Steuerung geregelt.

Die TNC 425 ermöglicht eine sehr hohe Konturtreue, auch dann, wenn komplexe Werkstück-Geometrien mit hohen Geschwindigkeiten bearbeitet werden.

Die TNC 415 B

Bei der TNC 415 B wird die Geschwindigkeit analog im Antriebsverstärker geregelt.

Alle Funktionen der TNC 425 lassen sich auch bei der TNC 415 B nutzen.

Die TNC 407

Bei der TNC 407 wird die Geschwindigkeit analog im Antriebsverstärker geregelt.

Bis auf die folgenden Ausnahmen lassen sich auch bei der TNC 407 alle Funktionen der TNC 425 nutzen:

- Grafik während des Programmlaufs
- Bearbeitungsebene schwenken
- Geradenbewegung in mehr als drei Achsen

Technische Unterschiede der TNCs

	TNC 425	TNC 415 B	TNC 407
Geschwindigkeitsregelung	digital	analog	analog
Satzverarbeitungs-Zeit	4 ms	4 ms	24 ms
Regelkreis-Zykluszeit: • Lageregler	3 ms	2 ms	6 ms
Regelkreis-Zykluszeit: • Geschwindigkeitsregler	0,6 ms	—	—
Programmspeicher	256 kbyte	256 kbyte	128 kbyte
Eingabefeinheit	0,1 µm	0,1 µm	1 µm

Bildschirm-Einheit und Bedienfeld

Auf dem 14-Zoll-Farbbildschirm werden alle Informationen übersichtlich dargestellt, die beim Einsatz der TNC benötigt werden. Die Tasten auf dem Bedienfeld sind nach ihrer Funktion gruppiert. Das erleichtert es, Programme einzugeben und die TNC-Funktionen zu nutzen.

Programmierung

Die TNCs werden nach DIN/ISO programmiert. Die TNCs können auch im leicht verständlichen HEIDENHAIN Klartext-Dialog programmiert werden. Hierfür gibt es ein gesondertes Benutzer-Handbuch.

Grafik

Für einen Programmlauf (nur TNC 415 B, TNC 425) oder Programm-Test läßt sich die Bearbeitung des Werkstücks simulieren. Dafür sind verschiedene Darstellungsarten wählbar.

Kompatibilität

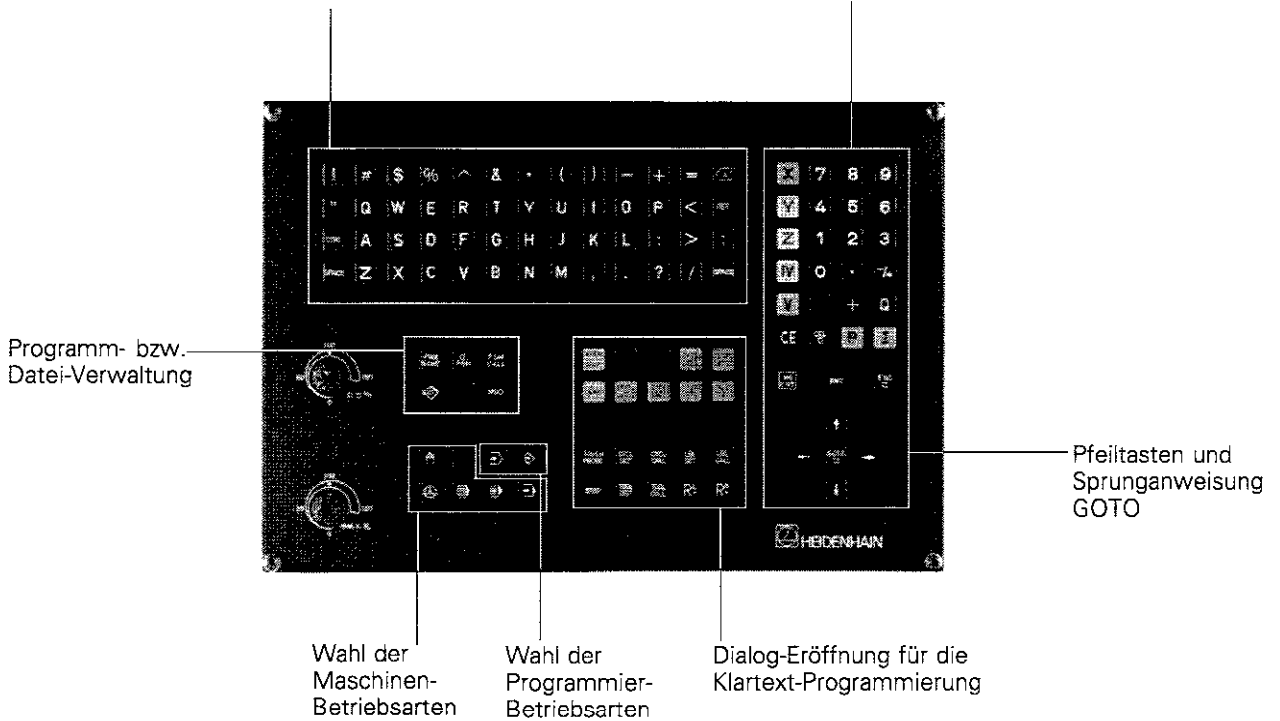
Die TNCs können alle Bearbeitungsprogramme ausführen, die an HEIDENHAIN Steuerungen ab der TNC 150 B erstellt wurden.

Das Bedienfeld


Auf dem TNC-Bedienfeld sind alle Tasten mit Abkürzungen und Symbolen versehen, die sich gut merken lassen. Die Tasten sind nach ihrer Funktion in folgende Gruppen zusammengefaßt:

Alpha-Tastatur:
Eingabe von Datei-Namen,
Kommentaren und anderen Texten;
DIN/ISO-Programmierung

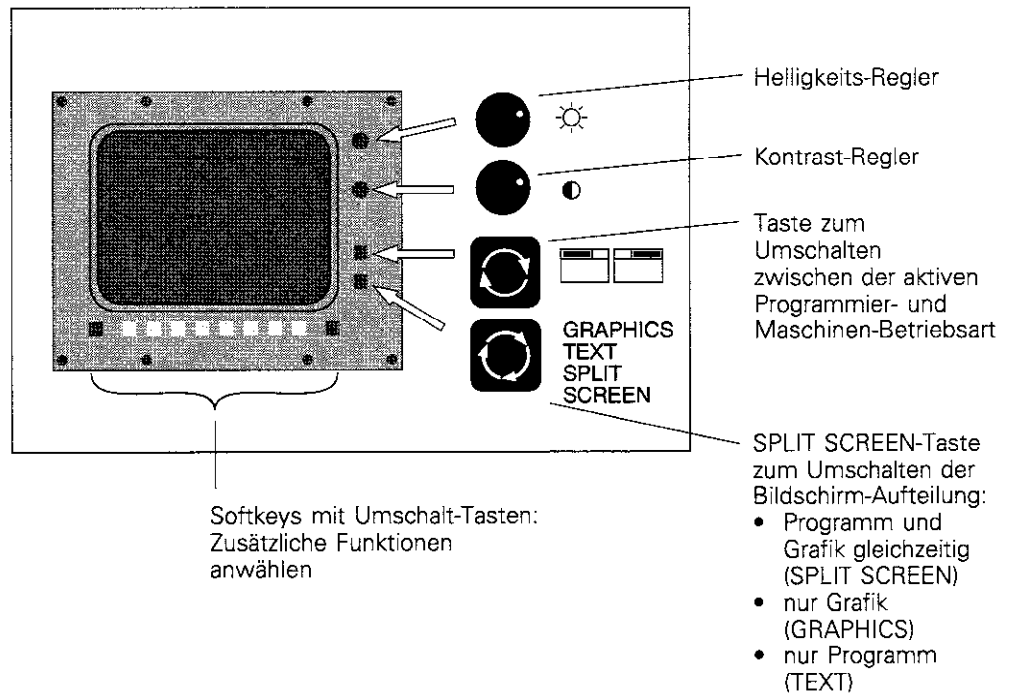
Zahlen-Eingaben und Achswahl



Die Funktion der einzelnen Tasten ist auf der ersten Einklappseite beschrieben.

Externe Tasten, z.B.  (NC-Start), werden im Maschinen-Handbuch erklärt. Sie sind in diesem Handbuch grau gerastert.

Die Bildschirm-Einheit



Kopfzeile

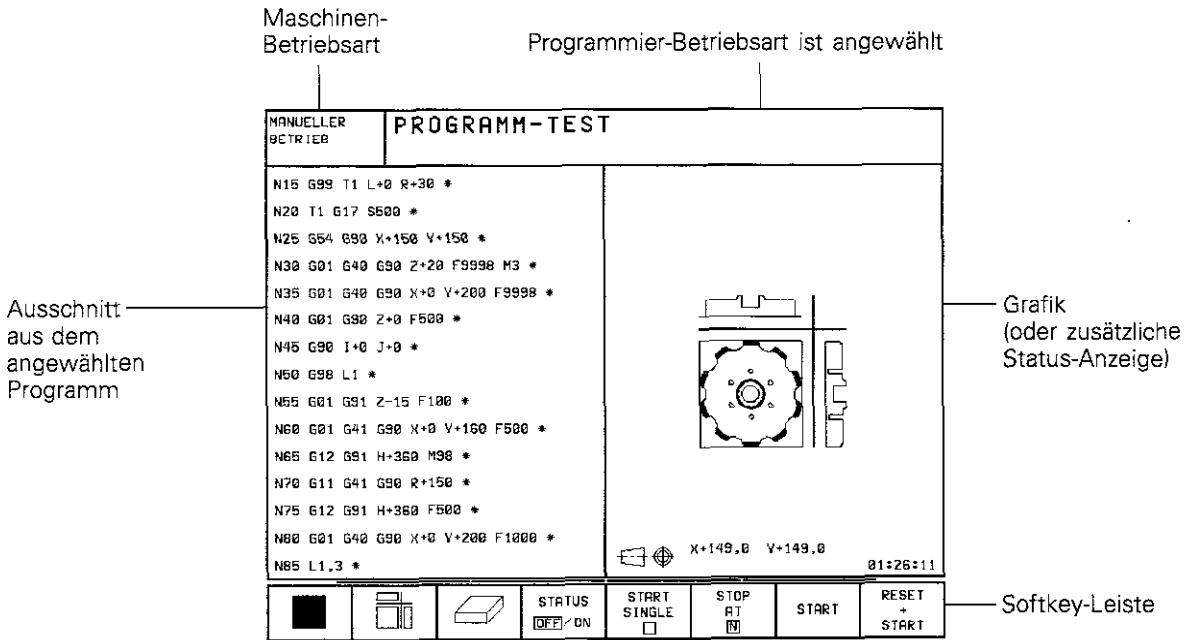
In der Kopfzeile des Bildschirms stehen die angewählten Betriebsarten: Maschinen-Betriebsarten links und Programmier-Betriebsarten rechts. Die Betriebsart, auf die der Bildschirm geschaltet ist, steht im größeren Feld der Kopfzeile. Dort erscheinen auch Dialogfragen und TNC-Meldetexte.

Softkeys

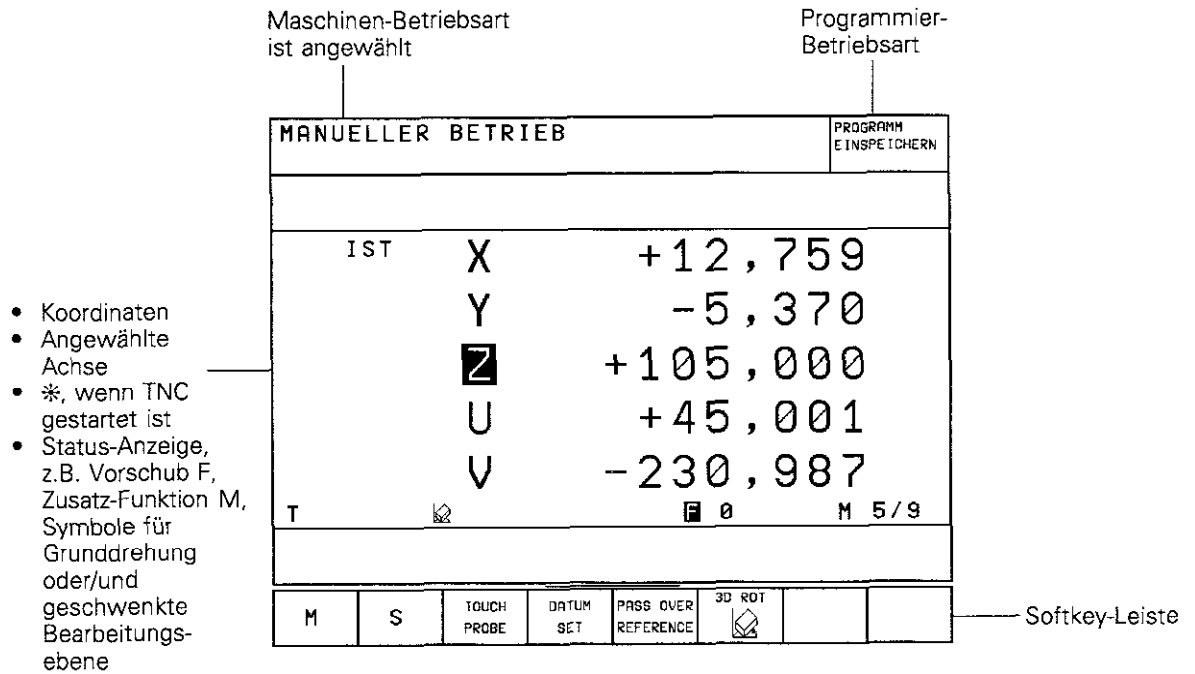
Die Softkeys beziehen sich auf die Funktionen, die in der Softkey-Leiste unten im Bildschirm angezeigt werden. Mit den Umschalt-Tasten wird die Softkey-Leiste auf weitere Funktionen umgeschaltet. Die angewählte Softkey-Leiste und die Umschaltmöglichkeiten werden mit Balken symbolisiert: Die Anzahl der Balken entspricht der Anzahl der über Umschalttasten anwählbaren Softkey-Leisten. Für die angewählte Leiste ist ein bestimmter Balken farblich hervorgehoben.

Bildschirm-Aufteilung in den Betriebsarten

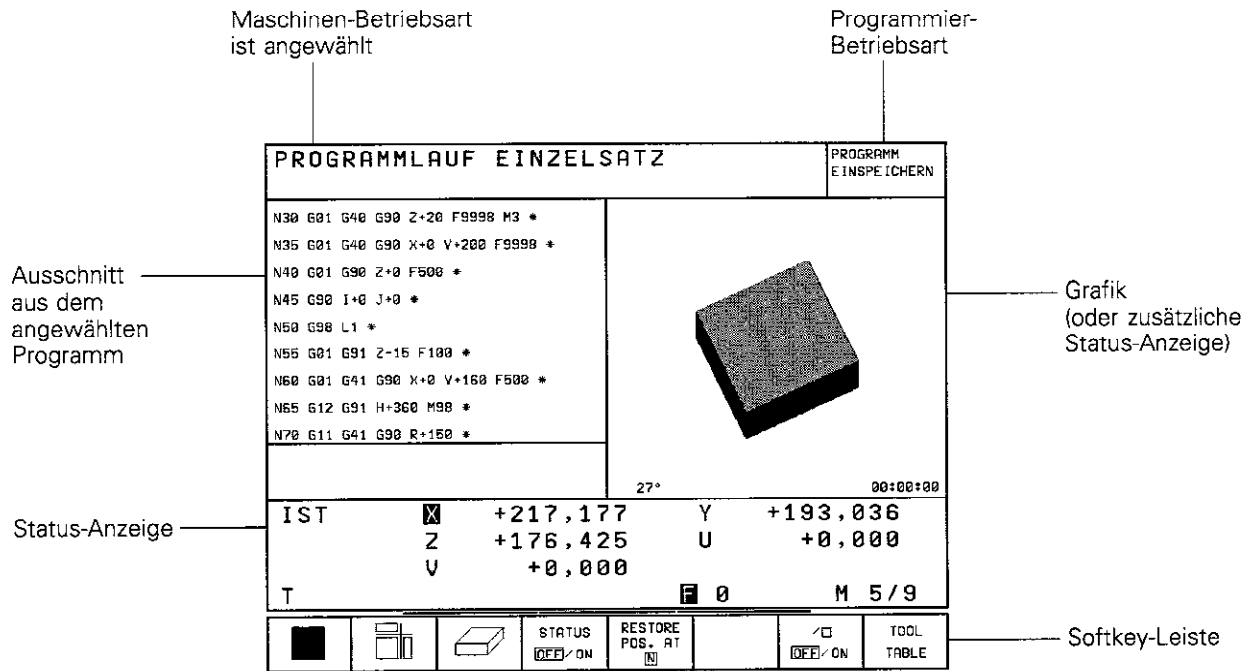
Programmier-Betriebsart:



Betriebsarten MANUELLER BETRIEB und EL.HANDRAD:



Programmlauf-Betriebsart:



TNC-Zubehör

3D-Tastsysteme

Die TNC stellt für den Einsatz von HEIDENHAIN 3D-Tastsystemen folgende Funktionen zur Verfügung:

- automatisches Werkstück-Ausrichten (Werkstück-Schiefelage kompensieren)
- Bezugspunkt-Setzen
- Messungen am Werkstück während des Programmlaufs
- Digitalisieren von 3D-Formen (Option)

Das Tastsystem TS 120 nutzt eine Kabel-, das TS 510 eine Infrarot-Übertragungsstrecke.

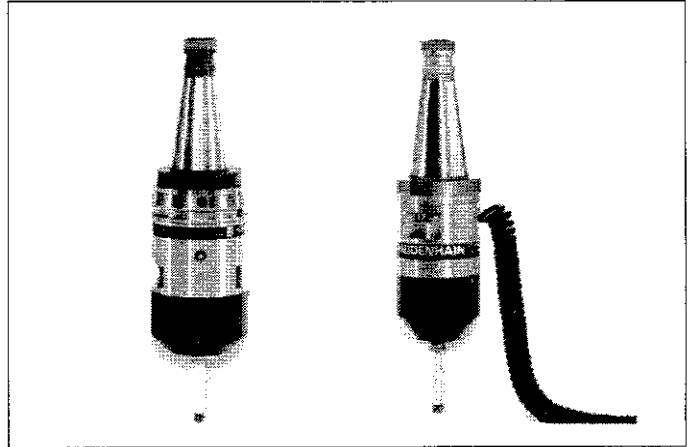


Abb. 1.6: HEIDENHAIN 3D-Tastsysteme TS 511 und TS 120

Disketten-Einheit

Die HEIDENHAIN Disketten-Einheit FE 401 dient der TNC als externer Speicher: Programme und Tabellen lassen sich auf Disketten auslagern. Mit der FE 401 können auch Programme zur TNC übertragen werden, die an einem PC erstellt wurden.

Sehr umfangreiche Programme, die die Speicherkapazität der TNC überschreiten, werden „blockweise“ übertragen: Während die Maschine die eingelesenen Sätze ausführt und danach sofort wieder löscht, überträgt die Disketten-Einheit weitere Programmsätze in die TNC.

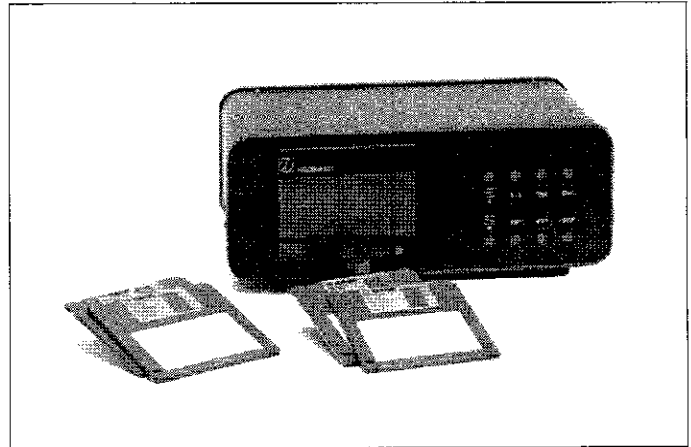


Abb. 1.7: HEIDENHAIN Disketten-Einheit FE 401

Elektronische Handräder

Die „elektronischen Handräder“ erleichtern das präzise manuelle Verfahren der Achsschlitten. Wie an einer konventionellen Maschine bewirkt ein Drehen am Handrad, daß sich der Maschinenschlitten um einen bestimmten Betrag bewegt. Der Verfahrensweg pro Umdrehung ist dabei in einem weiten Bereich wählbar.

Portable Handräder, z.B. das HR330, werden mit einem Kabel an die TNC angeschlossen.

Einbau-Handräder, z.B. das HR130, werden in die Maschinen-Tastatur eingebaut. Mit einem Adapter lassen sich bis zu drei Handräder gleichzeitig anschließen.

Über die Handrad-Konfiguration an einer Maschine informiert der Maschinen-Hersteller.

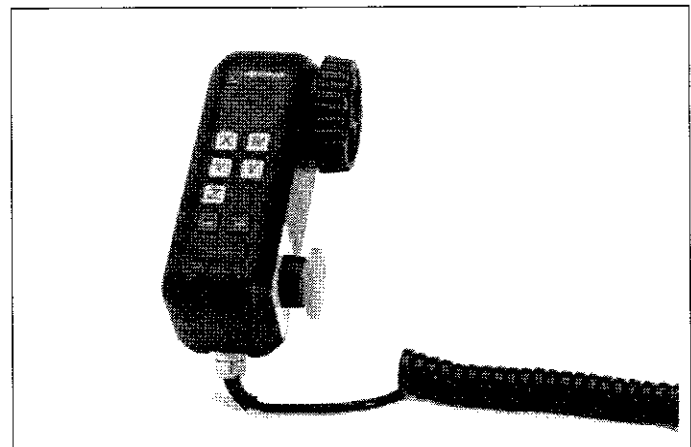


Abb. 1.8: Das elektronische Handrad HR 330

1.2 Grundlagen

Einführung

Dieses Kapitel behandelt die folgenden Punkte:

- Was heißt NC?
- Bearbeitungsprogramm
- Programm-Eingabe
- Bezugssystem
- Rechtwinkliges Koordinatensystem
- Zusatzachsen
- Polarkoordinaten
- Festlegung des Pols
- Bezugspunkt-Setzen
- Absolute Werkstück-Positionen
- Inkrementale Werkstück-Positionen
- Werkzeugbewegungen programmieren
- Wegmeßsysteme
- Referenzmarken

Was heißt NC?

Der deutsche Begriff für „NC“ (**N**umerical **C**ontrol) lautet numerische Steuerung, also „Steuerung mit Hilfe von Zahlen“.
Moderne Steuerungen wie die TNCs besitzen dafür einen eingebauten Computer. Sie werden deshalb auch CNC (Computerized NC) genannt.

Bearbeitungsprogramm

Im Bearbeitungsprogramm wird die Werkstück-Bearbeitung festgelegt. Im Programm stehen beispielsweise die Zielposition, auf die sich das Werkzeug bewegen soll, die Werkzeugbahn – also wie das Werkzeug zu einer Zielposition bewegt werden soll – und der dazugehörige Vorschub. Auch Informationen über Radius und Länge der eingesetzten Werkzeuge, Drehzahl und Werkzeugachse müssen im Programm festgelegt sein.

Programm-Eingabe

Die Programm-Eingabe nach DIN/ISO ist zum Teil dialoggeführt. Die Reihenfolge der Eingabe von Einzelbefehlen (Wörtern) innerhalb von Sätzen ist beliebig (außer bei G90/G91). Die Einzelbefehle werden von der TNC nach Abschluß des Satzes automatisch sortiert.

Bezugssystem

Um Positionen angeben zu können, braucht man grundsätzlich ein Bezugssystem.

Beispielsweise können Orte auf der Erde durch ihre geographischen Koordinaten (Koordinaten: lat. „Zugeordnete“; Größen zur Angabe bzw. Festlegung von Positionen) „Länge“ und „Breite“ „absolut“ angegeben werden: das Netz der Längen- und Breitenkreise stellt ein „absolutes Bezugssystem“ dar – im Gegensatz zu einer „relativen“ Positionsangabe, d.h. mit Bezug auf einen anderen, bekannten Ort.

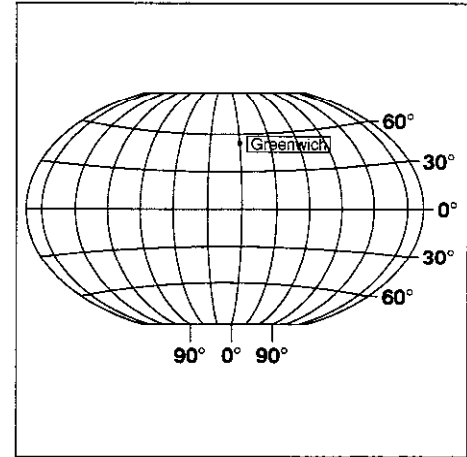


Abb. 1.9: Das geographische Koordinatensystem ist ein absolutes Bezugssystem

Rechtwinkliges Koordinatensystem

Zur Bearbeitung eines Werkstücks auf einer Fräsmaschine, die mit einer TNC-Bahnsteuerung ausgerüstet ist, geht man generell von einem werkstückfesten kartesischen (= rechtwinkligen, nach dem französischen Mathematiker und Philosophen René Descartes, lateinisch Renatus Cartesius; 1596 bis 1650) Koordinatensystem aus, das aus den drei, zu den Maschinenachsen parallelen Koordinatenachsen X, Y und Z besteht; denkt man sich den Mittelfinger der rechten Hand in Richtung der Werkzeugachse vom Werkstück zum Werkzeug zeigend, so weist er in Richtung der positiven

Z-Achse, der Daumen in Richtung der positiven X-Achse und der Zeigefinger in Richtung der positiven Y-Achse.

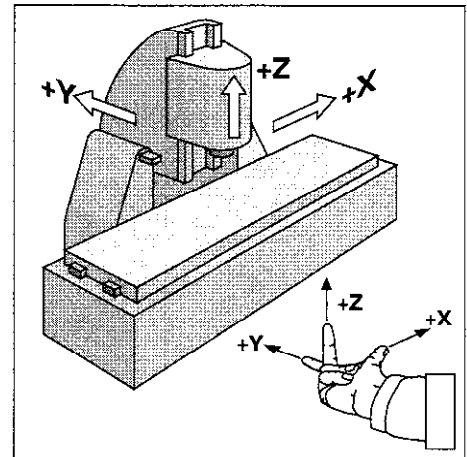


Abb. 1.10: Benennung und Richtungen der Maschinenachsen an einer Fräsmaschine

Zusatzachsen

Die TNCs können Maschinen mit mehr als drei Achsen steuern. Neben den Hauptachsen X, Y und Z können dies die dazu parallel liegenden Zusatzachsen **U, V** und **W** sein (siehe Bild). Auch **Drehachsen** sind möglich; sie werden – wie abgebildet – mit **A, B** und **C** bezeichnet.

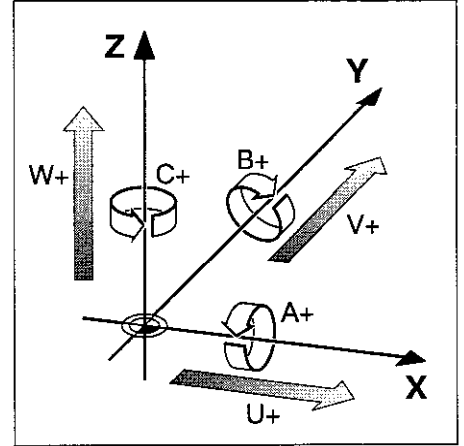


Abb 1.11: Ausrichtung und Benennung der Zusatzachsen

Polarkoordinaten

Das rechtwinklige Koordinatensystem eignet sich besonders gut, wenn die Fertigungszeichnung rechtwinklig bemaßt ist. Bei Werkstücken mit Kreisbögen oder bei Winkelangaben ist es oft einfacher, Positionen mit Polarkoordinaten festzulegen.

Polarkoordinaten beschreiben – im Gegensatz zu den rechtwinkligen Koordinaten X, Y und Z – nur Positionen in einer Ebene.

Polarkoordinaten haben ihren Nullpunkt im **Pol I, J, K**. Um eine Position durch Polarkoordinaten zu beschreiben, denkt man sich einen Maßstab, dessen Nullpunkt mit dem Pol fest verbunden ist, der sich jedoch in der Ebene um den Pol beliebig drehen läßt.

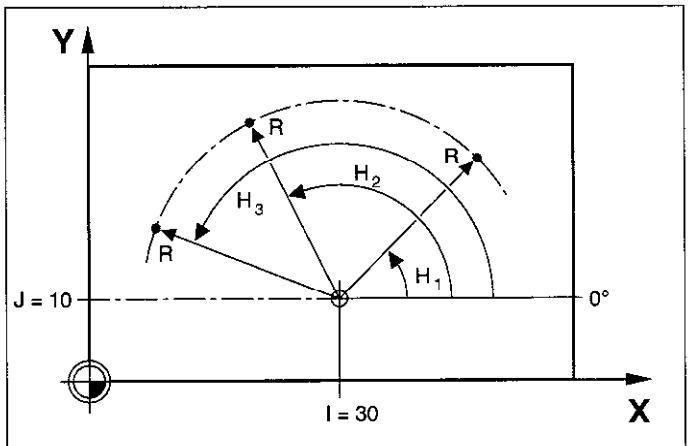


Abb 1.12: Positionsangaben auf einer Kreisbahn mit Polarkoordinaten

Positionen in dieser Ebene lassen sich angeben durch den

- **Polarkoordinaten-Radius R** – der dem Abstand vom Pol I, J zur Position entspricht und den
- **Polarkoordinaten-Winkel H** – das ist der Winkel von der Bezugsachse zum Maßstab.

Festlegung des Pols

Der Pol wird durch zwei Koordinaten im rechtwinkligen Koordinatensystem festgelegt. Diese beiden Koordinaten bestimmen gleichzeitig die Bezugs-achse für den Polarkoordinaten-Winkel H .

Pol-Koordinaten	Winkelbezugsachse
I, J	+X
J, K	+Y
K, I	+Z

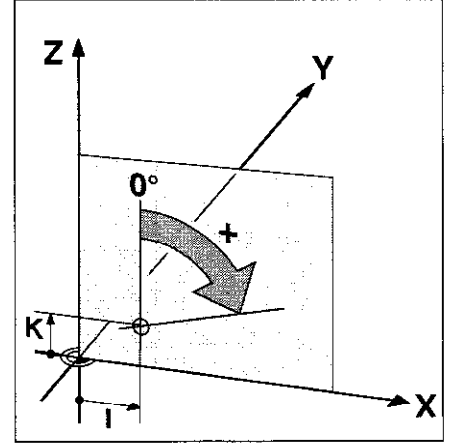
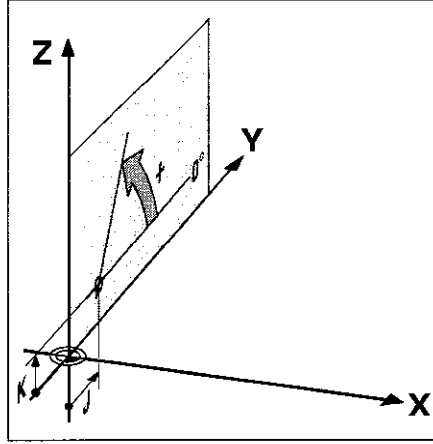
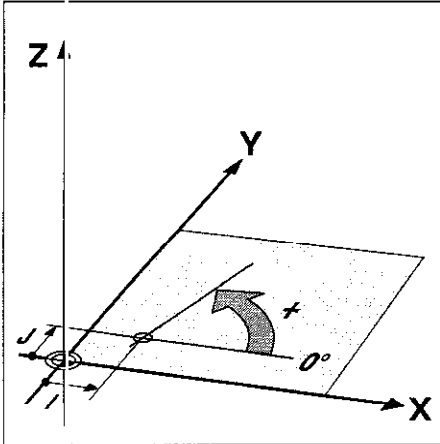


Abb 1.13: Zuordnung von Pol-Koordinaten und Winkelbezugsachsen

Bezugspunkt-Setzen

Die Werkstück-Zeichnung gibt für die Bearbeitung ein bestimmtes Formelement des Werkstücks (meist eine Werkstück-Ecke) als „absoluten Bezugspunkt“ und eventuell ein oder mehrere Formelemente als relative Bezugspunkte vor. Durch den Vorgang des Bezugspunkt-Setzens wird diesen Bezugspunkten der Ursprung des absoluten bzw. der relativen Koordinatensysteme zugeordnet: Das Werkstück wird – zu den Maschinenachsen ausgerichtet – in eine bestimmte Position relativ zum Werkzeug gebracht und die Anzeige entweder auf Null oder den entsprechenden Positionswert (z.B. um den Werkzeug-Radius zu berücksichtigen) gesetzt.

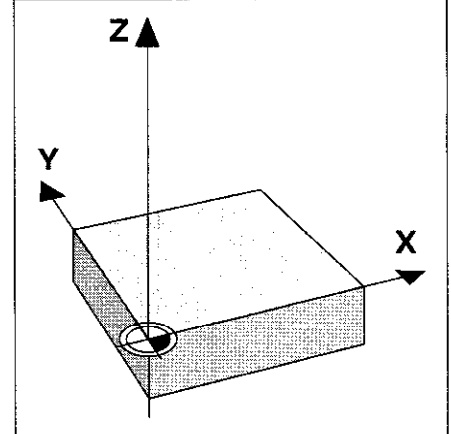
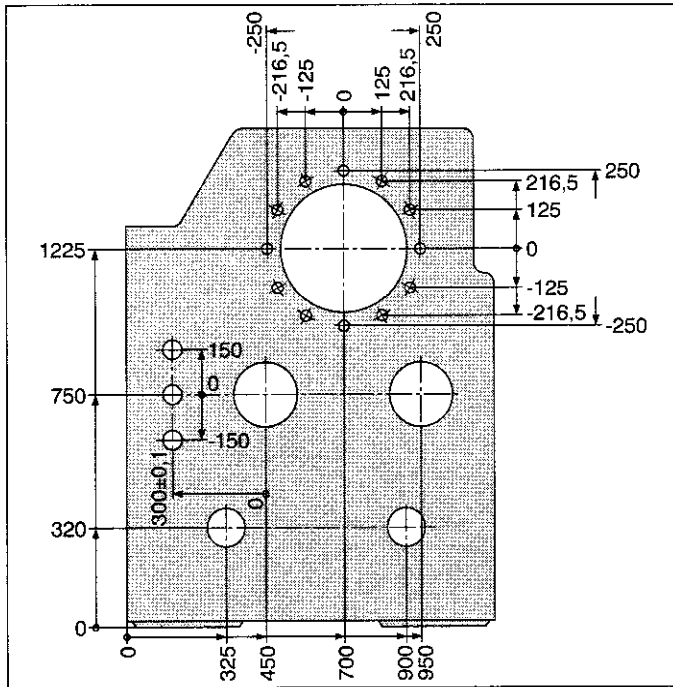


Abb 1.14: Der Ursprung des rechtwinkligen Koordinaten-Systems und der Werkstück-Nullpunkt fallen zusammen

Beispiel:

Zeichnung mit mehreren relativen Bezugspunkten (nach DIN 406, Teil 11; Bild 171)

**Beispiel:**

Koordinaten des Punktes ①:

$X = 10 \text{ mm}$

$Y = 5 \text{ mm}$

$Z = 0 \text{ mm}$

Der Nullpunkt des rechtwinkligen Koordinatensystems liegt auf der X-Achse 10 mm und auf der Y-Achse 5 mm in negativer Richtung von Punkt ① entfernt.

Besonders komfortabel setzen die Bezugspunkte mit einem 3D-Tastsystem von HEIDENHAIN und den Antast-Funktionen zur Bezugspunkt-Ermittlung.

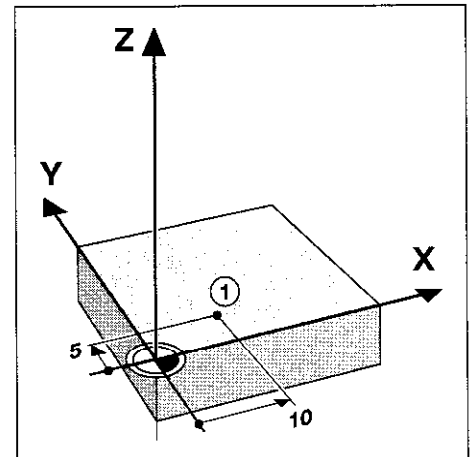


Abb 1.15: Der Punkt I legt das Koordinatensystem fest

Absolute Werkstück-Positionen

Jede Position auf dem Werkstück ist durch ihre absoluten Koordinaten eindeutig festgelegt.

Beispiel:

Absolute Koordinaten der Position ①:

X = 20 mm

Y = 10 mm

Z = 15 mm

Wenn Sie nach einer Werkstück-Zeichnung mit absoluten Koordinaten bohren oder fräsen, dann fahren Sie das Werkzeug auf die Koordinaten.

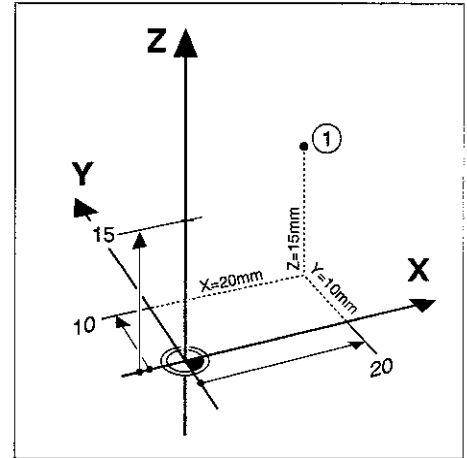


Abb 1.16: Position ① zum Beispiel „Absolute Werkstück-Positionen“

Inkrementale Werkstück-Positionen

Eine Position kann auch auf die vorhergegangene Soll-Position bezogen sein: Der relative Nullpunkt wird dann also auf die vorhergegangene Soll-Position gelegt. Man spricht dann von **inkrementalen Koordinaten** (Inkrement = Zuwachs), bzw. einem Inkremental-Maß oder Kettenmaß (da die Position durch aneinandergereihte Maße angegeben wird). Inkrementale Koordinaten werden durch ein I gekennzeichnet.

Beispiel:

Inkrementale Koordinaten der Position ③ bezogen auf Position ②

Absolute Koordinaten der Position ②:

X = 10 mm

Y = 5 mm

Z = 20 mm

Inkrementale Koordinaten der Position ③:

IX = 10 mm

IY = 10 mm

IZ = -15 mm

Wenn Sie nach einer Werkstück-Zeichnung mit inkrementalen Koordinaten bohren oder fräsen, dann fahren Sie das Werkzeug um die Koordinaten weiter.

Eine inkrementale Positionsangabe ist also eine spezifische relative Positionsangabe – wie auch die Angabe einer Position als Restweg zur Soll-Position.

Der Restweg hat negatives Vorzeichen, wenn die Soll-Position von der Ist-Position aus in der negativen Richtung der Koordinatenachse liegt.

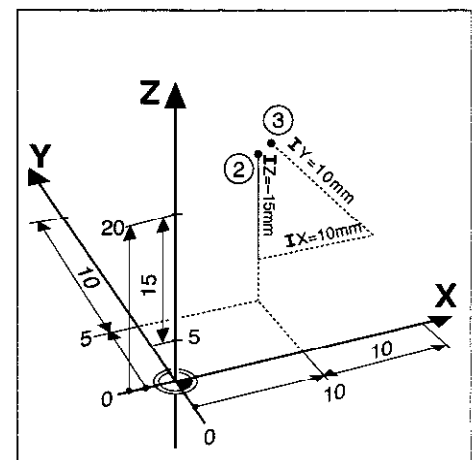


Abb 1.17: Positionen ② und ③ zum Beispiel „Inkrementale Werkstück-Positionen“

Auch bei Polarkoordinaten gibt es diese Möglichkeiten:

- **Absolute Koordinaten** beziehen sich immer auf den Pol I, J und die Winkelbezugsachse.
- **Inkrementale Koordinaten** beziehen sich immer auf die letzte Soll-Position des Werkzeugs.

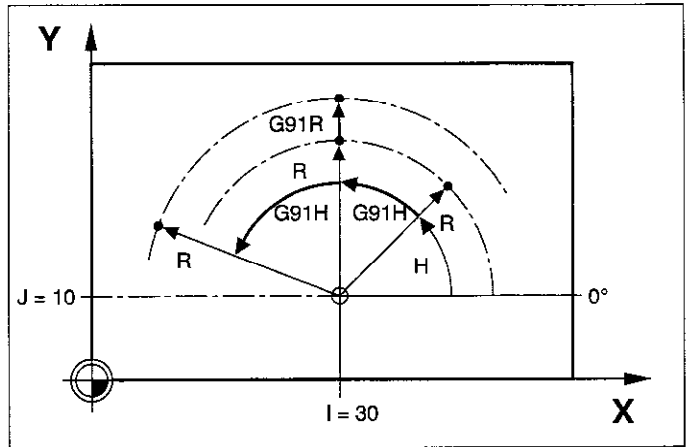
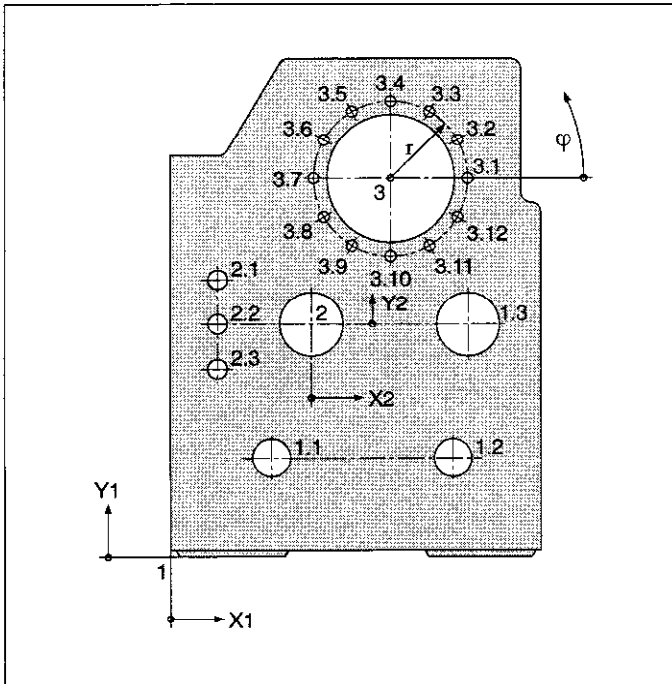


Abb. 1.18: Inkrementale Maßangaben bei Polarkoordinaten (durch „G91“ gekennzeichnet)

Beispiel:

Werkstückzeichnung mit Koordinatenbemaßung
(nach DIN 406, Teil 11; Bild 179)



Koordinaten- ursprung	Pos.	Maße in mm				
		X1	X2	Y1	Y2	Koordinaten r φ d
1	1	0	0			-
1	1.1	325	320			Ø 120 H7
1	1.2	900	320			Ø 120 H7
1	1.3	950	750			Ø 200 H7
1	2	450	750			Ø 200 H7
1	3	700	1225			Ø 400 H8
2	2.1	-300	150			Ø 50 H11
2	2.2	-300	0			Ø 50 H11
2	2.3	-300	-150			Ø 50 H11
3	3.1				250	0° Ø 26
3	3.2				250	30° Ø 26
3	3.3				250	60° Ø 26
3	3.4				250	90° Ø 26
3	3.5				250	120° Ø 26
3	3.6				250	150° Ø 26
3	3.7				250	180° Ø 26
3	3.8				250	210° Ø 26
3	3.9				250	240° Ø 26
3	3.10				250	270° Ø 26
3	3.11				250	300° Ø 26
3	3.12				250	330° Ø 26

Werkzeugbewegung programmieren

Je nach Konstruktion der Maschine bewegt sich in einer Achse entweder der Maschinentisch mit dem aufgespannten Werkstück oder das Werkzeug.



Programmiert wird grundsätzlich immer so, als ob das Werkstück stillsteht und das Werkzeug alle Bewegungen ausführt.

Wenn sich für eine oder mehrere Achsen der Maschinentisch bewegt, sind die entsprechenden Achsen am Steuerpult mit einem Hochkomma (z.B. X', Y') gekennzeichnet. Die Bewegung einer solchen Achse entspricht einer Bewegung des Werkzeugs relativ zum Werkstück in die entgegengesetzte Richtung.

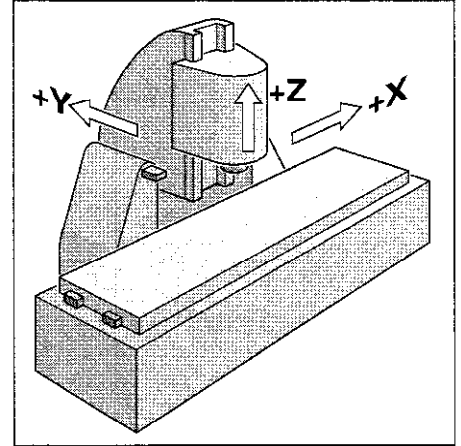


Abb. 1.19: Werkzeug-Bewegung in Y- und Z-Achsenrichtung, Maschinentisch-Bewegung in +X'-Achsenrichtung

Wegmeßsysteme

Die Wegmeßsysteme wandeln die Bewegungen der Maschinenachsen in elektrische Signale um. Die TNC wertet die Signale aus und ermittelt die Ist-Position der Maschinenachsen.

Bei einer Stromunterbrechung geht die Zuordnung zwischen der Maschinenschlitten-Position und der berechneten Ist-Position verloren; die TNC kann diese Zuordnung nach dem Einschalten wieder herstellen.

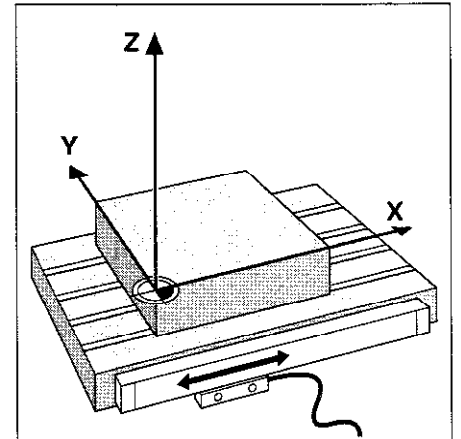


Abb. 1.20: Wegmeßsystem für eine Linearachse z.B. für die X-Achse

Referenzmarken

Auf den Maßstäben der Wegmeßsysteme sind eine oder mehrere Referenzmarken angebracht. Die Referenzmarken erzeugen beim Überfahren ein Signal, das für die TNC eine Maßstabs-Position als Referenzpunkt (Maßstabs-Bezugspunkt = maschinenfester Bezugspunkt) kennzeichnet.

Mit Hilfe dieser Referenzpunkte kann die TNC die Zuordnung zwischen der Maschinenschlitten-Position und der angezeigten Ist-Position wieder herstellen.

Bei Längenmeßsystemen mit **abstandscodierten** Referenzmarken brauchen Sie die Maschinenachsen dazu nur maximal 20 mm (20° bei Winkelmeßsystemen) zu verfahren.

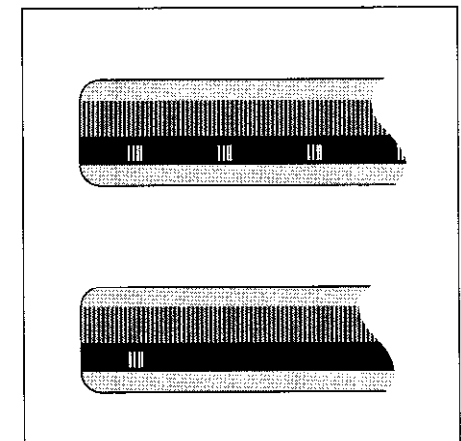
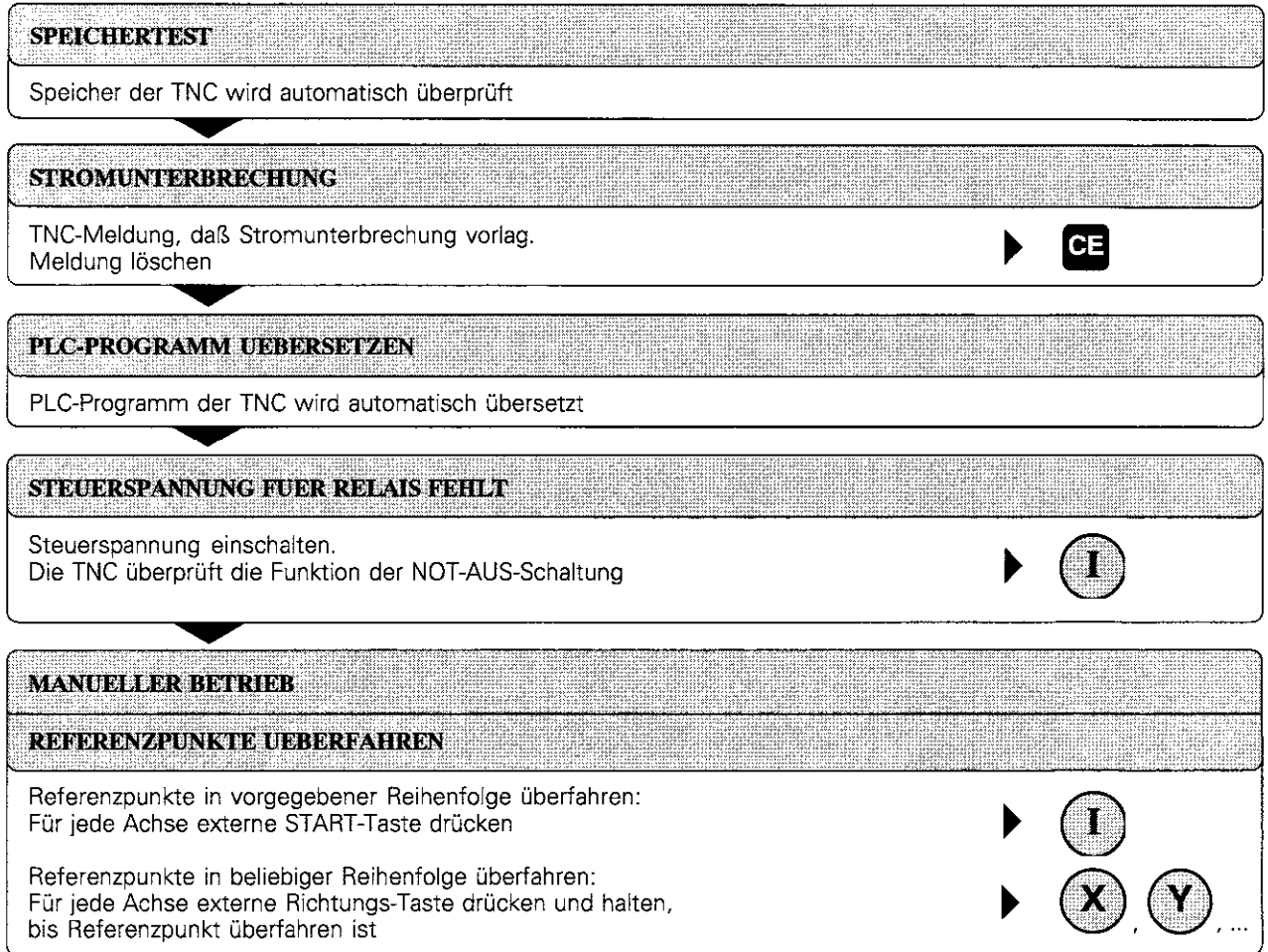


Abb. 1.21: Maßstäbe, oben mit abstandscodierten Referenzmarken, unten mit einer Referenzmarke

1.3 Einschalten

Die Versorgungsspannung von TNC und Maschine einschalten. Danach leitet die TNC automatisch folgenden Dialog ein:



Die TNC ist jetzt funktionsbereit in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB.



Die Referenzpunkte müssen nur dann überfahren werden, wenn die Maschinenachsen verfahren werden sollen. Falls nur Programme editiert oder getestet werden, kann nach Einschalten der Steuerspannung sofort die Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN oder PROGRAMM-TEST angewählt werden. Die Referenzpunkte können dann nachträglich überfahren werden. Hierfür wird in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB der Softkey PASS OVER REFERENCE gedrückt.

1.4 Grafiken und Status-Anzeigen

In den Programmiauf-Betriebsarten (nicht bei TNC 407) und der Betriebsart PROGRAMM-TEST stellt die TNC eine Bearbeitung grafisch dar, wahlweise als

- Draufsicht
- Darstellung in 3 Ebenen
- 3D-Darstellung

Die Darstellungsart wird über Softkeys angewählt.

Auch die aktuelle Bearbeitung lässt sich bei der TNC 415 B und der TNC 425 am Bildschirm verfolgen.

Die TNC-Grafik entspricht der Darstellung eines Werkstücks, das mit einem zylinderförmigen Werkzeug bearbeitet wird.

Bei Verwendung von Werkzeug-Tabellen kann auch ein Radiusfräser dargestellt werden (siehe S. 4-10).

Das Grafikfenster enthält nur die Hintergrundfarbe, wenn

- das aktuelle Programm keine gültige Rohteildefinition enthält
- kein Programm angewählt ist

Mit den Maschinen-Parametern MP7315 bis MP7317 wird auch dann eine Grafik aufgebaut, wenn keine Werkzeug-Achse definiert ist oder verfahren wird.

Rundachsen-Bewegungen werden nicht grafisch dargestellt (Fehlermeldung).

Grafik während des Programmlaufs

Die Bearbeitung lässt sich nicht gleichzeitig grafisch darstellen, wenn der Rechner der TNC durch komplizierte Bearbeitungsaufgaben oder großflächige Bearbeitungen bereits ausgelastet ist.

Beispiel:

Abzeilen über das ganze Rohteil mit dickem Werkzeug

Die TNC führt die Grafik nicht mehr fort und blendet den Text ERROR im Grafik-Fenster ein.

Die Bearbeitung wird jedoch weiter ausgeführt.

Draufsicht



Für die Tiefendarstellung dieser Grafik gilt:
„je tiefer, desto dunkler“.

Die Anzahl der darstellbaren Tiefenniveaus wird
über Softkey ausgewählt und beträgt:

- Betriebsart PROGRAMM-TEST: 16 oder 32
- Programmlauf-Betriebsart: 16 oder 32

Diese grafische Simulation läuft am schnellsten ab.

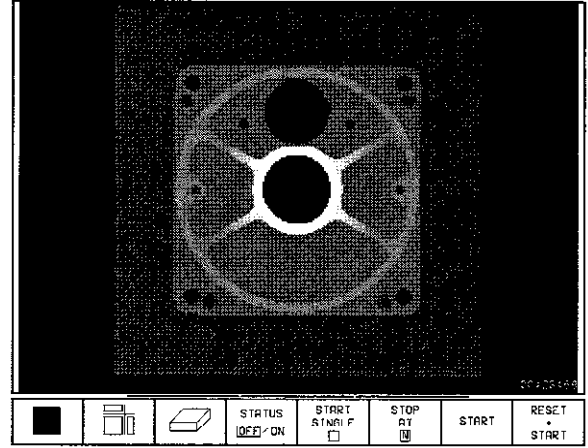
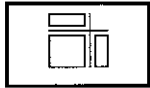


Abb. 1.22: TNC-Grafik Draufsicht

oder							
 16 / 32				RESET BLK FORM	STORE 	ADD +	RESET 00:00:00
 16 / 32	16 oder 32 Tiefenniveaus anzeigen						

Darstellung in 3 Ebenen



Die Darstellung erfolgt in Draufsicht mit 2 Schnitten, ähnlich einer technischen Zeichnung. Ein Symbol links unter der Grafik gibt an, ob die Darstellung der Projektionsmethode 1 oder der Projektionsmethode 2 nach DIN 6, Teil 1 entspricht (über MP 7310 wählbar).
Bei der Darstellung in 3 Ebenen stehen Funktionen zur Ausschnitts-Vergrößerung zur Verfügung (siehe S. 1-24).

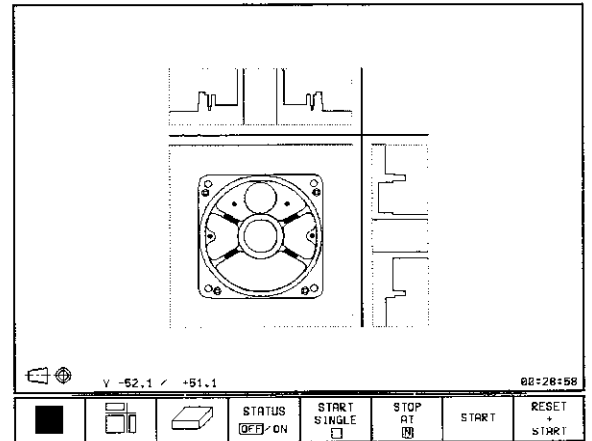


Abb. 1.23: TNC-Grafik Darstellung in 3 Ebenen

Schnittebenen verschieben

Die Schnittebenen können beliebig verschoben werden. Die Lage der Schnittebene ist während des Verschiebens am Bildschirm sichtbar.

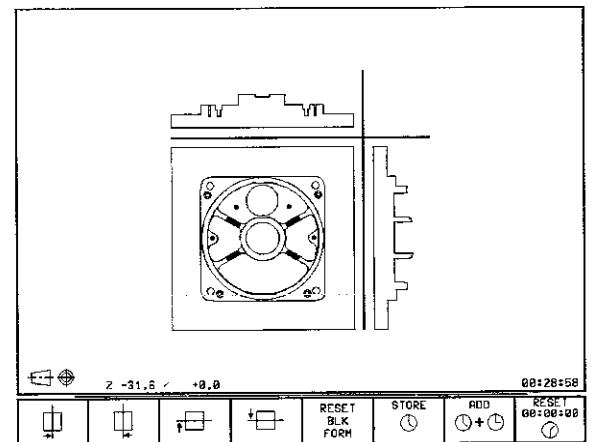


Abb. 1.24: Schnittebenen bei der Darstellung in 3 Ebenen

oder	Softkey-Leiste umschalten						
				RESET BLK FORM	STORE 	ADD +	RESET 00:00:00
	oder		Vertikale Schnittebene nach rechts oder links verschieben				
	oder		Horizontale Schnittebene nach oben oder unten verschieben				

Cursorposition bei der Darstellung in 3 Ebenen

Die TNC blendet die Koordinaten der Cursorposition unten im Grafik-Fenster ein.

Angezeigt werden nur Koordinaten in der Bearbeitungsebene.

Diese Funktion wird mit Maschinen-Parameter MP7310 aktiviert.

Cursor-Position bei einer Ausschnitts-Vergrößerung

Bei einer Ausschnitts-Vergrößerung werden die Koordinaten der Koordinatenachse angezeigt, die gerade für eine Ausschnitts-Vergrößerung bearbeitet wird.

Die Koordinaten entsprechen dem Bereich, der für die Ausschnitts-Vergrößerung festgelegt wird. Links vom Schrägstrich wird die kleinste Koordinate des Bereichs auf der aktuellen Achse angezeigt, rechts davon die größte.

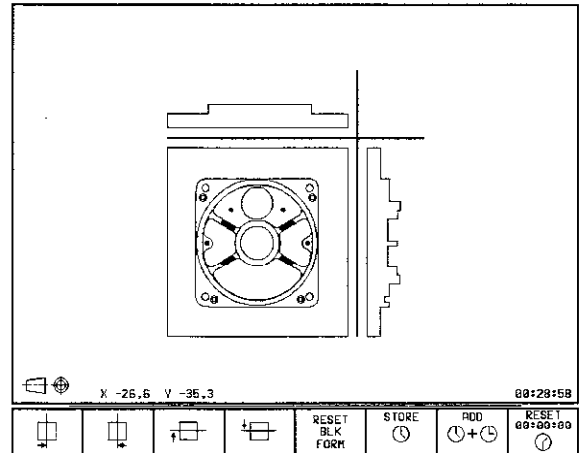
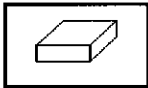


Abb. 1.25: Die Koordinaten der Cursor-Position stehen links unter der Grafik

3D-Darstellung



Das Werkstück wird räumlich abgebildet.

Die 3D-Darstellung kann um die vertikale Achse gedreht werden.

Die Umrisse des Rohteils zu Beginn der grafischen Simulation lassen sich durch einen Rahmen darstellen.

In der Betriebsart PROGRAMM-TEST stehen Funktionen zur Ausschnitts-Vergrößerung zur Verfügung.

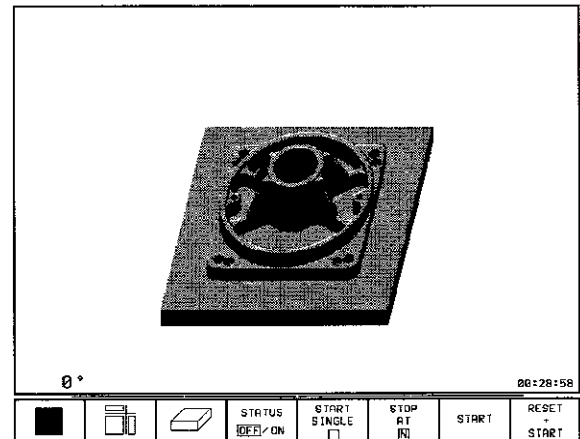


Abb. 1.26: TNC-Grafik 3D-Darstellung

3D-Darstellung drehen

oder	Softkey-Leiste umschalten						
		SHOW BLK-FORM	OMIT BLK-FORM	RESET BLK FORM	STORE 	ADD +	RESET 00:00:00
	oder		Darstellung in 27°-Schritten um vertikale Achse drehen				

Der aktuelle Drehwinkel der Darstellung steht links unter der Grafik.

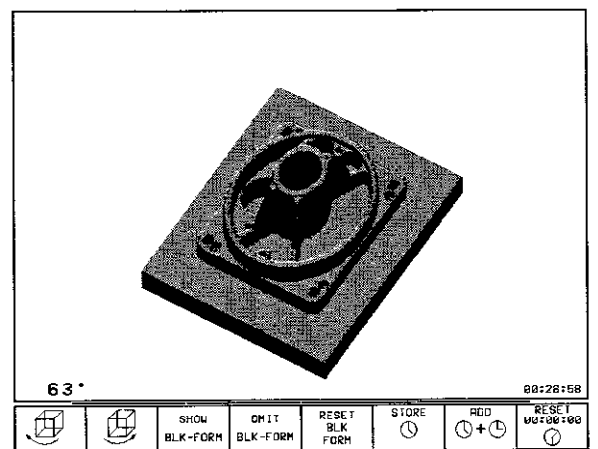


Abb. 1.27: Gedrehte 3D-Darstellung

Rahmen ein- und ausblenden

SHOW BLK-FORM	oder	OMIT BLK-FORM	Rahmen des unbearbeiteten Rohteils (BLK FORM) einblenden (SHOW) oder ausblenden (OMIT)
------------------	------	------------------	--

Ausschnitts-Vergrößerung

Die Funktionen zur Ausschnitts-Vergrößerung stehen in der Betriebsart PROGRAMM-TEST für die

- Darstellung in 3 Ebenen und die
- 3D-Darstellung

zur Verfügung, wenn die grafische Simulation gestoppt ist. Eine Ausschnitts-Vergrößerung ist immer in allen Darstellungsarten wirksam.

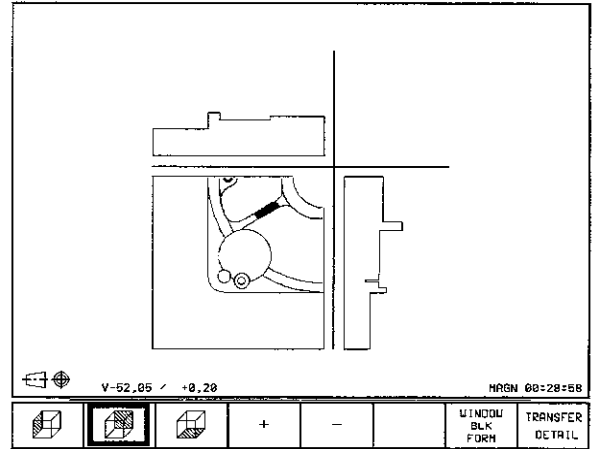







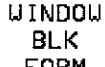
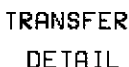











Abb. 1.28: Ausschnitts-Vergrößerung, z.B. bei einer Darstellung in 3 Ebenen

Ausschnitts-Vergrößerung anwählen

 oder 	Softkey-Leiste umschalten
      	
 / 	Linke/rechte Werkstückseite anwählen
 / 	Vordere/hintere Werkstückseite anwählen
 / 	Obere/untere Werkstückseite anwählen
 oder 	Schnittfläche zum Verkleinern oder Vergrößern des Rohteils verschieben
falls gewünscht 	Ausschnitt übernehmen
Programm-Test oder Programmlauf neu starten	

Bei einer vergrößerten Abbildung blendet die TNC unten am Bildschirm MAGN ein. Wird der Ausschnitt nicht mit TRANSFER DETAIL vergrößert, kann ein PROGRAMM-TEST am aufgeschnittenen Werkstück dargestellt werden.



Kann das Rohteil nicht weiter verkleinert bzw. vergrößert werden, blendet die TNC eine entsprechende Fehlermeldung ins Grafik-Fenster ein. Die Fehlermeldung erlischt, indem das Rohteil wieder vergrößert bzw. verkleinert wird.

Grafische Simulation wiederholen

Ein Bearbeitungsprogramm lässt sich beliebig oft grafisch simulieren. Dafür kann die Grafik wieder auf den Rohteil oder einen vergrößerten Ausschnitt aus dem Rohteil rückgesetzt werden.

Funktion	Softkey
<ul style="list-style-type: none"> • Rohteil wieder abbilden wie zuletzt dargestellt 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> RESET BLK FORM </div>
<ul style="list-style-type: none"> • Rohteil nach Ausschnitts-Vergrößerung mit TRANSFER DETAIL wieder gemäß programmierter BLK FORM abbilden 	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> WINDOW BLK FORM </div>



Mit dem Softkey WINDOW BLK FORM wird auch nach einem Ausschnitt ohne TRANSFER DETAIL das bearbeitete Werkstück wieder in programmierter Größe gezeigt.

Bearbeitungszeit ermitteln

Die TNC zeigt rechts unter der Grafik die errechnete Bearbeitungszeit in

Stunden : Minuten : Sekunden
(maximal 99 : 59 : 59)

an.

- **Programmlauf:**
Angezeigt wird die Zeit vom Programm-Start bis zum Programm-Ende. Bei Unterbrechungen wird die Zeit angehalten.
- **Programm-Test:**
Angezeigt wird die Zeit, die die TNC für die Dauer der Werkzeug-Bewegungen errechnet.

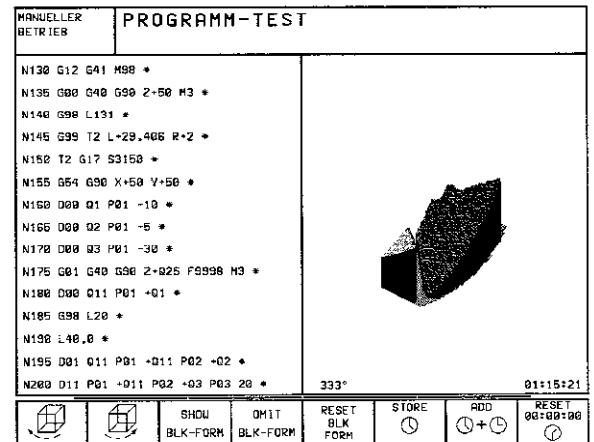


Abb. 1.29: Anzeige der Bearbeitungszeit rechts unten im TNC-Bildschirm


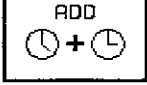

Stoppuhr-Funktion anwählen

oder

Umschalt-Tasten drücken, bis Softkey-Leiste mit Stoppuhr-Funktionen erscheint



Die Softkeys links von den Stoppuhr-Funktionen hängen von der angewählten Darstellungsart ab.

Stoppuhr-Funktionen	Softkey
<ul style="list-style-type: none"> Angezeigte Zeit speichern 	
<ul style="list-style-type: none"> Summe aus gespeicherter und angezeigter Zeit anzeigen 	
<ul style="list-style-type: none"> Angezeigte Zeit löschen 	

Status-Anzeigen

Die Status-Anzeige in einer Programmlauf-Betriebsart enthält außer den aktuellen Koordinaten weitere Informationen:

- Art der Positionsanzeige (IST, SOLL, ...)
- Nummer des aktuellen Werkzeugs T
- Werkzeugachse
- Drehzahl S
- Vorschub F
- Wirksame Zusatzfunktionen M
- TNC ist gestartet (Anzeige durch *)
- Achse ist geklemmt (Anzeige durch ✖)
- Achse kann mit dem Handrad verfahren werden (Anzeige durch ⌚)
- Achsen werden in geschwenkter Bearbeitungsebene verfahren (Anzeige durch ↙)
- Achsen werden unter Berücksichtigung der Grunddrehung verfahren (Anzeige durch ↻)

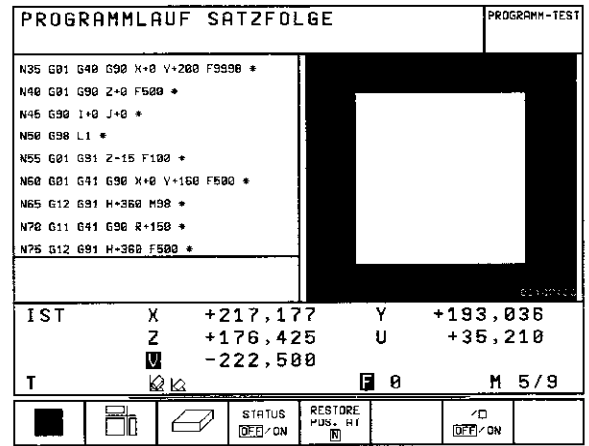





Abb. 1.30: Status-Anzeige in einer Programmlauf-Betriebsart

Zusätzliche Status-Anzeigen

Die zusätzlichen Status-Anzeigen enthalten weitere Informationen über den Programm-Ablauf.

Zusätzliche Status-Anzeigen anwählen

	Softkey STATUS auf ON setzen					
 oder 	Softkey-Leiste umschalten					
STATUS PGM	STATUS POS.	STATUS TOOL	STATUS COORD. TRANSF.	STORE ⌚	ADD ⌚ + ⌚	RESET 00:00:00 ⌚

Zusätzliche Status-Anzeige	Softkey
<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Programm-Informationen 	STATUS PGM
<ul style="list-style-type: none"> • Positionen und Koordinaten 	STATUS POS.
<ul style="list-style-type: none"> • Informationen zu Werkzeugen 	STATUS TOOL
<ul style="list-style-type: none"> • Koordinaten-Umrechnungen 	STATUS COORD. TRANSF.

Allgemeine Programm-Informationen

EL. HANDRAD	PROGRAMM-TEST	PGM-NAME AB1	
N36 I+12,5 J-12,5 *	N40 G54 X+50 V+50 Z-5 * N60 G20 X Y * N60 G73 H+12,5 * N70 G72 F0,855 * N100 G00 G90 Z-50 M0 * N110 G01 X+10 V+11,5 M3 * N120 Z-10 * N130 G41 X+25 * N140 X+25,5 V+75,35 F210 * N150 X+85 * N160 X+95 V-2,5 * N170 G40 X+125 * N180 G00 Z=50 * N190 X-20 V-20 M2 *	STA STATUS CYCL DEF 1 TIEFBOHREN CC X +12,5000 V +12,8000 V.ZEIT 00:00:00	
STATUS OFF <input checked="" type="checkbox"/> START SINGLE <input type="checkbox"/> STOP AT <input type="checkbox"/> START <input type="checkbox"/> RESET <input type="checkbox"/> START			

Hauptprogramm-Name
 Aufgerufene Programme
 Zyklus-Definition
 Zähler für Verweilzeit
 Bearbeitungszeit
 Kreismittelpunkt CC (Pol)

Positionen und Koordinaten

PROGRAMMLAUF SATZFOLGE		PROGRAMM EINSPEICHERN
0 BEGIN PGM TEST MM 1 BLK FORM 0.1 Z X+0 V+0 Z-20 2 BLK FORM 0.2 X+100 V+100 Z+0 3 TOOL CALL 0 2 4 L X-20 V-20 Z-20 R0 F MAX 5 TOOL CALL 1 Z 6 L X+50 V-20 Z-10 R0 F MAX M0 7 L X+50 V+0 RR F100 8 L X+100 V+50	RESTU X +71,5200 Y -7,8282 Z -0,0001 B +0,0000 C +0,0000	Art der Positions-Anzeige Koordinaten der Achsen
B +12,5000 C +90,0000		Schwenkwinkel für die Bearbeitungsebene
GRUNDDREHUNG +9,5000		Anzeige einer Grunddrehung
IST	X +65,6792 Y -21,5938 <input checked="" type="checkbox"/> +114,4964 B +12,5000 C +90,0000	
T	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> F 0 M 5/9	
STATUS OFF <input checked="" type="checkbox"/> RESTORE POS. AT <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> OFF/ON TOOL TABLE		

Werkzeug-Informationen

PROGRAMMLAUF SA12FOLGE | PROGRAMM-TEST

N35 I+12,5 J+12,9 *
 N40 G64 X+50 Y+50 Z-5 *
 N50 G28 X Y *
 N60 G73 H+12,5 *
 N70 G72 F0,855 *
 N100 G00 G90 Z+50 M0 *
 N110 G01 X+10 Y+11,5 M3 *
 N120 Z-10 *
 N130 G41 X+25 *
 N140 X+25,5 Y+75,35 F210 *
 N150 X+85 *
 N160 X+95 Y-2,5 *
 N170 G40 X+125 *
 N180 G00 Z+50 *
 N190 X-20 Y-20 M2 *

WERKZEUG RT 7 SCHRUPP-ERSATZ1

L -12,3570
 R +12,5800
 RZ +0,5000

DL	DR	DR2
TAB -0,2560	-0,0100	+0,0050
PGM		

CUR.TIME TIME1 TIME2
 00:00 01:55 01:44

TOOL CALL 1 SCHRUPPFRASER
 RT 8 SCHRUPP-ERSATZ2

Buttons: STATUS OFF, START SINGLE, STOP RT, START, RESET START

Annotations:
 - Anzeige T: Werkzeug-Name und -Nummer
 - Anzeige RT: Name und Nummer eines Schwester-Werkzeugs
 - Werkzeug-Achse
 - Werkzeug-Länge und -Radien
 - Aufmaße (Delta-Werte)
 - Standzeit, maximale Standzeit und maximale Standzeit bei TOOL CALL
 - Anzeige des programmierten Werkzeugs und des (nächsten) Schwester-Werkzeugs

Koordinaten-Umrechnungen

PROGRAMMLAUF EINZELSATZ | PROGRAMM-TEST

N35 I+12,5 J+12,9 *
 N40 G64 X+50 Y+50 Z-5 *
 N50 G28 X Y *
 N60 G73 H+12,5 *
 N70 G72 F0,855 *
 N100 G00 G90 Z+50 M0 *
 N110 G01 X+10 Y+11,5 M3 *
 N120 Z-10 *
 N130 G41 X+25 *
 N140 X+25,5 Y+75,35 F210 *
 N150 X+85 *
 N160 X+95 Y-2,5 *
 N170 G40 X+125 *
 N180 G00 Z+50 *
 N190 X-20 Y-20 M2 *

PGM-NAME STATUS

NULLPUNKT
 X +50,0000
 Y +50,0000
 Z -5,0000

DREHUNG
 +12,5000

SPIEGELUNG
 X Y

MASSFAKTOR
 X +0,0000 0,855000
 Y +0,0000 0,855000
 Z +0,0000 0,855000
 U +0,0000 0,855000
 V +0,0000 0,855000

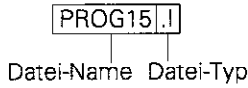
Buttons: STATUS OFF, START SINGLE, STOP RT, START, RESET START

Annotations:
 - Hauptprogramm-Name
 - Koordinaten der Nullpunkt-Verschiebung
 - Drehwinkel der Drehung
 - Gespiegelte Achse
 - Massfaktor(en)
 - Mittelpunkt der zentrischen Streckung

1.5 Dateien

Programme, Texte und Tabellen werden in Form von Dateien in der TNC gespeichert.

Eine Datei ist gekennzeichnet durch:



Der Datei-Name wird eingegeben, wenn eine neue Datei eröffnet wird. Er ist bis zu 16 Zeichen (Buchstaben und Ziffern) lang (abhängig von MP 7222).

Der Datei-Typ legt fest, um welche Datei es sich handelt.

Dateien in der TNC	Typ
Programme <ul style="list-style-type: none"> im HEIDENHAIN-Klartext-Dialog gemäß DIN/ISO 	.H .I
Tabellen für <ul style="list-style-type: none"> Werkzeuge Paletten Nullpunkte 	.T .P .D
Texte als <ul style="list-style-type: none"> ASCII-Dateien 	.A

Abb. 1.35: Übersicht über die Datei-Typen in der TNC

Datei-Übersicht

Die TNC speichert bis zu 100 Dateien gleichzeitig. Eine Übersicht über diese Dateien wird mit der Taste PGM NAME aufgerufen.

Um Dateien in der TNC zu löschen, wird die Übersicht mit der Taste CL PGM aufgerufen.

Die Datei-Übersicht enthält folgende Informationen:

- DATEI-NAME
- Datei-Typ
- Datei-Größe (in BYTE = Zeichen)
- Datei-STATUS

Weitere Informationen stehen oben im Bildschirm:

- Angewählter Datei-Speicher
 - Speicher der TNC
 - Speicher über Schnittstelle RS 232
 - Speicher über Schnittstelle RS 422
- Schnittstellen-Betriebsart, z.B. FE1, EXT1 usw. bei externem Speicher
- Datei-Typ, z.B. Anzeige * .H, falls nur HEIDENHAIN Klartext-Programme angezeigt werden

Beispiel:

Anzeige RS 422/EXT1: * .T

Es werden nur Dateien vom Typ .T angezeigt, die sich auf einem externen Speicher (z.B. PC) befinden, der über die Schnittstelle RS 422 an die TNC angeschlossen ist (siehe auch Kapitel 9).

Mit einem Softkey wird die Übersicht ein- oder zweispaltig angezeigt. Dabei kann sich die Zeichengröße ändern.

Datei-Übersicht wählen

	Datei-Übersicht TNC oder Datei-Übersicht TNC und externer Datenträger anzeiger. Der angewählte Zustand wird im Softkey umrahmt
--	--

Datei..	Betriebsart	Datei-Übersicht aufrufen mit ...
... neu erstellen		...
... bearbeiten		...
... löschen		...
... testen		...
... abarbeiten		...

Abb. 1.36: Übersicht über die Funktionen zur Datei-Verwaltung

MANUELLER BETRIEB		PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN			
		DATEI-NAME	* KZ1 * .A		
TNC:					
PROGRAMM	DATEI-TYP	DATEI-GRÖÙE	DATEI-STATUS		
OLIVER	.H	9560	S		
TAB1	.T	770			
TOOL	.T	770	MS		
ELLIPSE	.I	934			
LOCHKR	.I	958			
LKJHF	.D	462			
125	.A	220			
126	.A	280			
3455	.A	1258			
T00L	.A	1562			
T00	.A	714			
WKZ1	.A	1410	E		
62 DATEI(EN) 118528 BYTE FREI					
PAGE	PAGE	SELECT	COPY	SPI ECT	UINDOU
↑	↓		ABC → XYZ		
END					


Abb. 1.37: Dateien sind alphabetisch und nach Typen geordnet




Datei-Status

Die Buchstaben in der Spalte STATUS haben folgende Bedeutung für eine Datei:


- E: Datei in Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN angewählt
- S: Datei in der Betriebsart PROGRAMM-TEST angewählt
- M: Datei in einer Programmlauf-Betriebsart angewählt
- P: Datei gegen Löschen und Ändern geschützt
- IN: Datei mit Maßangaben in Zoll (inch)
- W: Datei unvollständig auf externen Speicher übertragen und nicht lauffähig


Datei wählen


	Datei-Übersicht aufrufen
---	--------------------------

PAGE ↑	PAGE ↓	SELECT 	COPY ABC → XYZ		SELECT TYPE 	WINDOW 	END
-----------	-----------	---	-------------------	--	---	---	-----

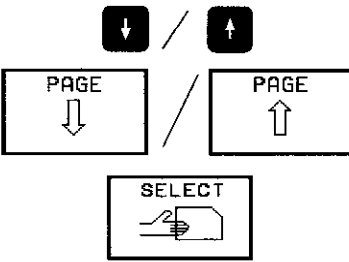
In der Datei-Übersicht stehen zunächst nur HEIDENHAIN-Klartext-Programme (Typ .H). Andere Dateien werden über Softkeys angezeigt:

	Datei-Typ wählen
---	------------------

SHOW ALL 	SHOW .H	SHOW .T	SHOW .I	SHOW .P	SHOW .D	SHOW .A	END
---	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----

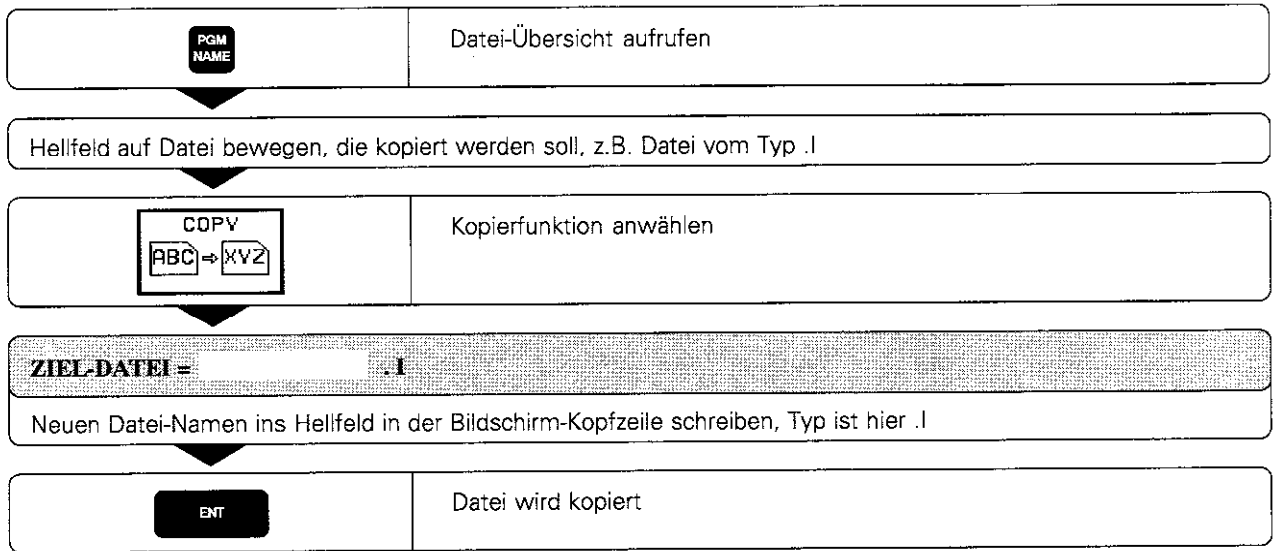
	Alle Dateien anzeigen
---	-----------------------

Eine Datei wird mit dem Hellfeld ausgewählt:

Funktion	Taste/Softkey
<ul style="list-style-type: none"> Hellfeld vertikal auf gewünschte Datei bewegen Datei-Übersicht seitenweise nach unten/oben durchblättern Datei übernehmen 	

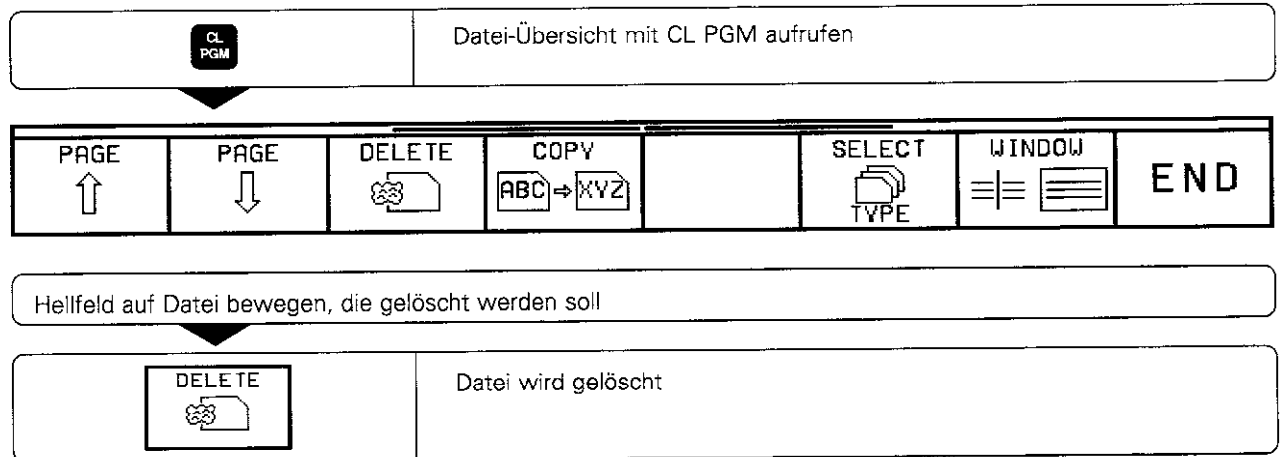
Datei kopieren

Betriebsart: PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN



Datei löschen

Dateien lassen sich in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN löschen.



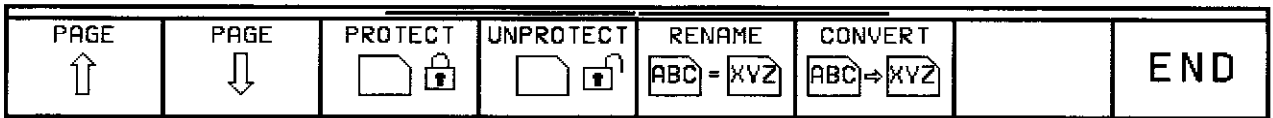
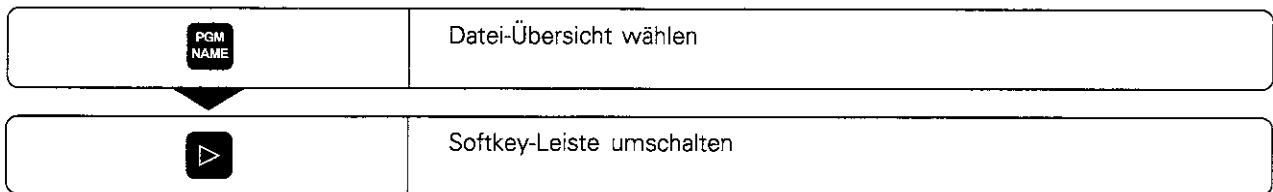
Geschützte Datei löschen

Bei geschützten Dateien (Status P) muß der Schutz vor dem Löschen aufgehoben werden (siehe S. 1-32).

Datei schützen, umbenennen und konvertieren

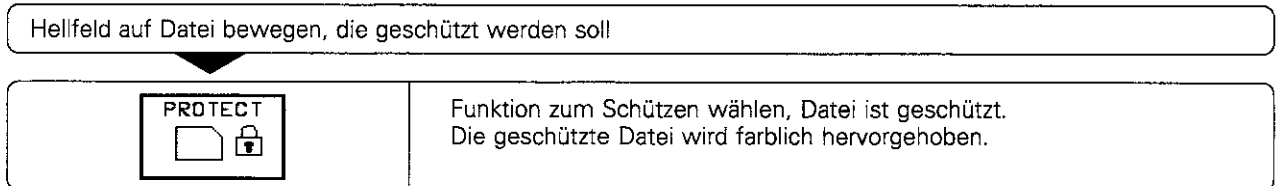
Dateien werden in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/ EDITIEREN

- konvertiert (engl. convert = umwandeln)
- umbenannt
- geschützt

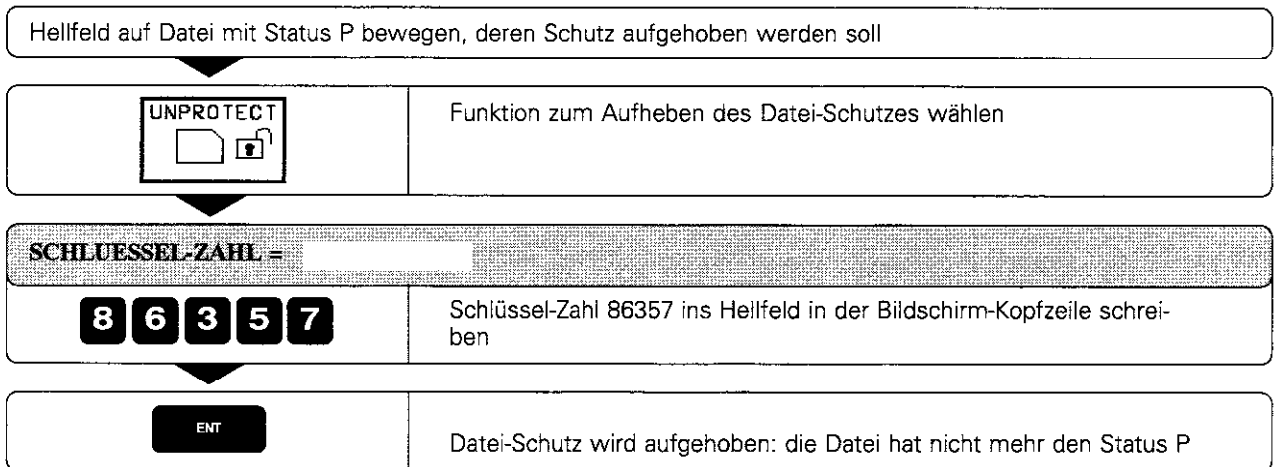


Datei schützen

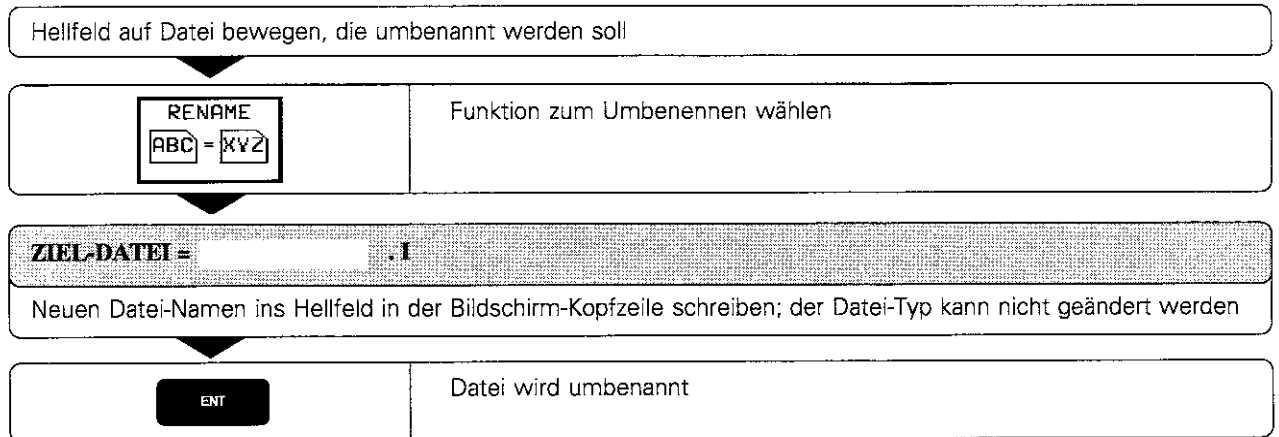
Die Datei erhält den Status P und kann nicht mehr ungewollt gelöscht oder geändert werden.



Datei-Schutz aufheben

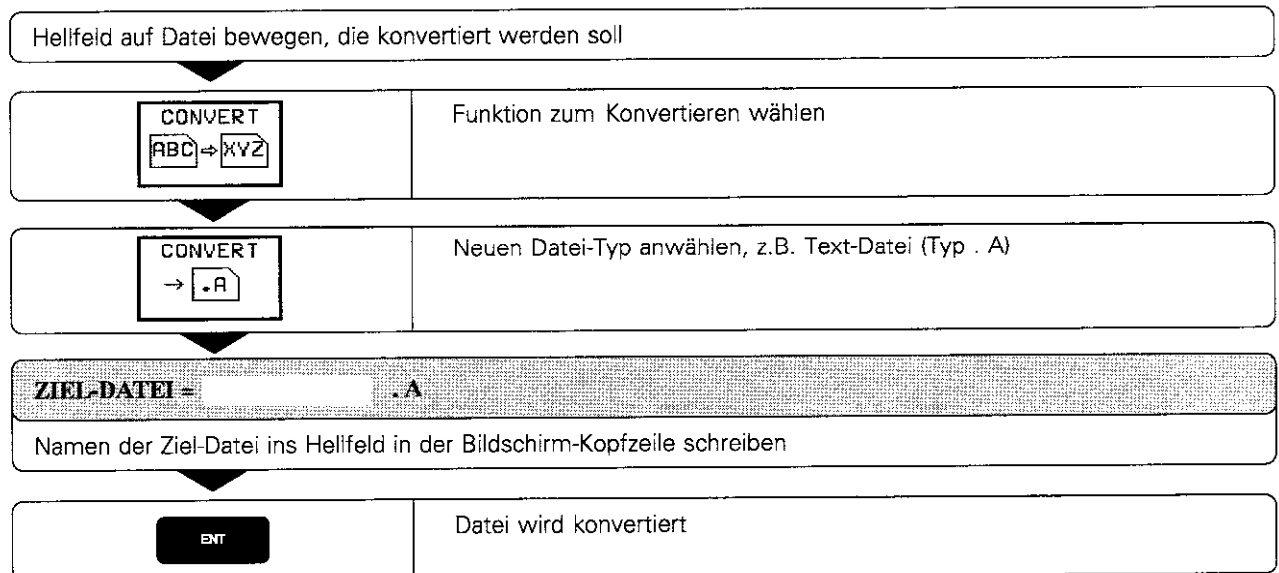


Der Schutz von weiteren Dateien wird einfach durch Drücken des Softkeys UNPROTECT aufgehoben.

Datei umbenennen**Datei konvertieren**


Text-Dateien (Typ .A) lassen sich in alle anderen Dateien umwandeln. Andere Dateien lassen sich nur in Text-Dateien konvertieren. Sie können dann mit der Alpha-Tastatur wie Text-Dateien bearbeitet werden.

Bearbeitungsprogramme, die mit der Freien Konturprogrammierung FK erstellt wurden, können auch in Klartext-Dialog-Programme konvertiert werden.




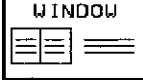
Datei-Verwaltung für Dateien, die extern gespeichert sind


Auf der HEIDENHAIN Disketten-Einheit FE401B gespeicherte Dateien lassen sich löschen und schützen. Auch das Formatieren einer Diskette kann von der TNC aus gestartet werden. Dabei muß die Betriebsart PROGRAMM EINSPEICHERN/EDITIEREN angewählt sein.

	Programm-Übersicht auf externem Datenträger aufrufen
---	--


PAGE ↑	PAGE ↓	TRANSFER TNC → EXT	TRANSFER TNC → EXT	TRANSFER TNC → EXT	SELECT TYPE	WINDOW	END
-----------	-----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------	--------	------------

	Hellfeld nach rechts auf extern gespeicherte Datei setzen
---	---

	Einfenster-Betrieb wählen
---	---------------------------


PAGE ↑	PAGE ↓	DELETE 			SELECT TYPE	WINDOW	END
-----------	-----------	--	--	--	----------------	--------	------------



Datei auf FE401B löschen

	Hellfeld auf zu löschende Datei verschieben
---	---

	Im Hellfeld stehende Datei wird gelöscht
---	--


Datei auf FE401B schützen und Datei-Schutz aufheben



	Nächste Softkey-Ebene wählen
---	------------------------------

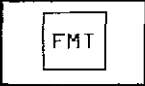
PAGE ↑	PAGE ↓	PROTECT 	UNPROTECT 			FMT	END
-----------	-----------	--	--	--	--	-----	------------



Dateien werden mit PROTECT geschützt, der Datei-Schutz wird mit UNPROTECT aufgehoben. Die Funktionen zum Schützen und zum Aufheben des Datei-Schutzes werden so eingesetzt, als wären die Dateien in der TNC gespeichert (siehe S. 1-32).

Diskette auf FE401B formatieren

	Nächste Softkey-Ebene wählen
---	------------------------------

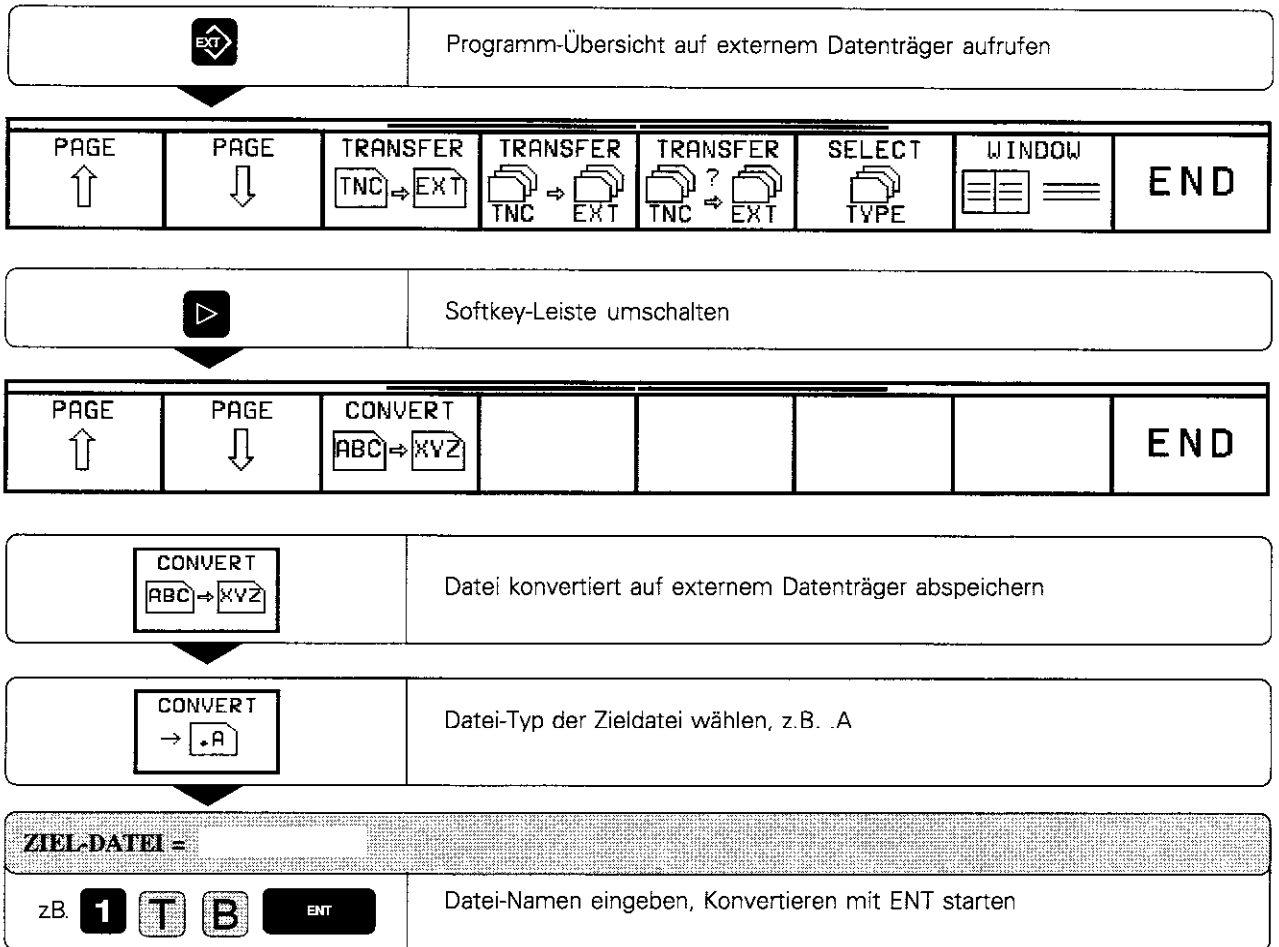
PAGE ↑	PAGE ↓	PROTECT 	UNPROTECT 			FMT	END
-----------	-----------	--	--	--	--	-----	-----

	Funktion zum Formatieren wählen
---	---------------------------------

DISKETTEN-NAME=	
z.B.  	Beliebigen Namen eingeben, Formatieren mit ENT starten

Dateien konvertiert übertragen

Der Softkey CONVERT steht nur zur Verfügung, wenn eine Datei im Speicher der TNC, also auf der linken Seite des Bildschirms angewählt ist.





2 Handbetrieb und Einrichten

2.1 Verfahren der Maschinenachsen	2-2
Verfahren mit den externen Richtungstasten	2-2
Verfahren mit elektronischen Handrädern	2-3
Arbeiten mit dem elektronischen Handrad HR 330	2-3
Schrittweises Positionieren	2-4
Positionieren mit Handeingabe	2-4
2.2 Spindeldrehzahl S, Vorschub F und Zusatz-Funktion M	2-5
Spindeldrehzahl S eingeben	2-5
Zusatz-Funktion M eingeben	2-6
Spindeldrehzahl S ändern	2-6
Vorschub F ändern	2-6
2.3 Bezugspunkt-Setzen ohne 3D-Tastsystem	2-7
Bezugspunkt-Setzen in der Zustellachse	2-7
Bezugspunkt-Setzen in der Bearbeitungsebene	2-8
2.4 3D-Tastsystem	2-9
3D-Tastsystem einsetzen	2-9
Antastfunktionen anwählen	2-9
3D-Tastsystem kalibrieren	2-10
Werkstück-Schiefelage kompensieren	2-12
2.5 Bezugspunkt-Setzen mit dem 3D-Tastsystem	2-14
Bezugspunkt-Setzen in einer beliebigen Achse	2-14
Ecke als Bezugspunkt	2-15
Kreismittelpunkt als Bezugspunkt	2-17
Bezugspunkte über Bohrungen setzen	2-19
2.6 Messen mit dem 3D-Tastsystem	2-20
Koordinate einer Position am ausgerichteten Werkstück bestimmen	2-20
Koordinaten eines Eckpunktes in der Bearbeitungsebene bestimmen	2-20
Werkstückmaße bestimmen	2-21
Winkel messen	2-22
2.7 Bearbeitungsebene schwenken (nicht bei TNC 407)	2-24
Referenzpunkte anfahren bei geschwenkten Achsen	2-24
Bezugspunkt setzen im geschwenkten System	2-24
Positions-Anzeige im geschwenkten System	2-25
Einschränkungen beim Arbeiten mit der Funktion Bearbeitungsebene schwenken	2-25
Manuelles Schwenken aktivieren	2-26





2.1 Verfahren der Maschinenachsen

Verfahren mit den externen Richtungstasten

	▶	MANUELLER BETRIEB	
		z.B. 	Externe Richtungstaste drücken und halten, solange Achse verfahren soll

Auf diese Weise können mehrere Achsen gleichzeitig verfahren werden.

Achsen kontinuierlich verfahren

	▶	MANUELLER BETRIEB	
		z.B.   gleichzeitig	Externe Richtungstaste gedrückt halten und externe START-Taste drücken: Die Achse verfährt nach Loslassen der Tasten weiter
			Achse anhalten: Externe STOP-Taste drücken

Auf diese Weise kann nur jeweils eine Achse verfahren werden.

Verfahren mit elektronischen Handrädern

EL. HANDRAD

UNTERTEILUNGS-FAKTOR:
X = 3

z.B. 3 ENT
 z.B. X

Unterteilungsfaktor (s. Tabelle) eingeben

 Zu verfahrende Achse anwählen: Bei portablen Handrädern am Handrad, bei Einbau-Handrädern auf der TNC-Tastatur

Mit dem elektronischen Handrad kann jetzt die angewählte Achse verfahren werden. Dazu muß beim portablen Handrad der Freigabeschalter an der Seite des Handrads gedrückt sein.

Unterteilungs-faktor	Verfahrweg in mm pro Umdrehung
0	20,000
1	10,000
2	5
3	2,5
4	1,25
5	0,625
6	0,312
7	0,156
8	0,078
9	0,039
10	0,019

Abb. 2.1: Unterteilungsfaktoren und Verfahrwege

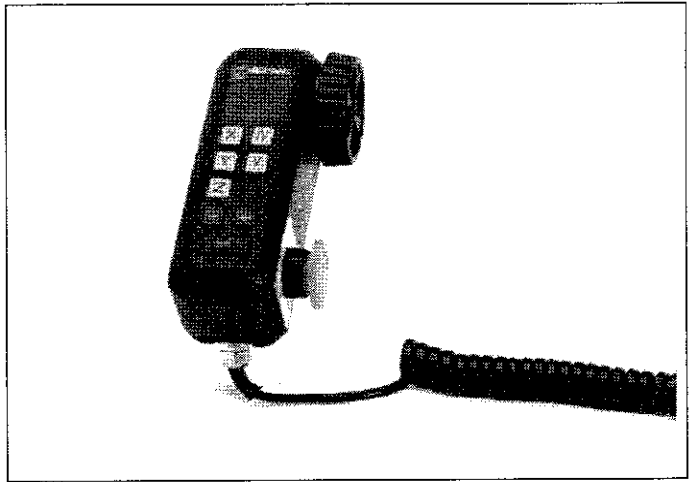


Abb. 2.2: Elektronisches Handrad HR 330



Der kleinste eingebare Unterteilungsfaktor ist ein maschinenabhängiger Wert. Verfahren mit dem elektrischen Handrad ist auch während des Programmlaufs möglich (siehe S. 5-43).

Arbeiten mit dem elektronischen Handrad HR 330

Das Handrad ist mit Hilfe der Magneten an einer Stelle der Maschine zu befestigen, an der ein unbeabsichtigtes Betätigen nicht möglich ist.

Wird das Handrad vom Maschinen-Ständer gelöst, ist darauf zu achten, daß die Richtungstasten nicht unbeabsichtigt gedrückt werden, bis die Freigabetaste gesperrt ist.

Falls das Handrad beim Einrichten in der Hand gehalten wird, ist die Freigabetaste zu drücken. Nur dann ist das Verfahren mit den Richtungstasten möglich.

Schrittweises Positionieren

Beim schrittweisen Positionieren verfährt eine Maschinenachse bei jedem Druck auf eine externe Richtungstaste um die vorher eingegebene Zustellung.

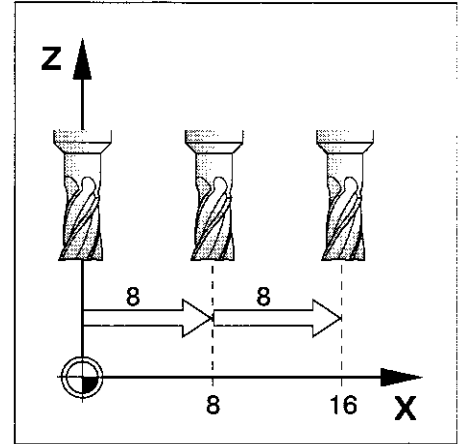


Abb. 2.3: Schrittweises Positionieren in der X-Achse

EL. HANDRAD	
UNTERTEILUNGS-FAKTOR: X = 4	
I	Schrittweises Positionieren anwählen
EL. HANDRAD	
ZUSTELLUNG: 4 8	
z.B. 8 ENT	Zustellung eingeben, z.B. 8 mm
z.B. X	Durch Drücken der externen Richtungstasten beliebig oft positionieren



- Schrittweises Positionieren muß vom Maschinen-Hersteller freigegeben werden.
- Der Maschinen-Hersteller legt fest, ob der Unterteilungs-Faktor für jede Achse an der Tastatur oder über einen Stufenschalter eingestellt wird.

Positionieren mit Handeingabe



Verfahrensbewegungen können auch in der Datei \$MDI programmiert werden (siehe S. 5-44).

Die programmierten Bewegungen bleiben netzausfallsicher gespeichert und können dadurch immer wieder angewählt und abgearbeitet werden.

2.2 Spindeldrehzahl S, Vorschub F und Zusatz-Funktion M

In den Betriebsarten MANUELLER BETRIEB und EL. HANDRAD stehen folgende Softkeys zur Verfügung:

M	S	TOUCH PROBE	DATUM SET		3D ROT 		TOOL TABLE
---	---	----------------	--------------	--	---	--	---------------

Mit diesen Funktionen und den Override-Knöpfen auf der TNC-Tastatur werden eingegeben und geändert:

- Zusatz-Funktion M
- Spindeldrehzahl S
- Vorschub F (läßt sich nur ändern)

Für ein Bearbeitungsprogramm werden diese Funktionen direkt in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN eingegeben.

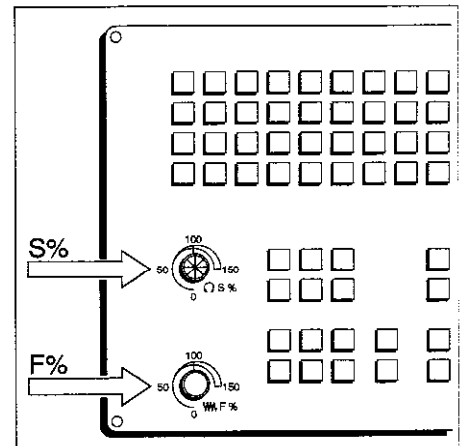







Abb. 2.4: Drehknöpfe für Spindel- und Vorschub-Override

Spindeldrehzahl S eingeben

S	Spindeldrehzahl S auswählen
SPINDELDREHZAHL S =	
z.B. 1 0 0 0 ENT	Spindeldrehzahl S eingeben, z.B. 1000 U/min
	Spindeldrehzahl S mit der externen START-Taste übernehmen

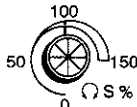
Die Spindeldrehung mit der eingegebenen Drehzahl S wird mit einer Zusatz-Funktion M gestartet.

Zusatz-Funktion M eingeben

	Zusatz-Funktion M anwählen
ZUSATZ-FUNKTION M =	
z.B.  	Zusatz-Funktion M eingeben, z.B. M6
	Zusatz-Funktion M mit der externen START-Taste aktivieren

Kapitel 11 enthält eine Übersicht über die Zusatz-Funktionen.

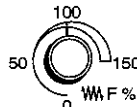
Spindeldrehzahl S ändern

	Drehknopf für Spindeldrehzahl-Override drehen: Spindeldrehzahl S auf 0 bis 150% des letztgültigen Wertes einstellen
---	--

 Mit dem Drehknopf für den Spindeldrehzahl-Override kann die Spindeldrehzahl nur bei Maschinen mit stufenlosem Spindeltrieb geändert werden.

Vorschub F ändern

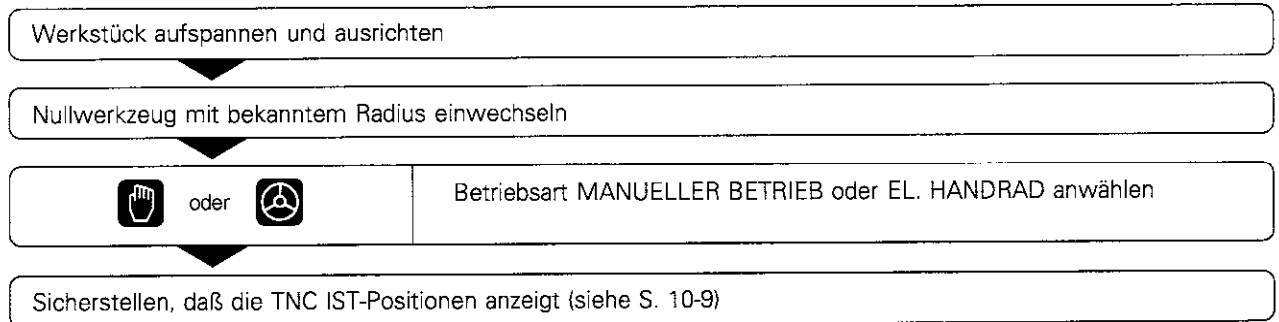
In der Betriebsart MANUELLER BETRIEB ist der Vorschub durch einen Maschinen-Parameter festgelegt.

	Drehknopf für Vorschub-Override drehen: Vorschub auf 0 bis 150% des festgelegten Wertes einstellen
---	---

2.3 Bezugspunkt-Setzen ohne 3D-Tastsystem

Beim Bezugspunkt-Setzen wird die Anzeige der TNC auf die Koordinaten einer bekannten Werkstück-Position gesetzt. Besonders schnell, einfach und genau erfolgt das Bezugspunkt-Setzen mit einem HEIDENHAIN 3D-Tastsystem (siehe S. 2-13).

Vorbereitung



Bezugspunkt-Setzen in der Zustellachse



Schutzmaßnahme:
 Falls die Werkstück-Oberfläche nicht angekratzt werden darf, wird auf das Werkstück ein Blech bekannter Dicke d gelegt. Für den Bezugspunkt in der Zustellachse muß dann ein um d größerer Wert eingegeben werden.

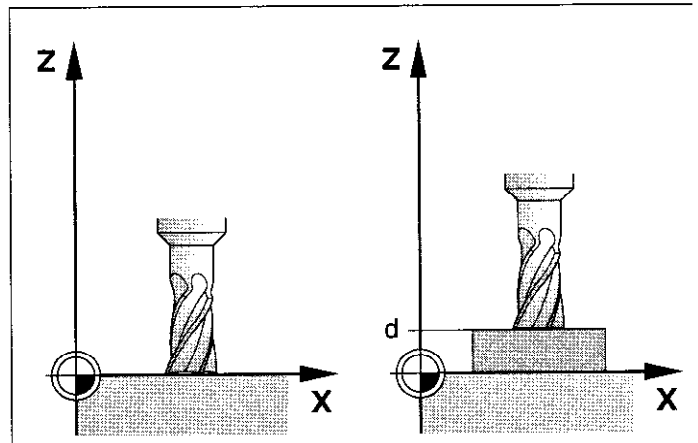
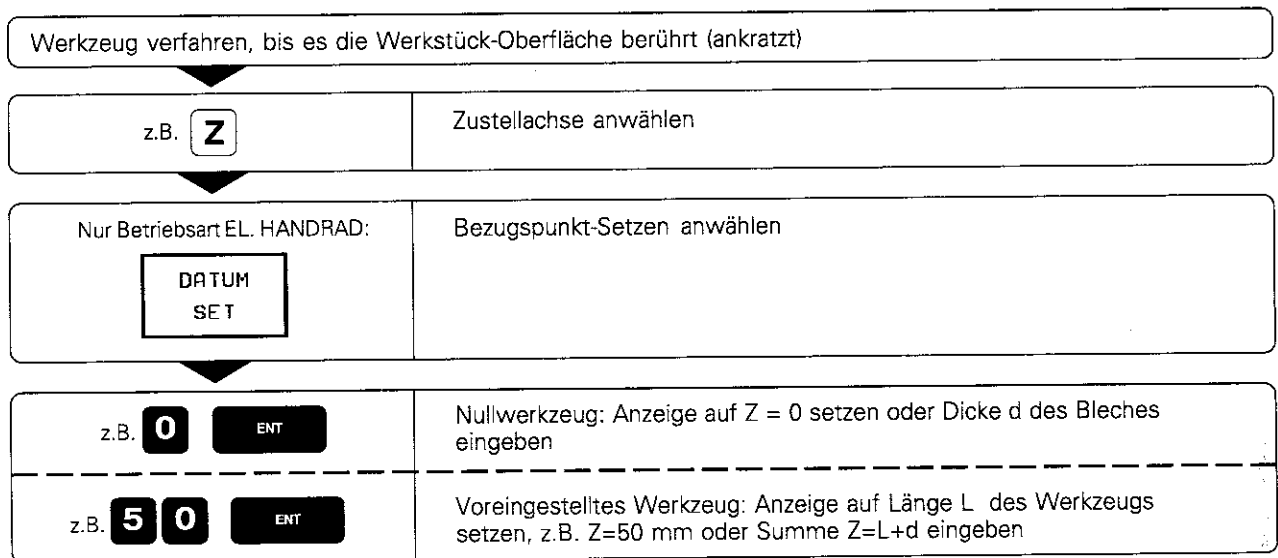


Abb. 2.5: Bezugspunkt-Setzen in der Werkzeugachse; rechts mit Schutzblech



Bezugspunkt-Setzen in der Bearbeitungsebene

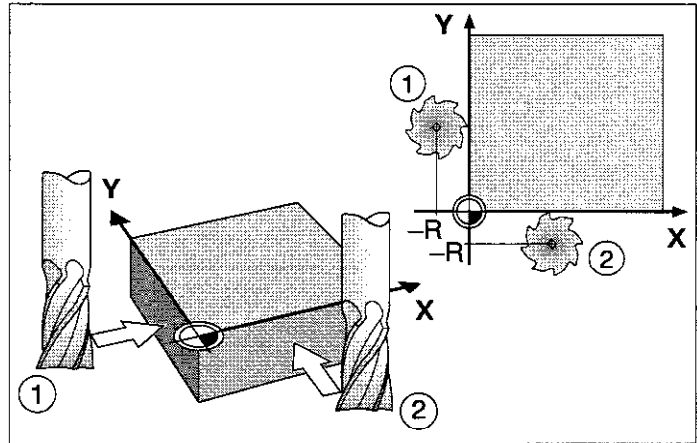
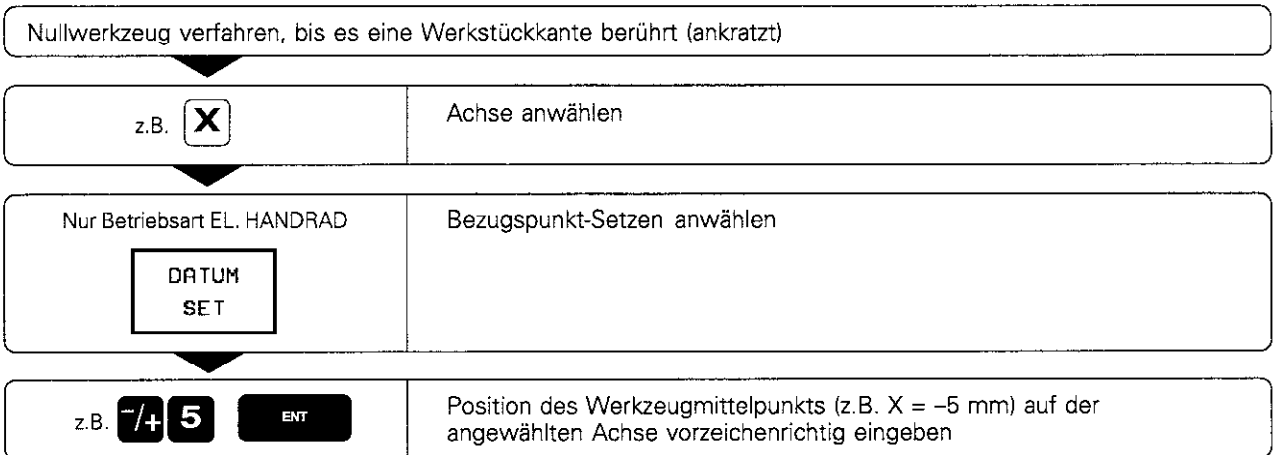


Abb. 2.6: Bezugspunkt-Setzen in der Bearbeitungsebene; rechts oben Draufsicht



Vorgang für alle Achsen in der Bearbeitungsebene wiederholen.



Die Dialog-Eröffnung fürs Bezugspunkt-Setzen ist abhängig von den Maschinen-Parametern MP 7295 und MP 7296 (siehe S. 11-10).

2.4 3D-Tastsystem

3D-Tastsystem einsetzen

Die TNC stellt für den Einsatz eines HEIDENHAIN 3D-Tastsystems Antastfunktionen zur Verfügung. Typische Einsatzbereiche des Tastsystems sind:

- Kompensieren einer schiefen Werkstück-Aufspannung (Grunddrehung)
- Bezugspunkt-Setzen
- Messen von
 - Längen und Positionen am Werkstück
 - Winkeln
 - Kreisradien
 - Kreismittelpunkten
- Messungen während eines Programmlaufs
- Digitalisieren von 3D-Formen

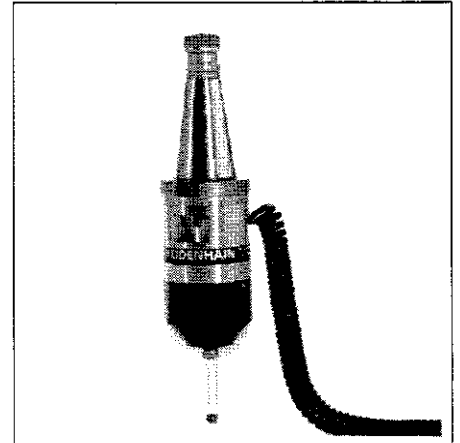


Abb. 2.7: HEIDENHAIN 3D-Tastsystem TS120



Die TNC muß vom Maschinen-Hersteller für den Einsatz eines 3D-Tastsystems vorbereitet sein. Werden Messungen während des Programmlaufs durchgeführt, ist darauf zu achten, daß die Werkzeug-Daten (Länge, Radius, Achse) entweder aus den kalibrierten Daten oder aus dem letzten TOOL-CALL-Satz verwendet werden können (Auswahl über MP 7411, siehe S. 11-12).

Das 3D-Tastsystem verfährt in den Antastfunktionen nach Drücken der externen START-Taste. Der Maschinen-Hersteller legt den Vorschub F fest, mit dem es auf das Werkstück zufährt (MP6120). Wenn das 3D-Tastsystem das Werkstück berührt,

- sendet es ein Signal an die TNC: die Koordinaten der angetasteten Position werden gespeichert
- stoppt das 3D-Tastsystem
- fährt das 3D-Tastsystem im Eilgang auf die Startposition des Antastvorgangs zurück

Wird innerhalb des in MP6130 festgelegten Wegs das Tastsystem nicht ausgelenkt, gibt die TNC eine entsprechende Fehlermeldung aus.

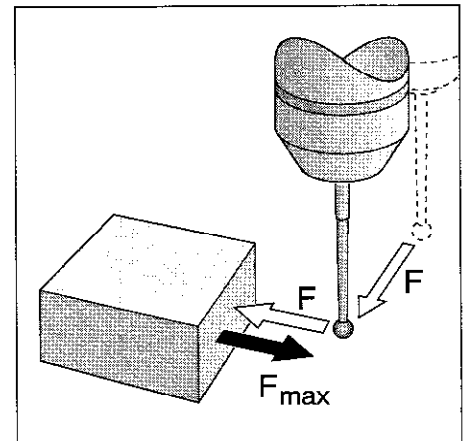


Abb. 2.8: Vorschübe beim Antasten

Antastfunktionen anwählen



▶ **MANUELLER BETRIEB**

oder



▶ **EL. HANDRAD**

TOUCH
PROBE

Antastfunktionen anwählen

CAL L 	CAL R 	PROBING ROT	PROBING POS	PROBING P _x	PROBING CC		END
------------------	------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------------	----------------------	--	------------

3D-Tastsystem kalibrieren

Das Tastsystem ist zu kalibrieren bei

- Inbetriebnahme
- Taststift-Bruch
- Taststift-Wechsel
- Änderung des Antastvorschubs
- Unregelmäßigkeiten, beispielsweise infolge Erwärmung der Maschine

Beim Kalibrieren ermittelt die TNC die „wirksame“ Länge des Taststifts und den „wirksamen“ Radius der Tastkugel. Zum Kalibrieren des 3D-Tastsystems wird ein Einstellring mit bekannter Höhe und bekanntem Innenradius auf dem Maschinentisch aufgespannt.

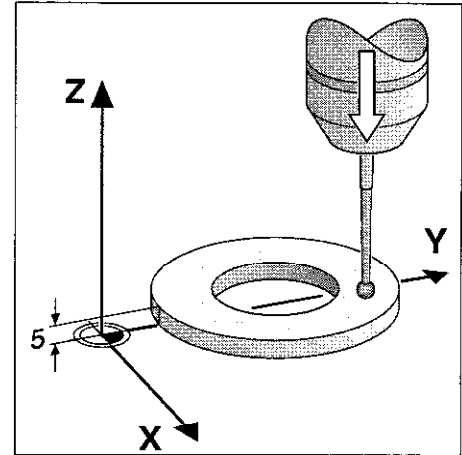
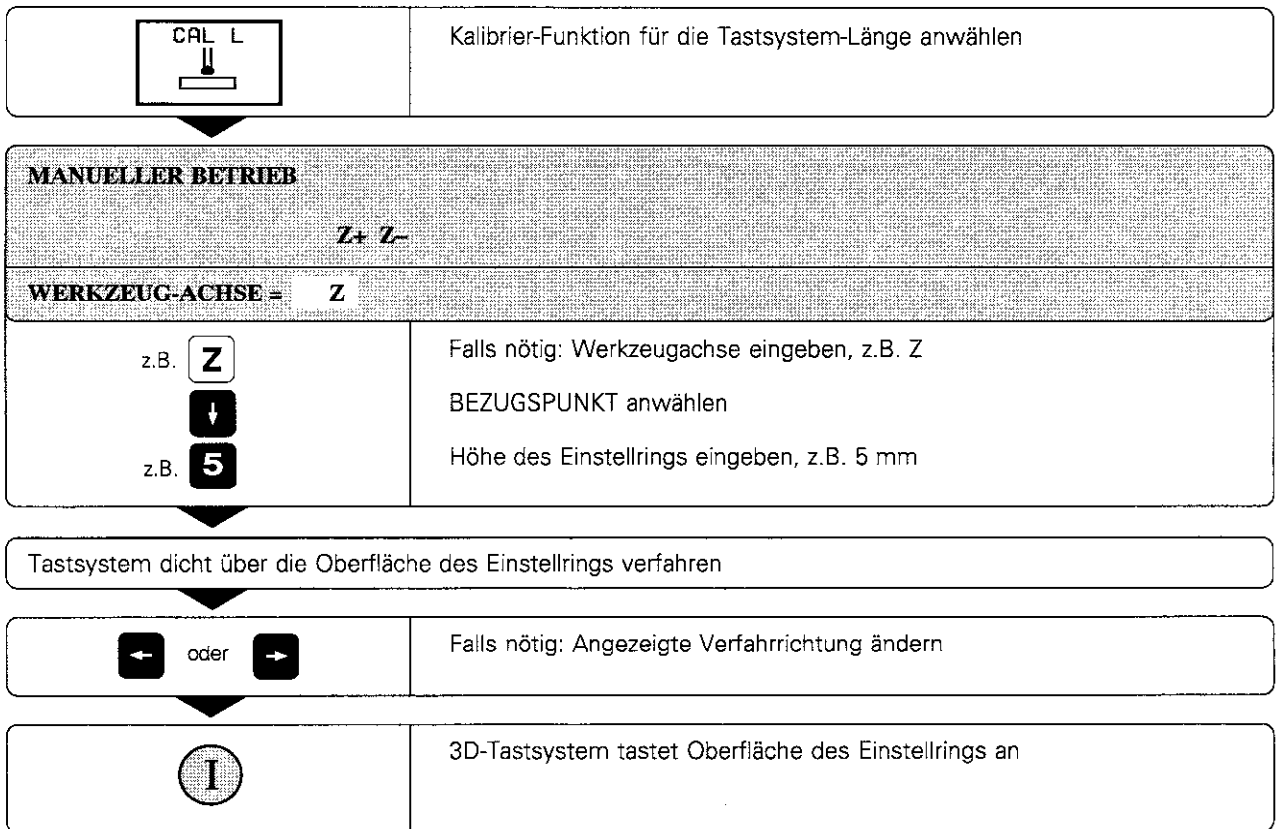


Abb. 2.9: Kalibrierung der Tastsystem-Länge

Kalibrieren der wirksamen Länge

Vorbereitung:

Bezugspunkt in der Zustellachse so setzen, daß für den Maschinentisch gilt: Z=0.



Kalibrieren des wirksamen Radius

Vorbereitung:
Tastkopf in die Bohrung des Einstellings positionieren

Tastsystem-Mittenversatz ausgleichen

Die Tastsystem-Achse fällt normalerweise nicht genau mit der Spindelachse zusammen. Der Versatz zwischen Tastsystem-Achse und Spindelachse wird mit dieser Kalibrier-Funktion erfasst und automatisch rechnerisch ausgeglichen.

Bei dieser Funktion wird das 3D-Tastsystem um 180° gedreht. Die Drehung wird durch eine Zusatz-Funktion ausgelöst, die der Maschinen-Hersteller im Maschinen-Parameter MP6160 festgelegt.

Die Messung für den Tastsystem-Mittenversatz wird nach dem Kalibrieren des wirksamen Tastkugelradius durchgeführt.

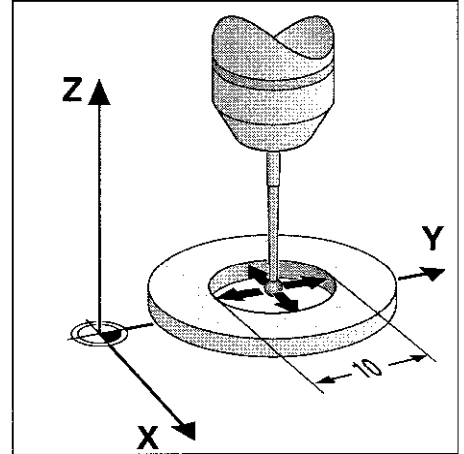
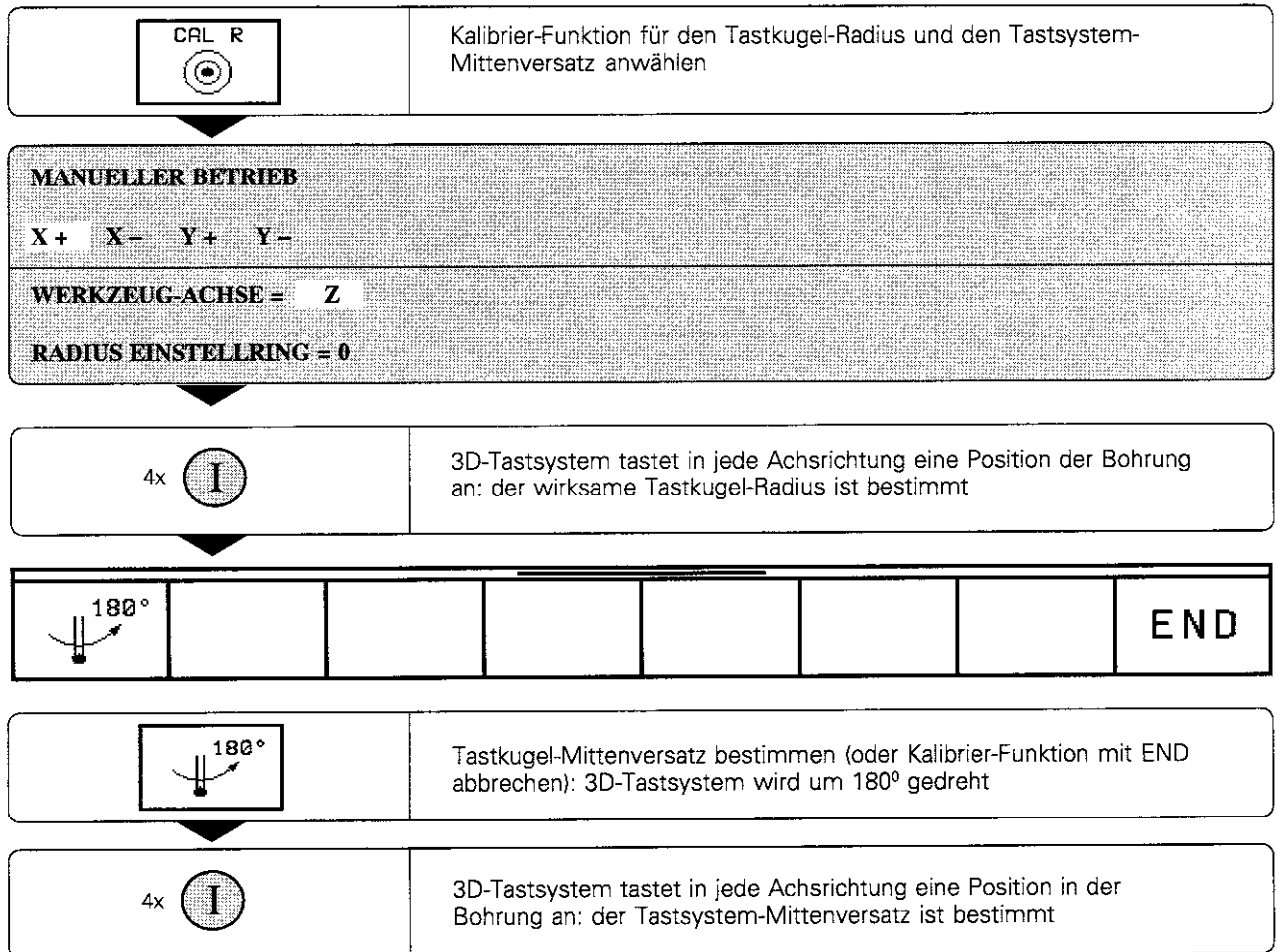


Abb. 2.10: Kalibrierung des Tastsystem-Radius und Bestimmung des Mittenversatzes



Kalibrierwerte anzeigen

Die wirksame Länge, der wirksame Radius und der Betrag des Tastsystem-Mittenversatzes werden in der TNC gespeichert und bei späteren Einsätzen des 3D-Tastsystems berücksichtigt. Die gespeicherten Werte werden durch Drücken von CAL L und CAL R am Bildschirm angezeigt.

MANUELLER BETRIEB				PROGRAMM EINSPEICHERN							
X+	X-	Y+	Y-								
WERKZEUG-ACHSE = 2 RADIUS EINSTELLUNG = 10 WIRKSAMER KUGELRADIUS = 4,0126 WIRKSAME LAENGE = +12,7836 TASTKUGEL-MITTENVERSATZ = X=+0,0125 TASTKUGEL-MITTENVERSATZ = Y=+0,1457											
IST	X	+12,759	Y	-5,370							
	Z	+105,000	U	+45,001							
	V	-230,987									
T			F	0	M 5/9						
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>											

Abb. 2.11: Menü für Tastsystem-Radius und Mittenversatz

Werkstück-Schiefelage kompensieren

Eine schiefe Werkstück-Aufspannung kompensiert die TNC rechnerisch durch eine „Grunddrehung“. Dazu wird der DREHWINKEL auf den Winkel gesetzt, den eine Werkstückfläche mit der Winkelbezugsachse (siehe S. 1-12) der Bearbeitungsebene einschließen soll.

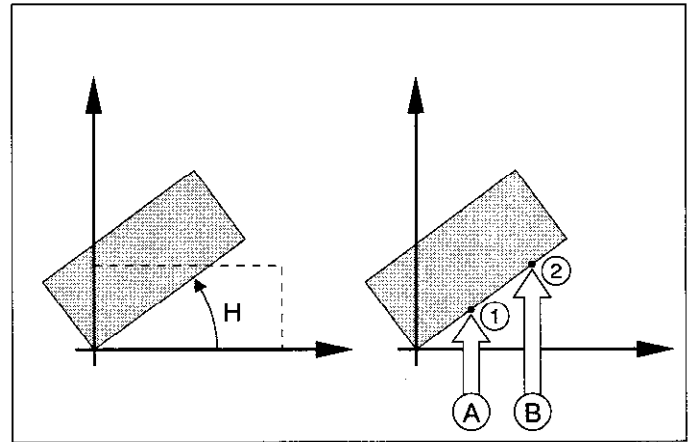
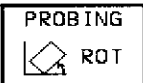


Abb. 2.12: Grunddrehung eines Werkstücks, Antastschritte zur Kompensation (rechts); gestrichelt die Soll-Lage; PA wird kompensiert

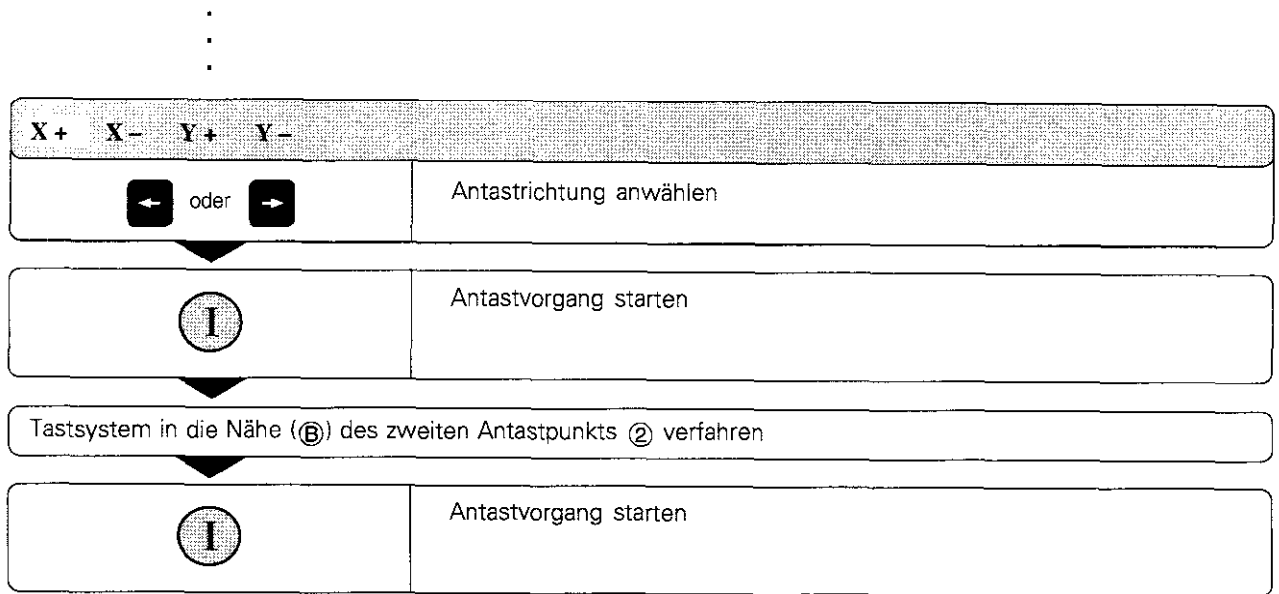
	Antastfunktion mit Softkey PROBING ROT anwählen
---	---

DREHWINKEL =	
z.B. 0	ENT
DREHWINKEL auf Soll-Wert setzen	

Tastsystem in die Nähe (A) des ersten Antastpunkts 1 verfahren

⋮

⋮



Eine Grunddrehung wird netzausfallsicher gespeichert und ist für alle nachfolgenden Programmläufe und grafischen Simulationen wirksam.

Grunddrehung anzeigen

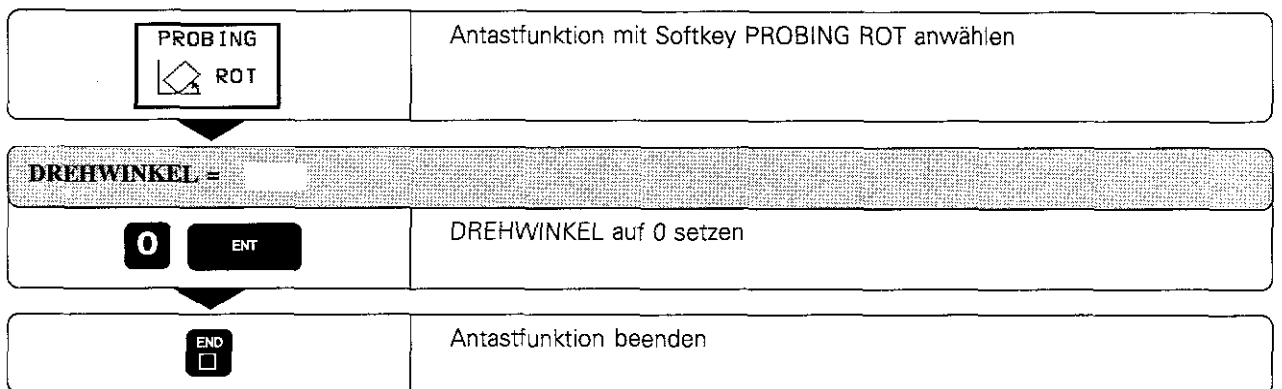
Der Winkel der Grunddrehung steht nach erneutem Anwählen von PROBING ROT in der Drehwinkel-Anzeige. Er wird auch in der zusätzlichen Statusanzeige (siehe S. 1-22) im Feld angezeigt.

In der Status-Anzeige wird ein Symbol für die Grunddrehung eingeblendet, wenn die TNC die Maschinen-Achsen entsprechend der Grunddrehung verfährt.

MANUELLER BETRIEB						PROGRAMM EINSPEICHERN	
X+	X-	Y+	Y-				
DREHWINKEL = +5,7521							
IST	<input checked="" type="checkbox"/>	-31,259	Y	+88,235			
		+58,231	U	+90,000			
		+37,222					
T	<input checked="" type="checkbox"/>		F 0	M 5/9			

Abb. 2.13: Anzeige des Drehwinkels einer aktiven Grunddrehung

Grunddrehung aufheben



2.5 Bezugspunkt-Setzen mit dem 3D-Tastsystem

Die Funktionen zum Bezugspunkt-Setzen am ausgerichteten Werkstück werden mit folgenden Softkeys angewählt:

- Bezugspunkt-Setzen in einer beliebigen Achse mit PROBING POS
- Ecke als Bezugspunkt setzen mit PROBING P
- Kreismittelpunkt als Bezugspunkt setzen mit PROBING CC

Bezugspunkt-Setzen in einer beliebigen Achse

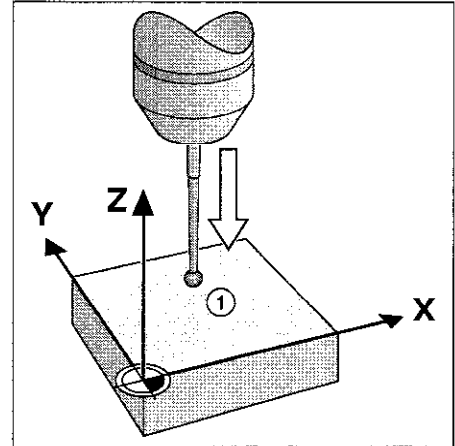
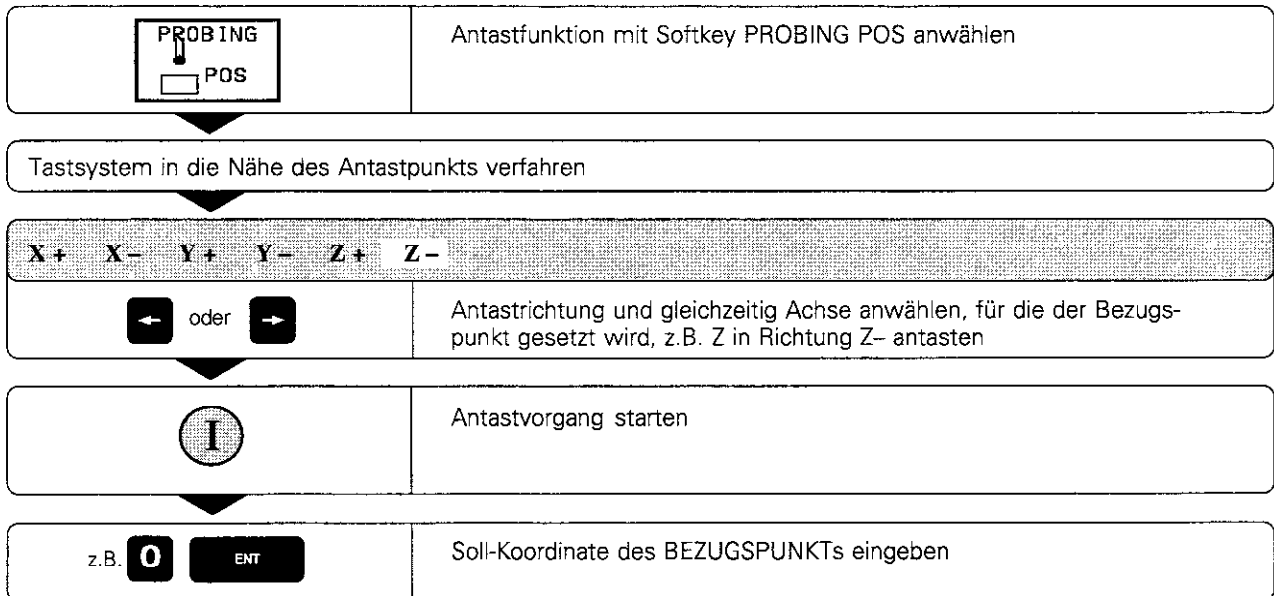


Abb. 2.14: Bezugspunkt in der Z-Achse antasten



Ecke als Bezugspunkt

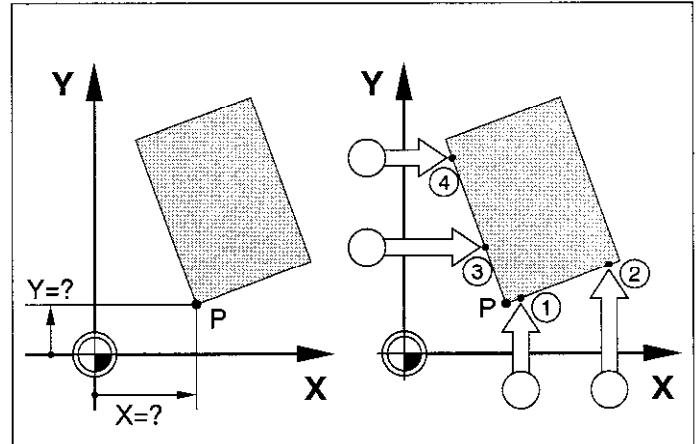
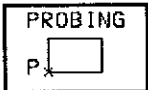





Abb. 2.15: Antastvorgang, um Koordinaten der Ecke P zu ermitteln


	Antastfunktion mit Softkey PROBING P auswählen
---	--

Mit Übernahme der Punkte, die für die Grunddrehung angetastet wurden


ANTASTPUNKTE AUS GRUNDDREHUNG?	
	Koordinaten der Antastpunkte übernehmen



Tastsystem in die Nähe des ersten Antastpunkts auf der Werkstück-Kante, die für die Grunddrehung nicht angetastet wurde, verfahren

X+ X- Y+ Y-	
 oder 	Antastrichtung wählen

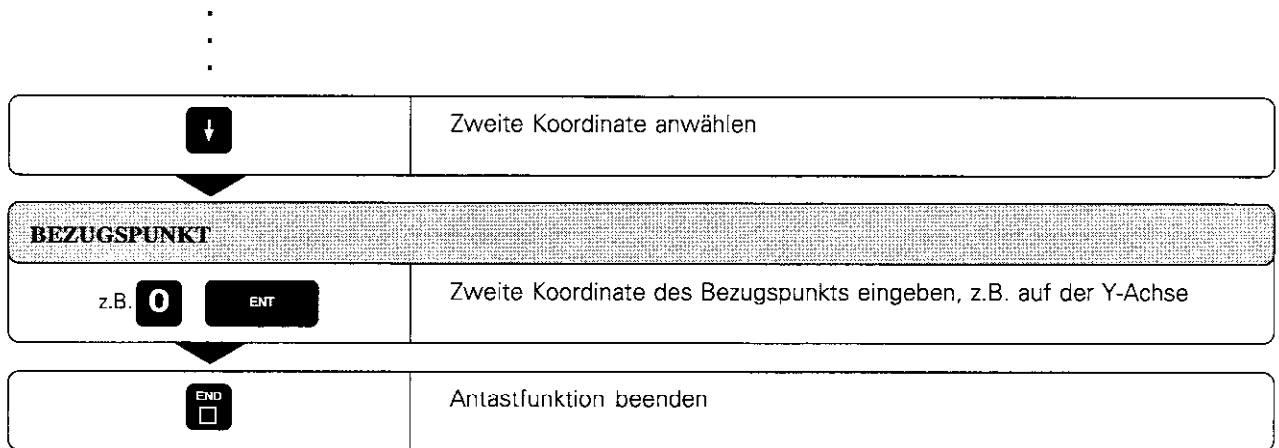
	Antastvorgang starten
---	-----------------------

Tastsystem in die Nähe des zweiten Antastpunkts auf der gleichen Kante verfahren

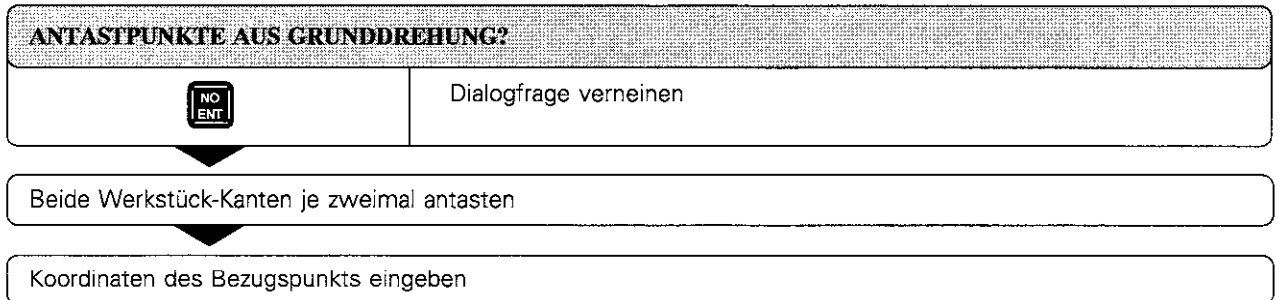
	Antastvorgang starten
---	-----------------------

BEZUGSPUNKT	
z.B.  	Erste Koordinate des Bezugspunkts eingeben, z.B. auf der X-Achse

⋮




Ohne Übernahme von Punkten, die für eine Grunddrehung angetastet wurden



Kreismittelpunkt als Bezugspunkt

Mittelpunkte von Bohrungen, Kreistaschen, Vollzylindern, Zapfen, kreisförmigen Inseln usw. lassen sich als Bezugspunkte setzen:

	Antastfunktion mit Softkey PROBING CC auswählen
---	---

Innenkreis

Die TNC tastet die Kreis-Innenwand automatisch in alle vier Koordinatenachsen-Richtungen an.
Bei unterbrochenen Kreisen (Kreisbögen) kann die Antastrichtung beliebig gewählt werden.

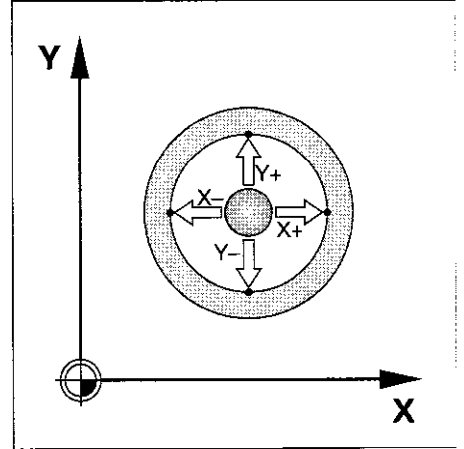










Abb. 2.16: Antasten der Kreis-Innenwand zum Ermitteln der Mittelpunkts-position

Tastkopf einmal ungefähr in die Kreismitte verfahren	
X+ X- Y+ Y-	
4 x 	Tastkopf tastet nacheinander 4 Punkte der Kreis-Innenwand an
BEZUGSPUNKT	
z.B.  	Erste Koordinate des Kreismittelpunkts eingeben, z.B. auf der X-Achse
	Zweite Koordinate auswählen
BEZUGSPUNKT	
z.B.   	Zweite Koordinate des Kreismittelpunkts eingeben, z.B. auf der Y-Achse
	Antastfunktion beenden

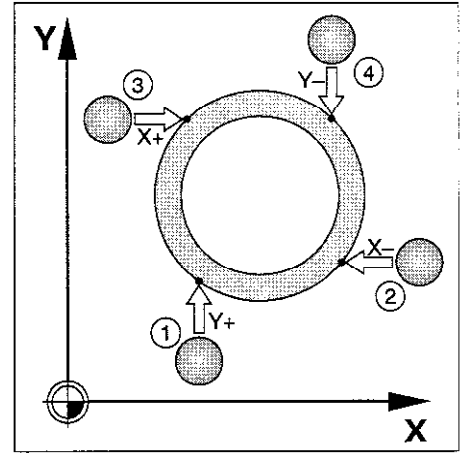
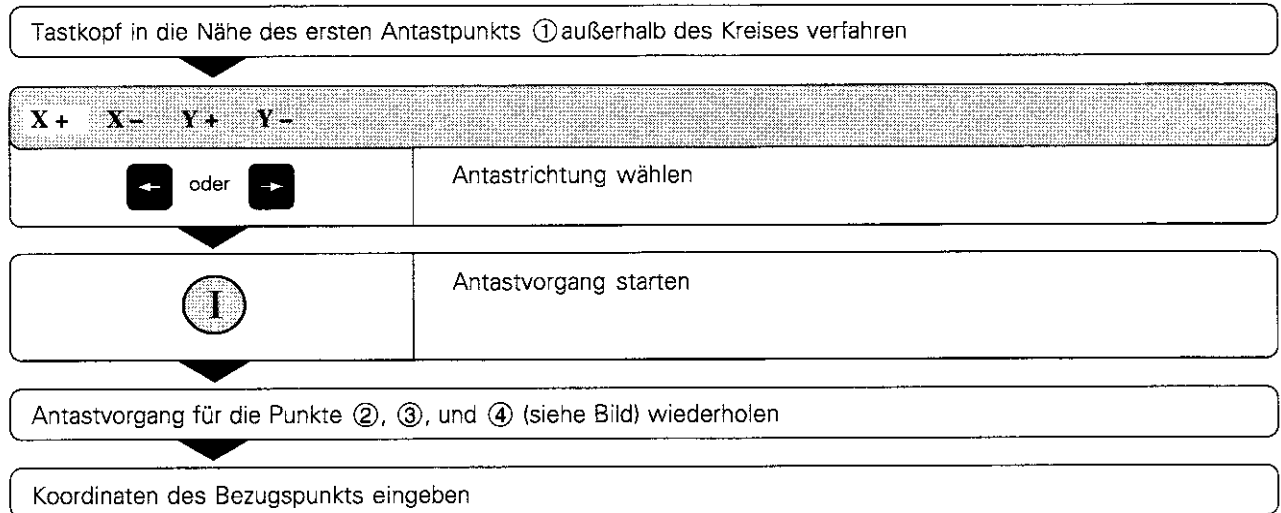
Außenkreis

Abb. 2.17: Antasten der Kreis-Außenwand zum Ermitteln der Mittelpunktsposition



Nach dem Antasten zeigt die TNC die aktuellen Koordinaten des Kreismittelpunkts und den Kreisradius PR am Bildschirm an.

Bezugspunkte über Bohrungen setzen

In einer zweiten Softkey-Leiste stehen Softkeys, mit denen Bohrungen zum Bezugspunkt-Setzen genutzt werden.

Dabei wird das Tastsystem genauso wie bei der Funktion „Kreismittelpunkt als Bezugspunkt – Innenkreis“ (siehe S. 2-16) verfahren. Es wird ungefähr in der Mitte der Bohrung vorpositioniert. Nach Drücken der externen START-Taste werden automatisch vier Punkte der Bohrungswand angetastet.

Anschließend wird das Tastsystem zur nächsten Bohrung verfahren und diese Bohrung genauso angetastet. Die TNC wiederholt diesen Vorgang, bis alle Bohrungen für die Bezugspunkt-Bestimmung angetastet sind.





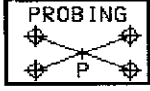

MANUELLER BETRIEB				PROGRAMM EINSPEICHERN	
IST	<input checked="" type="checkbox"/>	+12,759	Y	-5,370	
Z		+105,000	U	+45,001	
V		-230,987			
T	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	0	M 5/9
					END

Abb. 2.18: Zweite Softkey-Leiste zu TOUCH PROBE

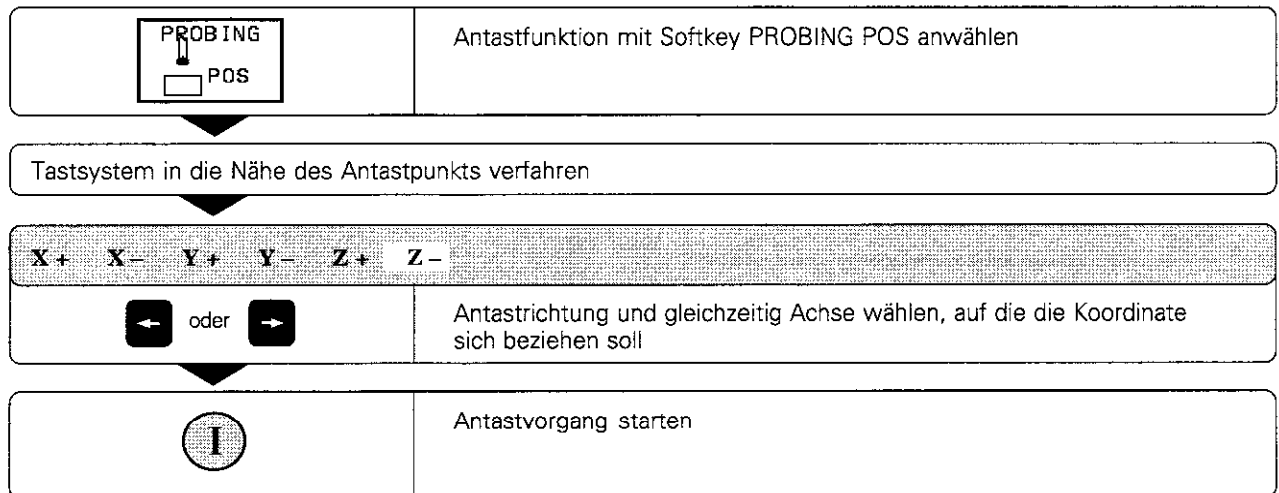
Anwendungen	Softkey
<ul style="list-style-type: none"> • Grunddrehung über 2 Bohrungen: Die TNC ermittelt den Winkel zwischen der Verbindungslinie der Bohrungs-Mittelpunkte und einer Soll-Lage (Winkel-Bezugsachse) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Bezugspunkt über 4 Bohrungen: Die TNC ermittelt den Schnittpunkt der Verbindungslinien der beiden zuerst und der beiden zuletzt angetasteten Bohrungen. Wurde die Grunddrehung über 2 Bohrungen durchgeführt, müssen diese beiden Bohrungen nicht erneut abgetastet werden 	
<ul style="list-style-type: none"> • Kreismittelpunkt über 3 Bohrungen: Die TNC ermittelt eine Kreisbahn, auf der alle 3 Bohrungen liegen und errechnet für die Kreisbahn einen Kreismittelpunkt 	

2.6 Messen mit dem 3D-Tastsystem

Mit dem 3D-Tastsystem können bestimmt werden:

- Positions-Koordinaten und daraus
- Maße und Winkel am Werkstück

Koordinate einer Position am ausgerichteten Werkstück bestimmen



Die TNC zeigt die Koordinate des Antastpunkts als BEZUGSPUNKT an.

Koordinaten eines Eckpunktes in der Bearbeitungsebene bestimmen

Koordinaten des Eckpunkts bestimmen, wie unter „Ecke als Bezugspunkt“ beschrieben. Die TNC zeigt die Koordinaten der angetasteten Ecke als BEZUGSPUNKT an.

Werkstückmaße bestimmen

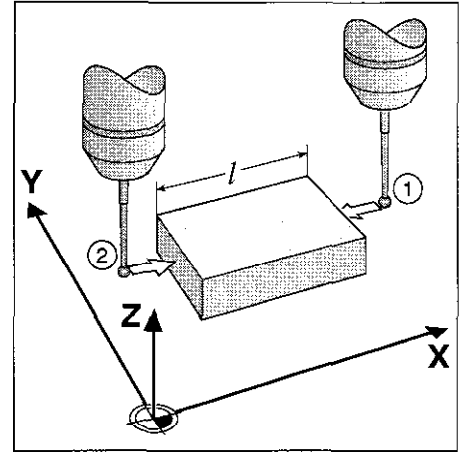
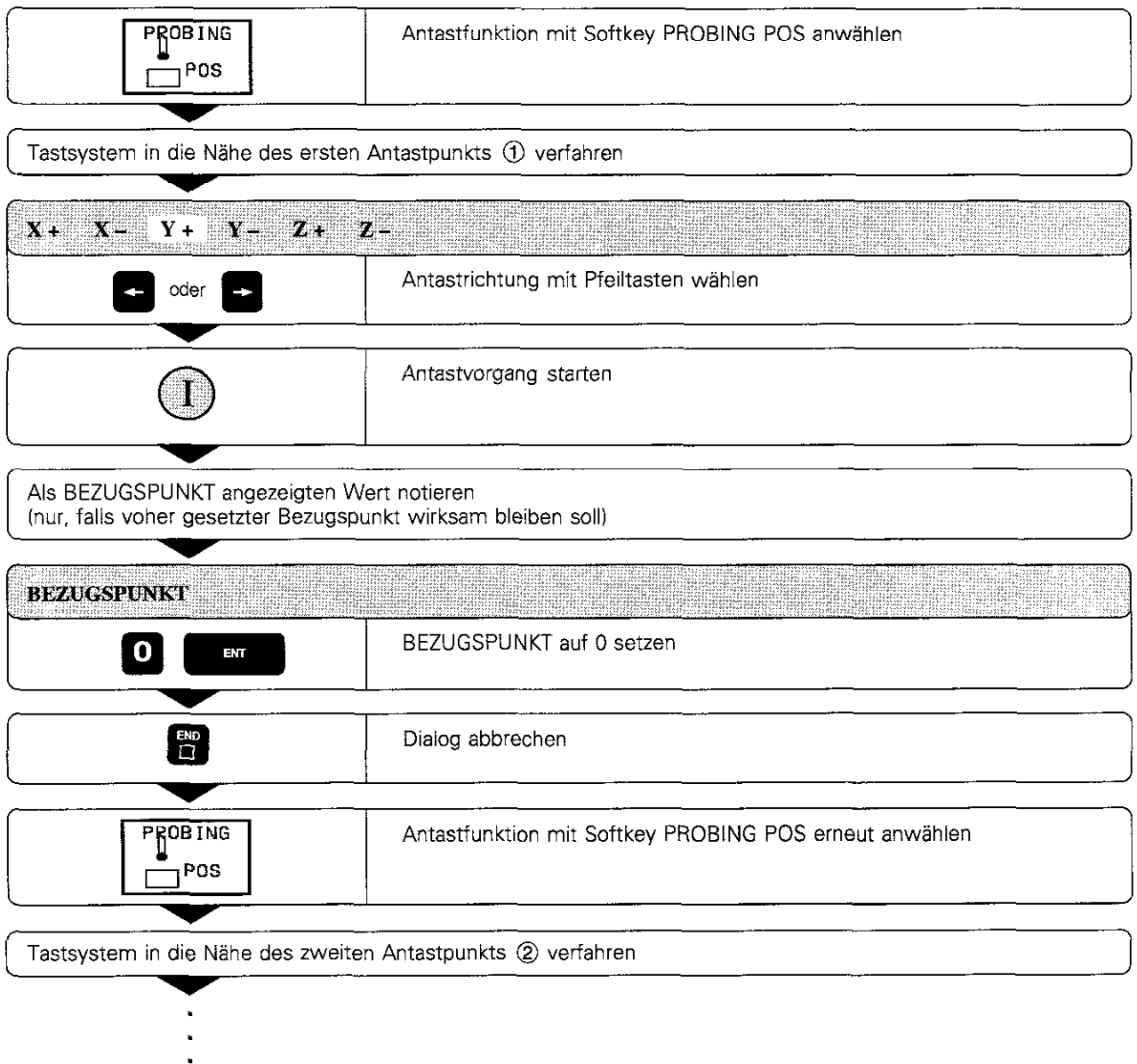
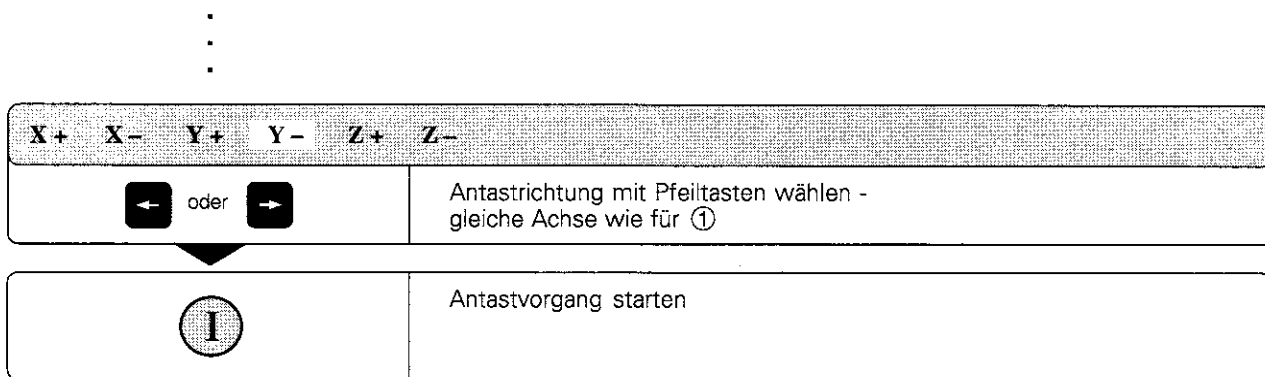


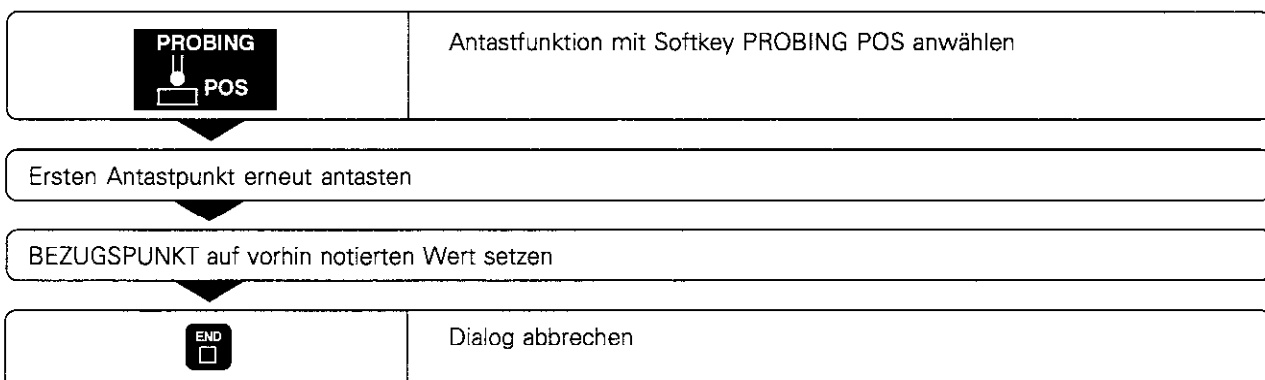
Abb. 2.19: Längen mit dem 3D-Tastsystem messen





In der Anzeige BEZUGSPUNKT steht der Abstand zwischen den beiden Punkten auf der Koordinatenachse.

Positionsanzeige wieder auf Werte vor der Längenmessung setzen



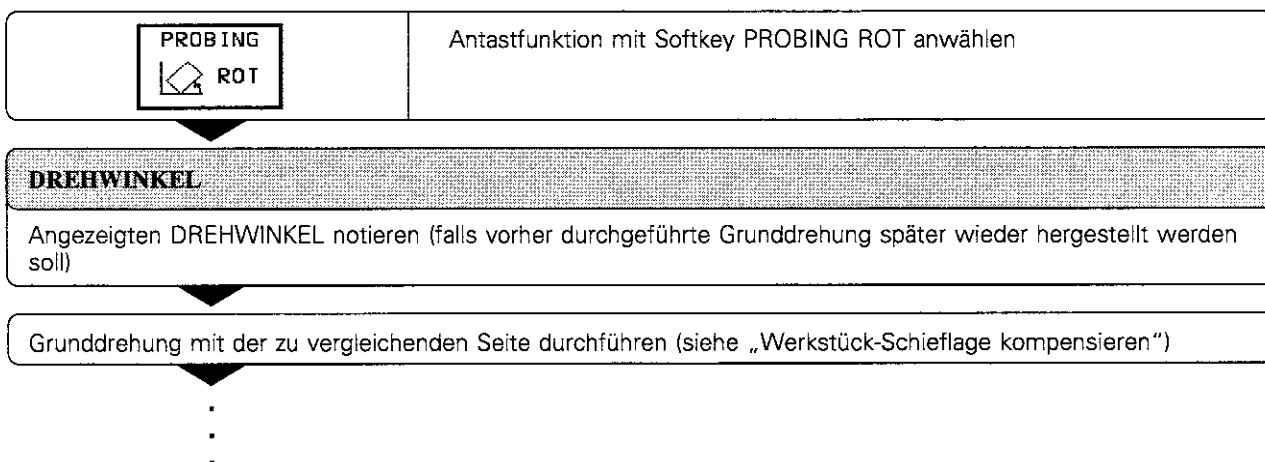
Winkel messen

Mit einem 3D-Tastsystem lassen sich auch Winkel in der Bearbeitungsebene bestimmen. Gemessen wird der


- Winkel zwischen der Winkelbezugsachse und einer Werkstück-Kante oder der
- Winkel zwischen zwei Kanten

Der gemessene Winkel wird als Wert von maximal 90° angezeigt.

Winkel zwischen der Winkelbezugsachse und einer Werkstück-Kante bestimmen



⋮

	Winkel zwischen Winkelbezugsachse und Werkstückkante als DREHWINKEL anzeigen lassen
---	---

Grunddrehung aufheben

Ursprüngliche Grunddrehung wieder herstellen:
DREHWINKEL auf notierten Wert setzen

Winkel zwischen zwei Werkstück-Kanten bestimmen

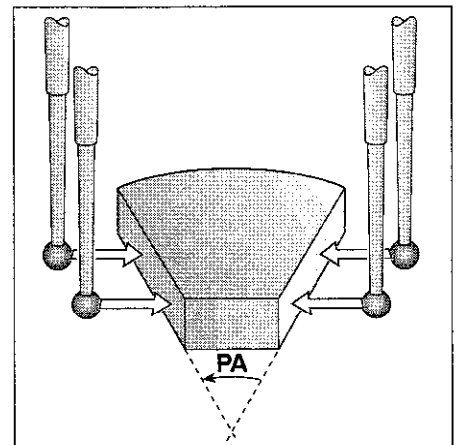



Abb. 2.20: Winkelbestimmung zwischen zwei Werkstück-Kanten


	Antastfunktion mit Softkey PROBING ROT anwählen
---	---

DREHWINKEL

Angezeigten DREHWINKEL notieren
(falls vorher durchgeführte Grunddrehung später wieder hergestellt werden soll)

Grunddrehung für die erste Seite durchführen (siehe „Werkstück-Schiefelage kompensieren“)

Zweite Seite ebenfalls wie bei einer Grunddrehung antasten, DREHWINKEL hier nicht auf 0 setzen!

	Winkel PA zwischen den Werkstück-Kanten als DREHWINKEL anzeigen lassen
---	--

Grunddrehung aufheben

Ursprüngliche Grunddrehung wieder herstellen:
DREHWINKEL auf notierten Wert setzen

2.7 Bearbeitungsebene schwenken (nicht bei TNC 407)

Die TNC unterstützt Bearbeitungen an Werkzeugmaschinen mit Schwenkköpfen und/oder Schwenktischen.

Die Bearbeitung wird dabei wie gewohnt in einer Hauptebene (X/Y-Ebene) programmiert. Ausgeführt wird die Bearbeitung jedoch in einer Ebene, die zur Hauptebene geschwenkt wurde.

Typische Einsatzfälle für diese Funktion:

- Schräge Bohrungen
- Schräg im Raum liegende Konturen

Das Schwenken der Bearbeitungsebene ist eine Koordinaten-transformation. Dabei bleibt die Z-Achse parallel zur Werkzeug-Achse und die X/Y-Ebene steht senkrecht zur Richtung der Werkzeug-Achse.

Bei Maschinen mit Schwenktischen ändert sich also die Lage der Werkzeug-Achse im Bezug zum Maschinen-System nicht. Das Koordinatensystem wird nicht geschwenkt; die Schräglage wird durch Schwenken des Tisches kompensiert.

Bei Maschinen mit Schwenkköpfen ändert sich die Lage der Werkzeug-Achse zum Maschinen-System sehr wohl. Das Koordinatensystem wird geschwenkt; die Schräglage wird durch Schwenken des Koordinatensystems kompensiert.

Schwenkachsen müssen konventionell - beispielsweise durch einen G00-Satz- in die definierte Winkelposition gebracht werden.

Referenzpunkte anfahren bei geschwenkten Achsen

Bei geschwenkten Achsen werden die Referenzpunkte mit den externen Richtungstasten angefahren. Die TNC interpoliert dabei die entsprechenden Achsen. Es ist zu beachten, daß die Funktion Bearbeitungsebene schwenken in der Betriebsart Manuell aktiv ist und der Ist-Winkel der Schwenkachse im Menüfeld eingetragen wurde (siehe S. 2-26).

Bezugspunkt-Setzen im geschwenkten System

Nachdem die Schwenkachsen entsprechend positioniert wurden erfolgt das Setzen des Bezugspunktes wie im ungeschwenkten System. Das heißt, entweder manuell durch Ankratzen (siehe S. 2-7) oder - besonders einfach - gesteuert mit einem HEIDENHAIN 3D-Tastsystem (siehe S. 2-14).

Die TNC rechnet dabei den gesetzten Bezugspunkt ins geschwenkte Koordinatensystem um. Die Winkelwerte für diese Berechnung werden aus dem Menü zum manuellen Schwenken entnommen, unabhängig ob die Funktion Bearbeitungsebene schwenken dort aktiv ist oder nicht.

Positions-Anzeige im geschwenkten System

Die im Status-Feld angezeigten Positionen (SOLL und IST) beziehen sich auf das geschwenkte Koordinatensystem.

Einschränkungen beim Arbeiten mit der Funktion Bearbeitungsebene schwenken

- Die Antastfunktion GRUNDDREHUNG kann nicht verwendet werden.
- PLC-Positionierungen (werden vom Maschinen-Hersteller festgelegt) sind nicht erlaubt.
- Bei der Kombination von Koordinaten-Umrechnungszyklen ist beim Aktivieren beispielsweise wie folgt vorzugehen:
 1. Nullpunkt-Verschiebung aktivieren
 2. Bearbeitungsebene schwenken aktivieren
 3. Drehung aktivieren

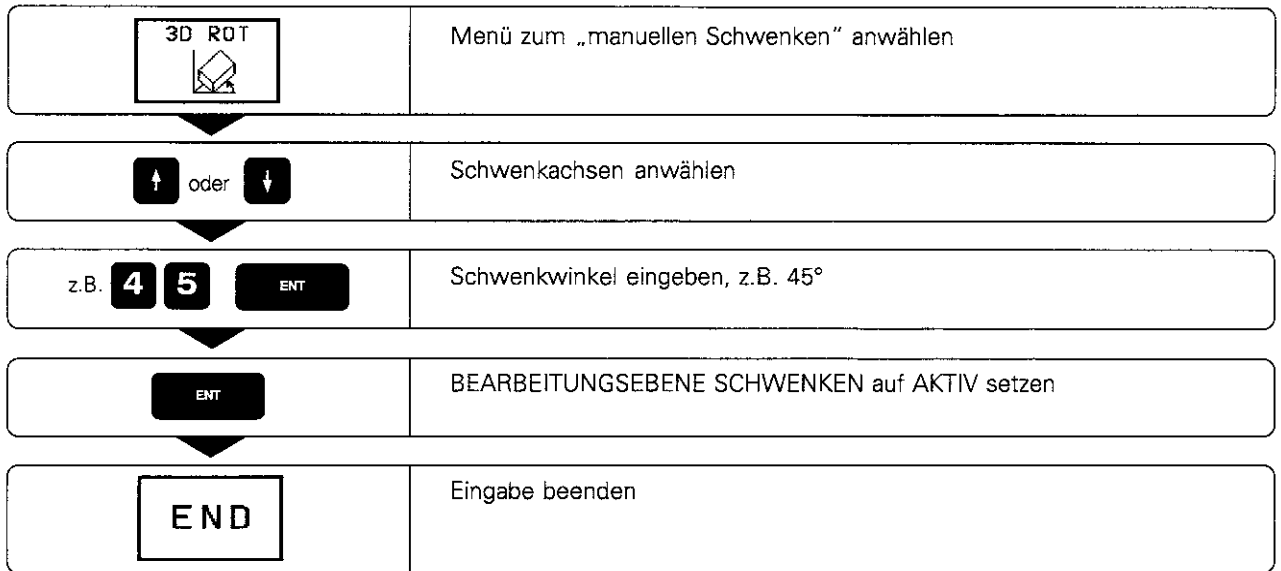
Beim Rücksetzen ist genau umgekehrt vorzugehen. Der Zyklus, der zuletzt definiert wurde, ist zuerst rückzusetzen, z.B. :

1. Drehung rücksetzen
2. Bearbeitungsebene schwenken rücksetzen
3. Nullpunkt-Verschiebung rücksetzen



Die Funktionen zum Schwenken der Bearbeitungsebene werden vom Maschinen-Hersteller an die TNC angepaßt. Es gibt auch nähere Informationen dazu, wie die einzelnen Schwenk-Achsen für seine Maschine einzugeben sind.

Manuelles Schwenken aktivieren



In der Status-Anzeige wird ein Symbol für die geschwenkte Ebene eingeblendet, wenn die TNC die Maschinen-Achsen entsprechend der Schwenkebene verfährt.

Rücksetzen

BEARBEITUNGSEBENE SCHWENKEN auf INAKTIV setzen

MANUELLER BETRIEB						PROGRAMM EINSPEICHERN
BEARBEITUNGSEBENE SCHWENKEN						
PROGRAMMLAUF						INAKTIV
MANUELLER BETRIEB						AKTIV
B = +12,5 °						
C = +90 °						
IST	X	+65,6792	Y	-21,5938		
	<input checked="" type="checkbox"/>	+114,4964	B	+12,5000		
		+90,0000				
T	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	0	M	5/9
						END

Abb. 2.21: Menü zum manuellen Schwenken in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB

3 Programm-Test und Programmlauf

3.1 Programm-Test	3-2
Programm-Test ausführen	3-2
Programm-Test bis zu einem bestimmten Satz ausführen	3-3
Anzeige-Funktionen für den Programm-Test	3-3
3.2 Programmlauf	3-4
Bearbeitungsprogramm ausführen	3-4
Bearbeitung unterbrechen	3-5
Maschinenachsen während einer Unterbrechung verfahren	3-6
Fortfahren nach einer Unterbrechung	3-6
Beliebiger Einstieg ins Programm	3-8
Wiederanfahen an die Kontur	3-9
3.3 Sätze überspringen	3-10
3.4 Blockweises Übertragen: Lange Programme testen und ausführen	3-11

3.1 Programm-Test

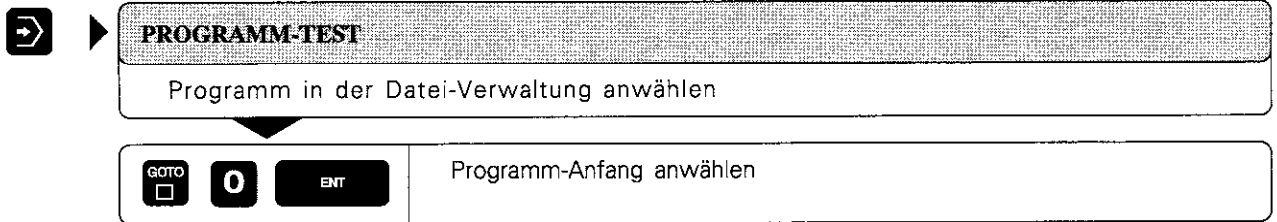
In der Betriebsart PROGRAMM-TEST überprüft die TNC Programme und Programmteile auf folgende Fehler, ohne die Maschinenachsen zu verfahren:

- geometrische Unverträglichkeiten
- fehlende Angaben
- nicht ausführbare Sprünge

Die folgenden TNC-Funktionen können in der Betriebsart PROGRAMM-TEST genutzt werden:

- Programm-Test satzweise
- Testabbruch bei beliebigem Satz
- Sätze überspringen
- Blockweises Übertragen sehr langer Programme von einem externen Speicher
- Funktionen für die grafische Darstellung
- Bearbeitungszeit ermitteln
- Zusätzliche Status-Anzeige

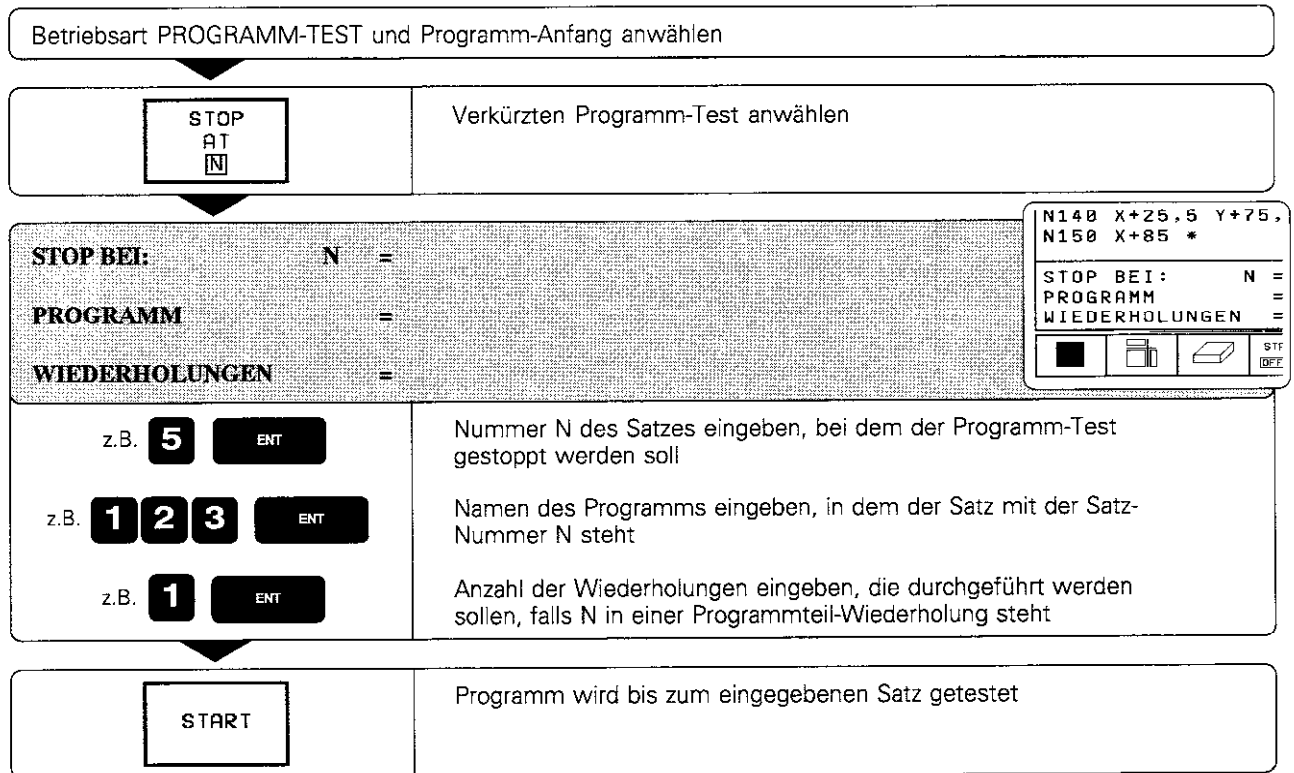
Programm-Test ausführen



Funktionen	Softkey
• Gesamtes Programm testen	START
• Jeden Programm-Satz einzeln testen	START SINGLE □
• Rohteil abbilden und gesamtes Programm testen	RESET + START
• Programm-Test anhalten	STOP

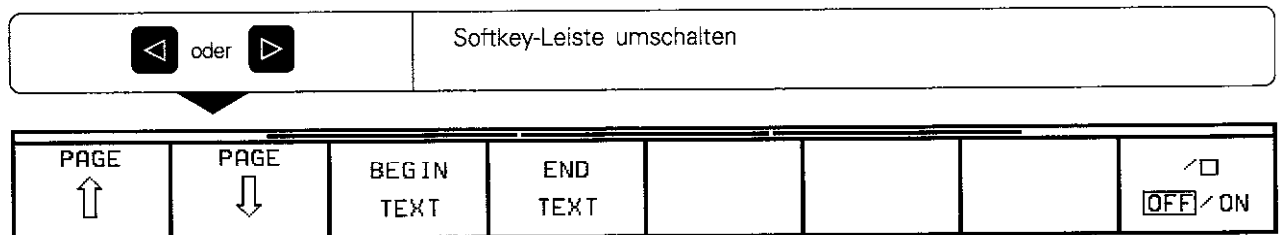
Programm-Test bis zu einem bestimmten Satz ausführen

Mit der TNC-Funktion STOP AT N wird der Programm-Test nur bis zum Satz mit der frei wählbaren Satz-Nummer N durchgeführt.



Anzeige-Funktionen für den Programm-Test

Die TNC stellt in der Betriebsart PROGRAMM-TEST Funktionen zur Verfügung, mit denen das Programm seitenweise angezeigt wird.



Funktion	Softkey
• Im Programm um eine Bildschirm-Seite zurückblättern	PAGE ↑
• Im Programm um eine Bildschirm-Seite vorblättern	PAGE ↓
• Programm-Anfang anwählen	BEGIN TEXT
• Programm-Ende anwählen	END TEXT

3.2 Programmlauf

In der Betriebsart PROGRAMMLAUF SATZFOLGE führt die TNC ein Bearbeitungsprogramm kontinuierlich bis zum Programmende oder bis zu einer Unterbrechung aus.

In der Betriebsart PROGRAMMLAUF EINZELSATZ wird jeder Satz nach Drücken der externen START-Taste einzeln ausgeführt.

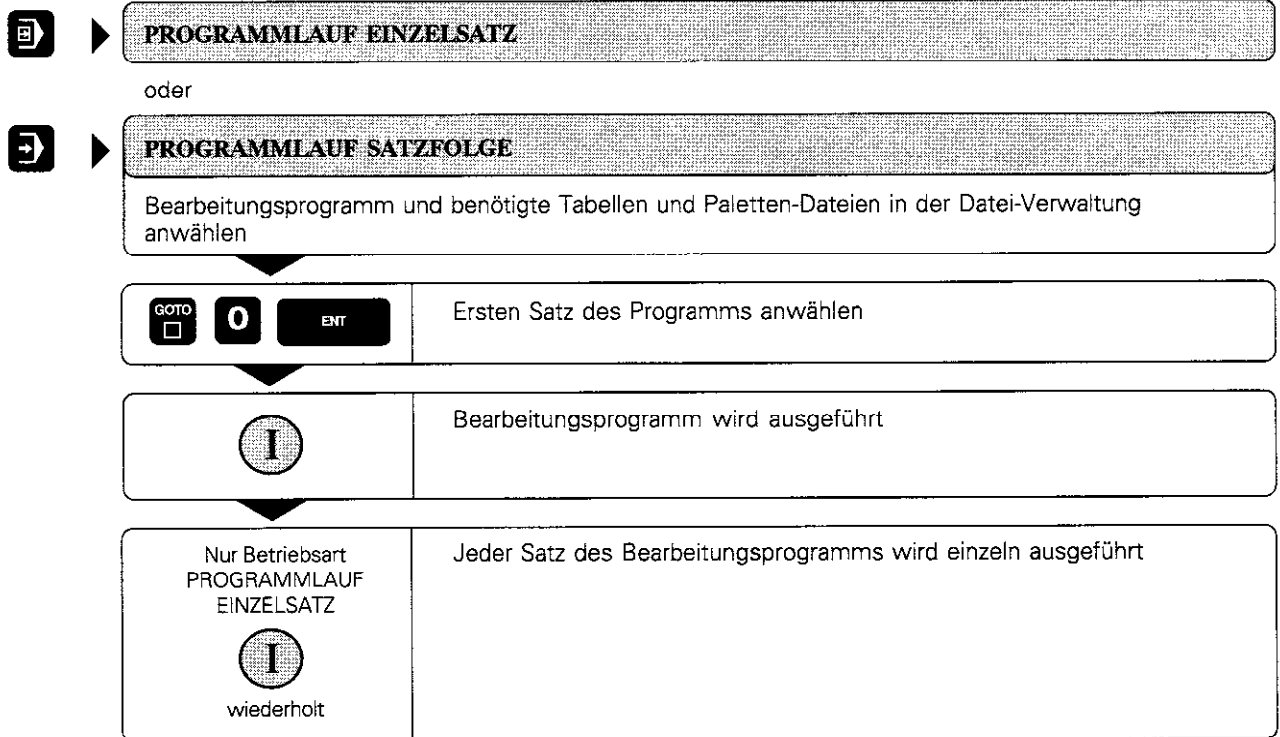
Die folgenden TNC-Funktionen können für einen Programmlauf genutzt werden:

- Programmlauf unterbrechen
- Programmlauf ab bestimmtem Satz
- Blockweises Übertragen sehr langer Programme von einem externen Speicher
- Sätze überspringen
- Werkzeug-Tabelle TOOL.T editieren und einsetzen
- Q-Parameter kontrollieren und ändern
- Funktionen für die grafische Darstellung
- Zusätzliche Status-Anzeige

Bearbeitungsprogramm ausführen

Vorbereitung:

- Werkstück auf dem Maschinentisch aufspannen
- Bezugspunkt setzen
- Benötigte Tabellen und Paletten-Dateien anwählen



Vorschub und Spindeldrehzahl können mit den Override-Drehknöpfen geändert werden. Während des Programmlaufs kann eine Handradpositionierung überlagert werden (siehe S. 5-43).

Bearbeitung unterbrechen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, einen Programmlauf zu unterbrechen:

- Programmierte Unterbrechungen
- Externe STOP-Taste
- Umschalten auf PROGRAMMLAUF EINZELSATZ

Registriert die TNC während eines Programmlaufs einen Fehler, so unterbricht sie die Bearbeitung selbsttätig.

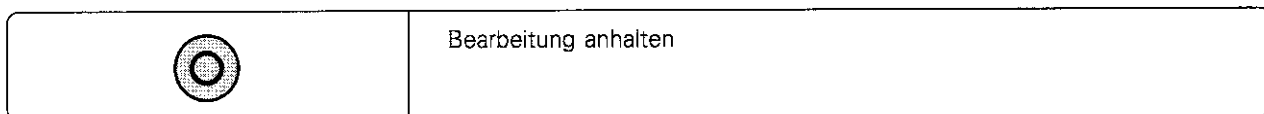
Programmierte Unterbrechungen

Unterbrechungen können direkt im Bearbeitungsprogramm festgelegt werden. Der Programmlauf wird unterbrochen, sobald das Bearbeitungsprogramm bis zu dem Satz ausgeführt ist, der eine der folgenden Eingaben enthält:

- G 38
- Zusatzfunktion M0, M2 oder M30
- Zusatzfunktion M6 (wird vom Maschinen-Hersteller festgelegt)

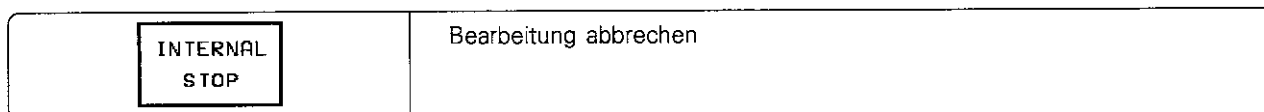
Bearbeitung durch Tastendruck unterbrechen

Der Satz, den die TNC zum Zeitpunkt des Tastendrucks abarbeitet, wird nicht vollständig ausgeführt.



* in der Status-Anzeige blinkt.

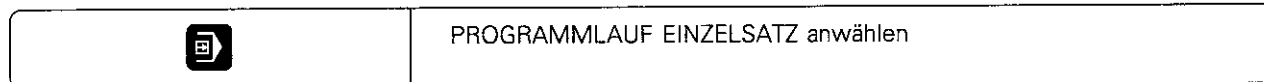
Die Bearbeitung kann mit der Funktion INTERNAL STOP abgebrochen werden.



* in der Status-Anzeige erlischt.

Bearbeitung unterbrechen durch Umschalten auf Betriebsart PROGRAMMLAUF EINZELSATZ

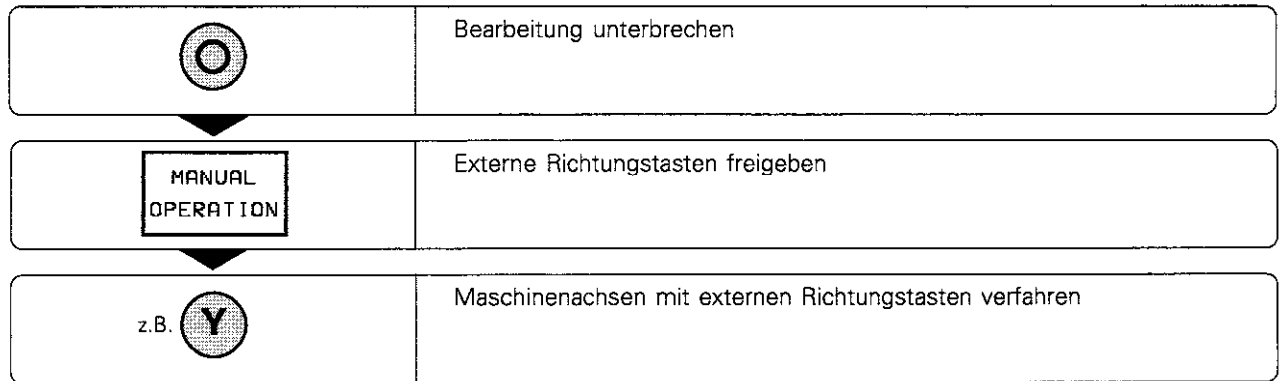
Die Bearbeitung wird unterbrochen, nachdem der aktuelle Bearbeitungsschritt ausgeführt ist.



Maschinenachsen während einer Unterbrechung verfahren

Die Maschinenachsen lassen sich während einer Unterbrechung wie in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB verfahren. Die externen Richtungstasten werden mit dem Softkey MANUAL OPERATION freigegeben.

Anwendungsbeispiel: Freifahren der Spindel nach Werkzeugbruch



Bei einigen Maschinen muß nach dem Softkey MANUAL OPERATION die externe START-Taste zur Freigabe der externen Richtungstasten gedrückt werden.

Fortfahren nach einer Unterbrechung

Die TNC speichert bei einer Programmlauf-Unterbrechung

- die Daten des zuletzt aufgerufenen Werkzeugs
- aktive Koordinaten-Umrechnungen
- die Koordinaten des zuletzt definierten Kreismittelpunkts
- den Zählerstand von Programmteil-Wiederholungen
- die Nummer des letzten CALL LBL-Satzes

Die gespeicherten Daten werden für das Wiederanfahren an die Kontur nach manuellem Verfahren der Maschinenachsen während einer Unterbrechung (RESTORE POSITION) genutzt.



Wird ein Programmlauf während eines Bearbeitungszyklus unterbrochen, so muß mit dem Zyklusanfang fortgefahren werden. Bereits ausgeführte Bearbeitungsschritte werden dann erneut abgefahren.

Für den Einstieg in ein Programm in einen bestimmten Satz (RESTORE POS AT N) berechnet die TNC diese Daten neu.

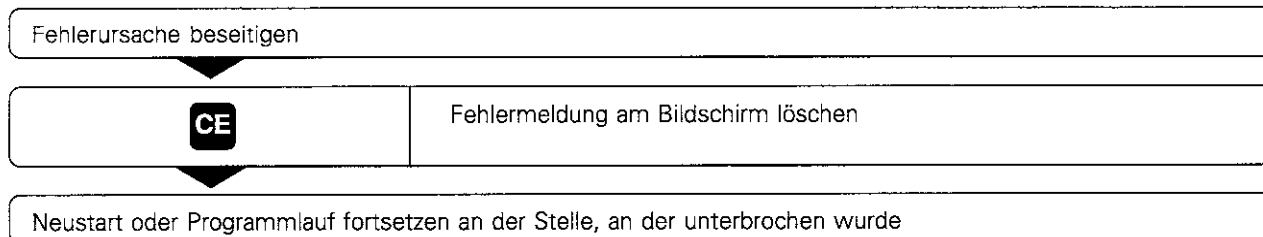
Programmlauf mit START-Taste fortsetzen

Durch Drücken auf die externe START-Taste wird der Programmlauf fortgesetzt, wenn das Programm auf folgende Art angehalten wurde:

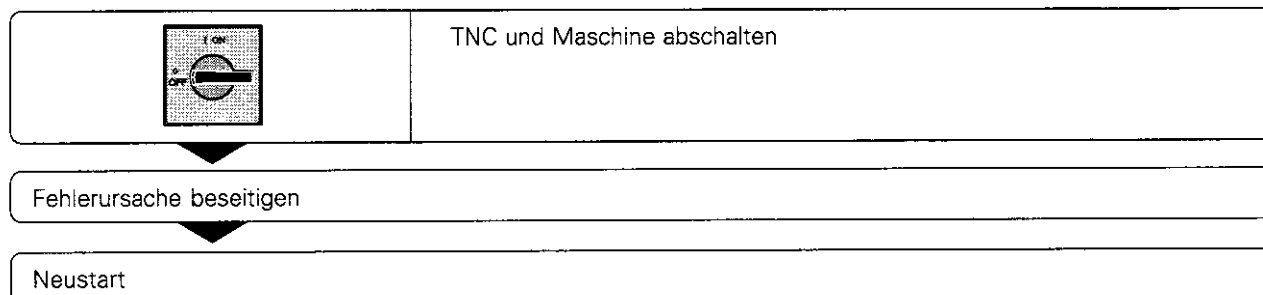
- Externe STOP-Taste gedrückt
- Programmierte Unterbrechung

Programmlauf fortsetzen nach einem Fehler

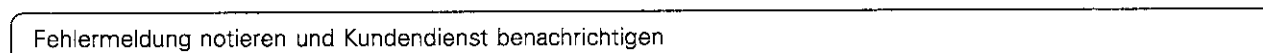
- Bei nichtblinkender Fehlermeldung:



- Bei blinkender Fehlermeldung:



- Bei wiederholtem Auftreten des Fehlers:

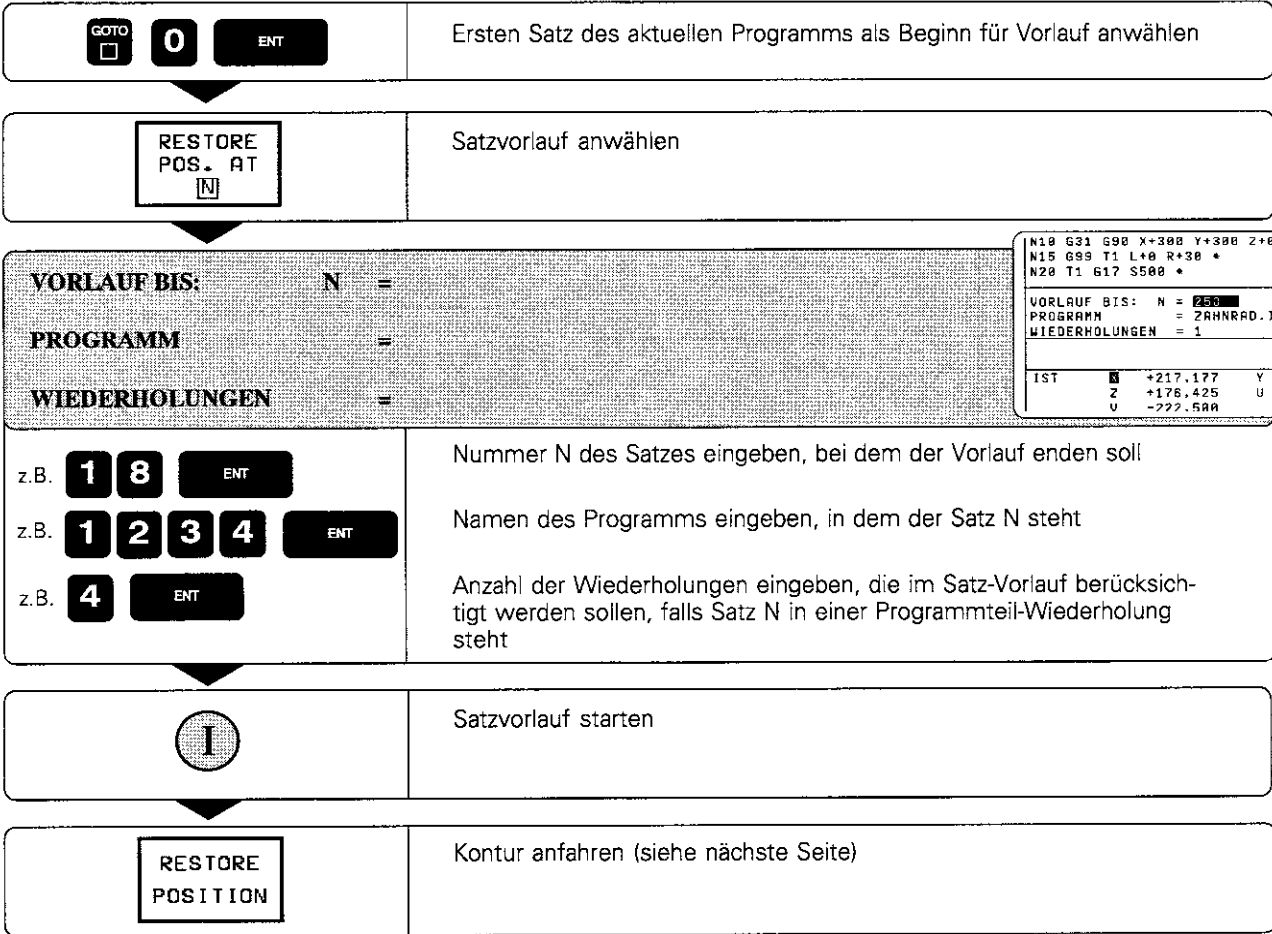


Beliebiger Einstieg ins Programm

Ein Bearbeitungsprogramm wird mit der Funktion RESTORE POS AT N (Satzvorlauf) erst ab einem frei wählbaren Satz N abgearbeitet. Die Werkstück-Bearbeitung bis zu diesem Satz wird von der TNC rechnerisch berücksichtigt. Sie kann grafisch dargestellt werden. Wenn ein Programm mit einem INTERNAL STOP abgebrochen wird, bietet die TNC automatisch den Satz N zum Einstieg an, in dem das Programm unterbrochen wurde.



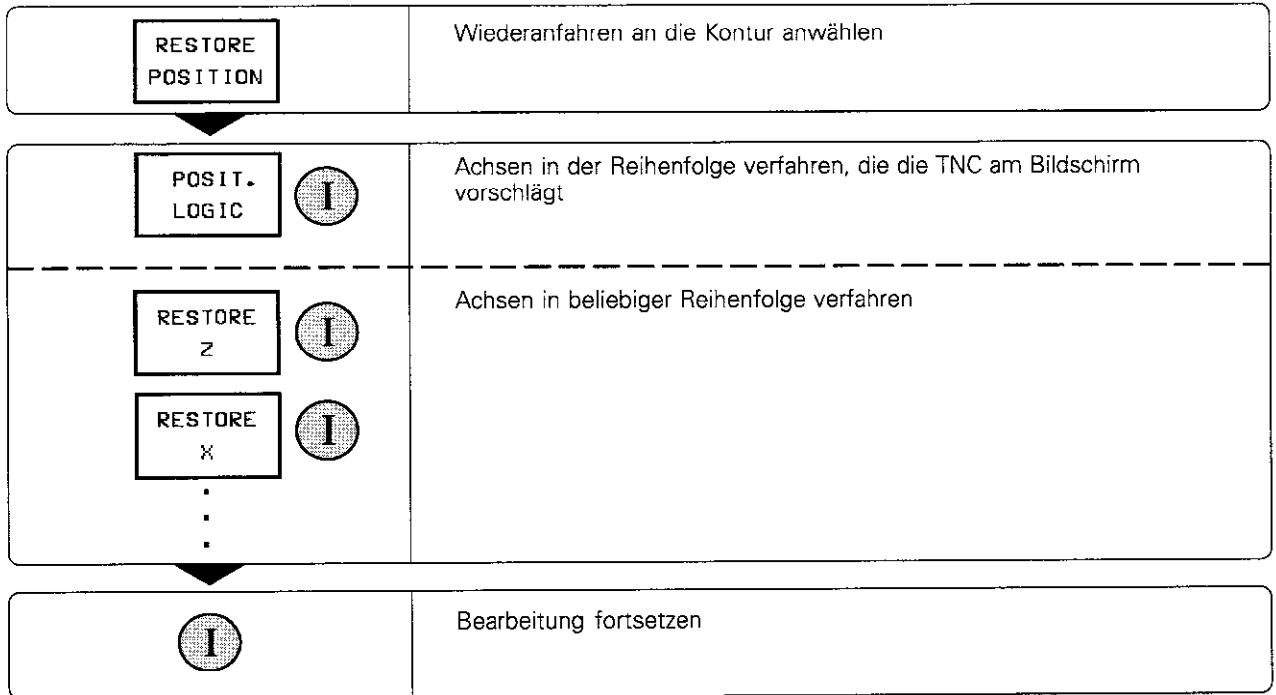
- Die Funktion RESTORE POS AT N muß vom Maschinen-Hersteller freigegeben werden.
- Der Satzvorlauf darf nicht in einem Unterprogramm beginnen.
- Alle benötigten Programme, Tabellen und Paletten-Dateien müssen in einer Programmlauf-Betriebsart angewählt sein.
- Enthält das Programm bis zum Ende des Satzvorlaufs eine programmierte Unterbrechung, wird dort der Satzvorlauf unterbrochen. Um den Satzvorlauf fortzusetzen, die externe START-Taste drücken.
- Nach einem Satzvorlauf wird das Werkzeug mit der Funktion RESTORE POSITION auf die ermittelte Position gefahren.



Wiederanfahren an die Kontur



Mit der Funktion RESTORE POSITION fährt die TNC das Werkzeug in folgenden Situationen an die Werkstück-Kontur:

- Wiederanfahren nach dem Verfahren der Maschinenachsen während einer Unterbrechung
- Anfahren der Position, die zum Einstieg ins Programm ermittelt wurde



3.3 Sätze überspringen

Sätze, die beim Programmieren mit einem „/“-Zeichen gekennzeichnet wurden, können beim Programm-Test oder Programmauf übersprungen werden.

 oder 	Softkey-Leiste umschalten
--	---------------------------

PAGE ↑	PAGE ↓	BEGIN TEXT	END TEXT				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> OFF / ON
-----------	-----------	---------------	-------------	--	--	--	---

<input type="checkbox"/> OFF / <input type="checkbox"/> ON	/	<input type="checkbox"/> OFF / <input type="checkbox"/> ON	Programm ohne / mit „/“-Sätzen ausführen oder testen
---	---	---	--



Diese Funktion wirkt nicht für G99-Sätze

3.4 Blockweises Übertragen: Lange Programme testen und ausführen

Bearbeitungsprogramme, die mehr Speicherplatz benötigen, als in der TNC zur Verfügung steht, können von einem externen Speicher „blockweise“ übertragen werden.

Die Programmsätze werden dabei über eine der Datenschnittstellen von einer Disketteneinheit oder einem PC in die TNC übertragen und nach dem Abarbeiten in der TNC gelöscht (Koordinaten-Umrechnungen bleiben aktiv, auch wenn die Zyklus-Definition gelöscht wird).

Vorbereitung:

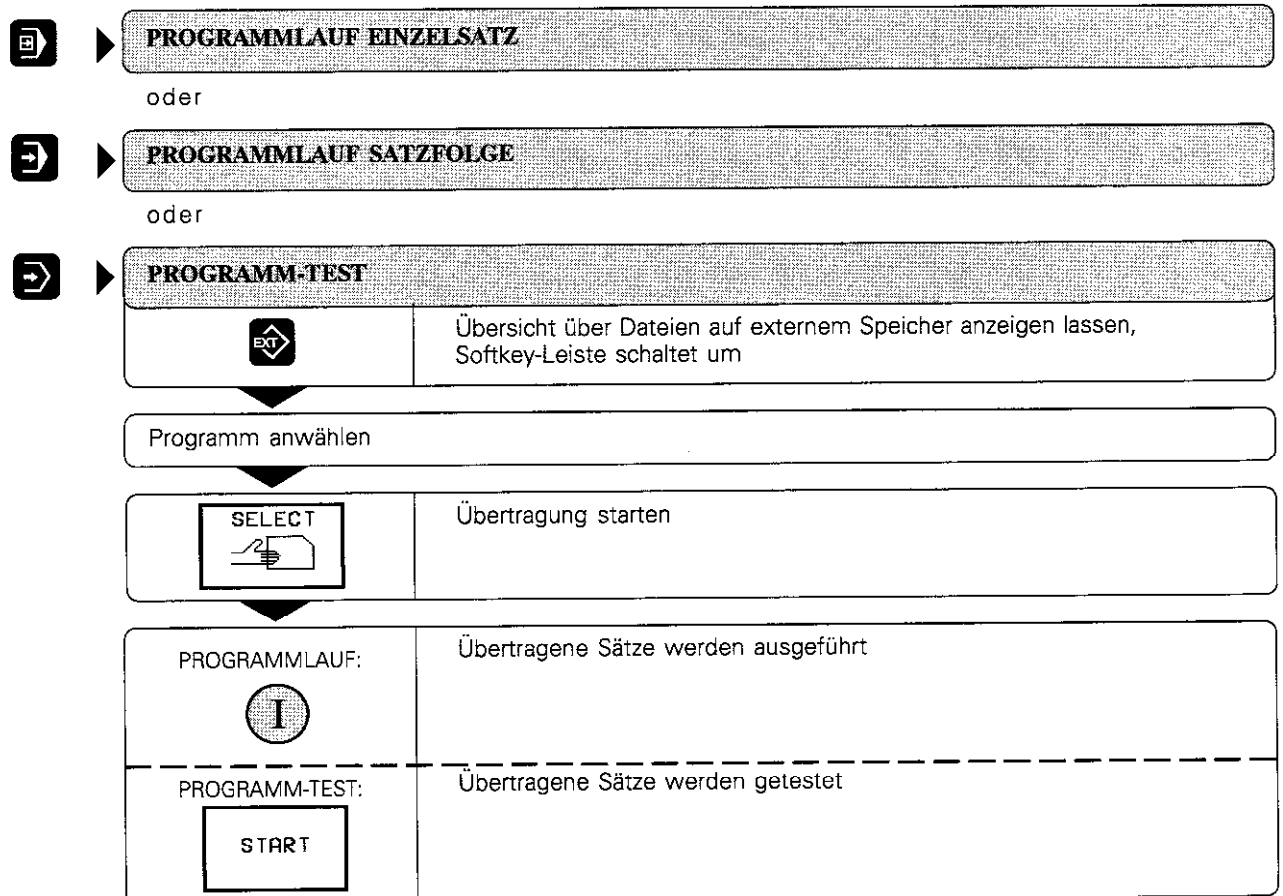
- Datenschnittstelle vorbereiten
- Datenschnittstelle mit der MOD-Funktion RS 232/422-SETUP konfigurieren (siehe S. 10-4)
- Bei Übertragung von Fremdgeräten (PC) TNC und PC aneinander anpassen (siehe S. 9-5 und S. 11-3)
- Voraussetzungen an das zu übertragende Programm
 - Höchste Satz-Nummer ist 99999999; die Satz-Nummern können sich jedoch beliebig oft wiederholen
 - Programm enthält keine Unterprogramme
 - Programm enthält keine Programmteil-Wiederholungen
 - Programme, die vom Programm aufgerufen werden, das übertragen wird, sind im TNC-Speicher angewählt (Status M)

PROGRAMMLAUF SATZFOLGE	PROGRAMM-TEST	DATEI-NAME	SEKTOR	STATUS
RS232-FE1:				
SMDI	.H		1	
1	.H		1	
11	.H		1	
111	.H		1	
123456	.H		1	
2	.H		1	
22	.H		1	
3	.H		1	
TAB1	.T		2	
LKJHF	.D		1	

10 DATEI(EN) 735 SEKTOREN FREI!

PAGE PAGE SELECT SELECT TYPE END

Abb. 3.1: TNC-Bildschirm beim blockweisen Übertragen

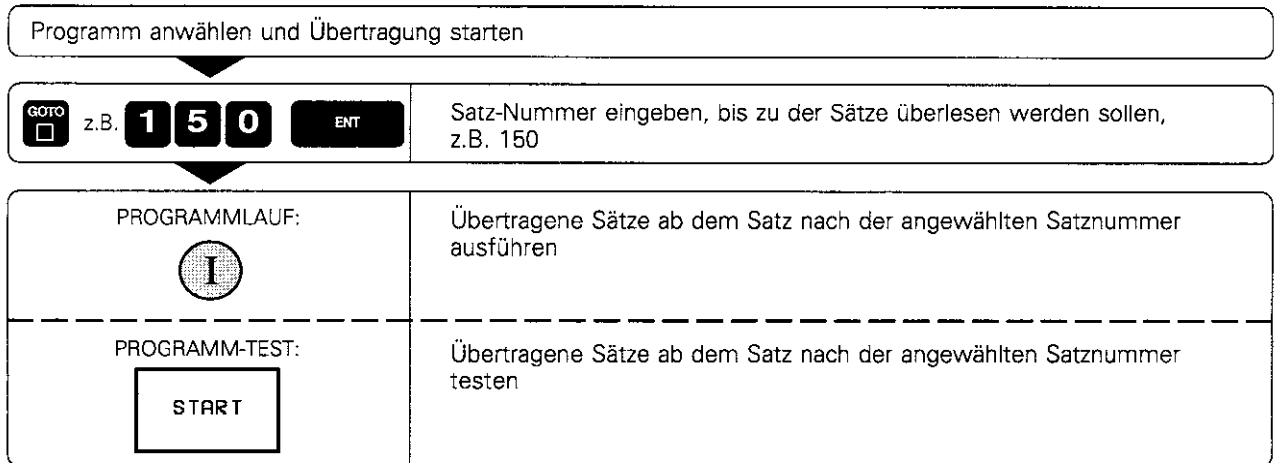


Bei einer Unterbrechung der Übertragung START-Taste erneut drücken.



Sätze überspringen

Die TNC kann beim blockweisen Übertragen Sätze bis zu einer frei wählbaren Satz-Nummer überspringen. Diese Sätze werden dann für einen Programmlauf oder einen Programm-Test nicht berücksichtigt.



Alternativ kann das externe Programm mit % EXT (siehe S. 6-8) aufgerufen und ein Satzvorlauf (siehe S. 3-8) durchgeführt werden.

Über Maschinenparameter (siehe S. 11-12) kann der Speicherbereich festgelegt werden, der beim blockweisen Übertragen benutzt werden soll. Dadurch läßt sich verhindern, daß der Programmspeicher vollgeschrieben wird und eine Parallel-Programmierung nicht mehr möglich ist.

4 Programmieren

4.1 Bearbeitungsprogramme erstellen	4-2
Aufbau eines Programms	4-2
Editier-Funktionen	4-3
4.2 Werkzeuge	4-5
Werkzeug-Daten bestimmen	4-5
Aufmaße für Länge und Radien – Deltawerte	4-6
Werkzeug-Daten ins Programm eingeben	4-7
Werkzeug-Daten in Tabellen eingeben	4-8
Werkzeug-Daten in Tabellen	4-10
Platz-Tabelle für Werkzeugwechsler	4-12
Werkzeug-Daten aufrufen	4-13
Werkzeugwechsel	4-13
Automatischer Werkzeugwechsel: M101	4-14
4.3 Werkzeug-Korrekturwerte	4-15
Wirksamkeit der Werkzeug-Korrekturwerte	4-15
Werkzeugradius-Korrektur	4-15
Ecken bearbeiten	4-17
4.4 Programm-Eröffnung	4-18
Rohteil definieren	4-18
Neues Bearbeitungsprogramm eröffnen	4-19
4.5 Werkzeugbezogene Eingaben	4-21
Vorschub F	4-21
Spindeldrehzahl S	4-22
4.6 Zusatz-Funktionen und Programmlauf-Halt eingeben	4-23
4.7 Ist-Position übernehmen	4-24
4.8 Sätze zum Überspringen kennzeichnen	4-25
4.9 Text-Dateien	4-26
Textteile suchen	4-28
Zeichen, Wörter und Zeilen löschen und wieder einfügen	4-29
Textblöcke bearbeiten	4-30
4.10 Paletten-Dateien erstellen	4-32
4.11 Kommentare ins Programm einfügen	4-34
Programmsätze sofort kommentieren	4-34

Editier-Funktionen

Beim Editieren werden Befehle und Informationen in die TNC eingegeben, ergänzt oder geändert.

Die TNC ermöglicht dabei


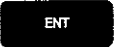
- Eingaben über die Tastatur
- gezielte Auswahl von Sätzen und Wörtern
- Einfügen und Löschen von Sätzen und Wörtern
- Korrektur falsch eingegebener Werte und Befehle
- einfaches Löschen von TNC-Meldetexten

Eingaben



Zahlen, Koordinatenachsen und Radiuskorrekturen werden direkt über die Tastatur eingegeben. Vorzeichen können vor, während und nach einer Zahleneingabe gesetzt werden.

Sätze und Wörter auswählen



- Satz mit einer bestimmten Satznummer aufrufen

 z.B. 1 0 	Satz Nummer 10 steht im Heilfeld
---	----------------------------------



- Von Satz zu Satz springen



 oder 	Vertikale Pfeiltasten drücken
--	-------------------------------

- Einzelne Wörter im Satz auswählen

 oder 	Horizontale Pfeiltasten drücken
--	---------------------------------




- Gleiche Wörter in verschiedenen Sätzen suchen.



 oder 	Wort im Satz auswählen
--	------------------------

 oder 	Gleiche Wörter in anderen Sätzen anzeigen
--	---

Sätze einfügen

Zusätzliche Programmsätze können hinter jedem beliebigen Satz eingefügt werden (jedoch nicht hinter dem N99999-Satz).

 oder  / 	Satz auswählen
--	----------------

 z.B. 3 5 	Neuen Satz programmieren
---	--------------------------







Wörter ändern und einfügen

Wörter, auf denen das Hellfeld steht, können beliebig geändert werden: es wird einfach der alte Wert mit dem neuen überschrieben.

Nach einer Änderung wird das Hellfeld mit den horizontalen Pfeiltasten aus dem Satz getippt oder die Änderung mit END abgeschlossen.

Zusätzliche Wörter können auch nachträglich eingefügt werden. Das Hellfeld muß mit den horizontalen Pfeiltasten in dem Satz stehen, in dem Wörter eingefügt werden sollen.

Sätze und Wörter löschen

Funktion	Taste
<ul style="list-style-type: none"> • Zahl im Hellfeld auf Null setzen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Falschen Zahlenwert löschen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Nichtblinkende Fehlermeldung löschen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Angewähltes Wort löschen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Angewählten Satz löschen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Programmteile löschen: Vorher letzten Satz des zu löschenden Programmteils anwählen 	

4.2 Werkzeuge

Werkzeuge werden jeweils durch eine Nummer gekennzeichnet.

Der Werkzeug-Nummer werden die Werkzeug-Daten

- Länge L
- Radius R

zugeordnet.

Um die Werkzeug-Daten ins Programm einzugeben, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Werkzeug-Daten zu jedem Werkzeug separat ins Programm eingeben: G99-Sätze
- Werkzeug-Daten für alle Werkzeuge gemeinsam in eine Tabelle eingeben: Dateien vom Typ .T

Die TNC berücksichtigt die Werkzeug-Daten, wenn das Werkzeug mit seiner Nummer aufgerufen wird.

Der Werkzeug-Einsatz wird von einigen Zusatz-Funktionen (siehe S.11-16) beeinflusst.

Werkzeug-Daten bestimmen

Werkzeug-Nummer

Die Werkzeuge werden jeweils durch eine Nummer zwischen 0 und 254 gekennzeichnet.

Das Werkzeug mit der Nummer 0 ist festgelegt mit $L = 0$ und $R = 0$, wenn die Werkzeug-Daten ins Programm eingegeben werden. In Werkzeug-Tabellen sollte T0 ebenfalls mit $L = 0$ und $R = 0$ definiert werden.

Werkzeug-Radius R

Der Radius des Werkzeugs wird direkt eingegeben.

Werkzeug-Länge L

Der Korrekturwert für die Werkzeug-Länge wird bestimmt

- als Längenunterschied zwischen dem Werkzeug und einem Nullwerkzeug, oder
- mit einem Voreinstellgerät

Werden Werkzeug-Längen mit einem Voreinstellgerät bestimmt, so werden sie ohne weitere Umrechnungen in die Werkzeug-Definition eingegeben.

Aufmaße für Länge und Radien – Deltawerte

In Werkzeug-Tabellen lassen sich Deltawerte für Werkzeug-Länge und -Radius eingeben.

- Positiver Deltawert – Aufmaß
- Negativer Deltawert – Untermaß

Beispiel

- Untermaß in der Werkzeug-Tabelle für Verschleiß

Als Delta-Werte werden Zahlenwerte oder der Wert 0 eingegeben. Aufmaße und Untermaße dürfen maximal +/- 99,999 mm betragen.

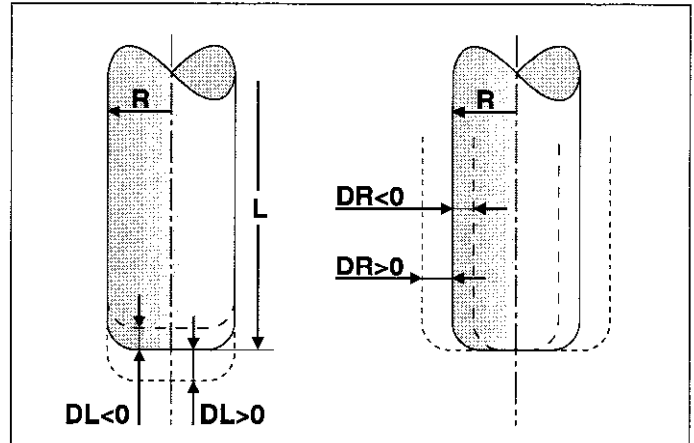


Abb. 4.2: Aufmaße DL, DR beim Eckenradiusfräser

Werkzeug-Länge mit Nullwerkzeug bestimmen

Vorzeichen der Werkzeug-Länge L:

- $L > L_0$ Werkzeug ist länger als das Null-Werkzeug
- $L < L_0$ Werkzeug ist kürzer als das Null-Werkzeug

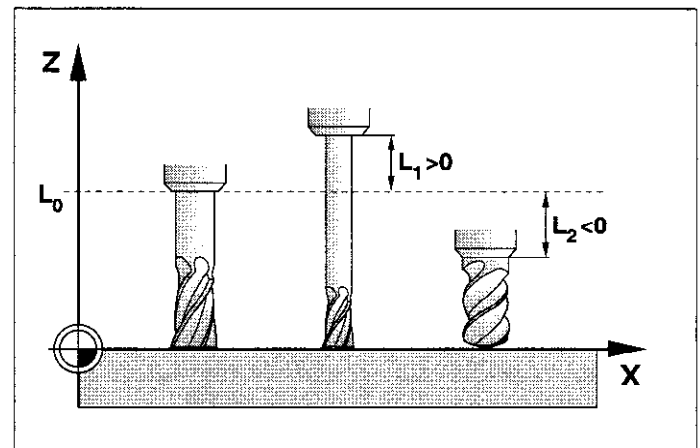


Abb. 4.3: Werkzeug-Länge durch Längen-Unterschied zum Nullwerkzeug angeben

Null-Werkzeug auf Bezugs-Position in der Werkzeug-Achse verfahren (z.B. Werkstück-Oberfläche mit $Z = 0$)

Falls nötig: Bezugspunkt in der Werkzeug-Achse auf Null setzen

Werkzeug einwechseln

Werkzeug auf gleiche Bezugs-Position wie Null-Werkzeug verfahren

Korrekturwert für die Länge L des Werkzeugs wird angezeigt

Wert notieren und später eingeben

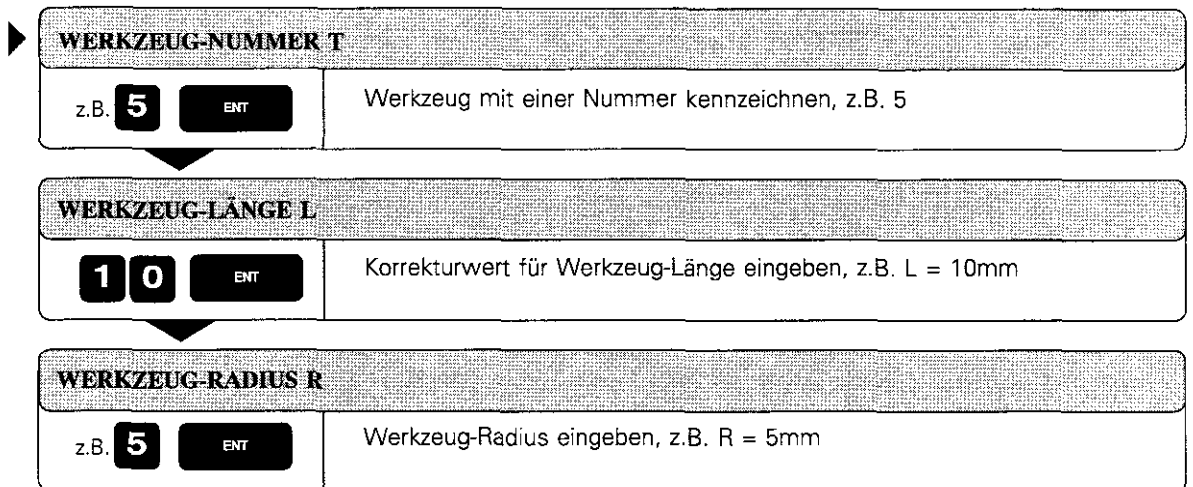
Wert mit der TNC-Funktion „Ist-Positions-Übernahme“ übernehmen (siehe S. 4-24)

Werkzeug-Daten ins Programm eingeben

Für jedes Werkzeug können einmal im Bearbeitungsprogramm die Werkzeug-Daten eingegeben werden:

- Werkzeug-Nummer
- Werkzeug-Längen-Korrekturwert L
- Werkzeug-Radius R

Werkzeug-Daten in Programm-Satz eingeben



NC-Satz: z.B. G99 T5 L+10 R+5



Die Werkzeug-Länge L kann mit der Funktion „Ist-Positions-Übernahme“ direkt in die Werkzeug-Definition übernommen werden (siehe S. 4-24).

Werkzeug-Daten in Tabellen eingeben

In Werkzeug-Tabellen werden die Daten aller Werkzeuge gemeinsam eingegeben. Die Anzahl der Werkzeuge (0 bis 254) pro Tabelle ist über MP 7260 wählbar.

Bei automatischem Werkzeugwechsel müssen die Werkzeug-Daten in Tabellen stehen.

Für Werkzeug-Tabellen stehen spezielle Editierfunktionen zur Verfügung.

Unterschiede von Werkzeug-Tabellen

Werkzeug-Tabelle TOOL.T

- wird für Bearbeitungen genutzt
- wird in einer Programmlauf-Betriebsart editiert

Alle anderen Werkzeug-Tabellen

- werden für Programm-Test und Archivierung genutzt
- werden in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN editiert




Werden Werkzeug-Tabellen für einen Programmlauf nach TOOL.T kopiert, wird TOOL.T überschrieben.

Editier-Funktionen für Werkzeug-Tabellen


Folgende Funktionen erleichtern das Erstellen und Ändern von Werkzeug-Tabellen:

Funktion	Taste/Softkey
• Helffeld verschieben	
• Tabellen-Anfang/-Ende anwählen	
• Nächste/vorherige Tabellen-Seite anwählen	
• Anfang der nächsten Zeile anwählen	
• In der Werkzeug-Tabelle nach Werkzeug-Namen suchen	

Werkzeug-Tabelle TOOL.T editieren

 **PROGRAMMLAUF EINZELSATZ**


oder

 **PROGRAMMLAUF SATZFOLGE**

TOOL TABLE	Werkzeug-Tabelle TOOL.T anwählen
---------------	----------------------------------

EDIT OFF / ON	Softkey EDIT auf ON setzen
------------------	----------------------------

Beliebige Werkzeug-Tabelle - außer TOOL.T - editieren

 **PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN**

PGM NAME	Datei-Übersicht aufrufen
-------------	--------------------------

SELECT TYPE	SHOW T	Softkey-Leiste umschalten und Dateien vom Typ .T anzeigen lassen
----------------	-----------	--

DATEI-NAME = _____ .T

Werkzeug-Tabelle anwählen

Neuen Datei-Namen eingeben und neue Tabelle erstellen

Werkzeug-Daten in Tabellen

In die Werkzeug-Tabelle können folgende Informationen eingegeben werden:

- Werkzeug-Radius und Werkzeug-Länge: R, L
- Krümmungsradius der Werkzeug-Spitze für dreidimensionale Werkzeug-Korrektur: R2
- Grafische Darstellung der Bearbeitung mit Radiusfräser: R2 = R eingeben
- Aufmaße (Deltawerte) für Werkzeug-Radien und Werkzeug-Länge: DR, DR2, DL
- Werkzeug-Name: NAME
- Maximale und aktuelle Standzeiten: TIME1, TIME2, CUR.TIME
- Nummer eines Schwester-Werkzeugs: RT
- Werkzeug-Sperre: TL
- Werkzeug-Kommentar: DOC

Ein allgemeiner Anwender-Parameter (MP7266) legt fest, welche Angaben in die Werkzeug-Tabelle eingegeben werden können und in welcher Reihenfolge sie dort stehen.

Die Reihenfolge der Informationen in der abgebildeten Werkzeug-Tabelle ist willkürlich gewählt.

Wenn eine Tabelle nicht mit allen Informationen gleichzeitig am Bildschirm angezeigt werden kann, blendet die TNC ein '>>'- oder ein '<<'-Symbol in der Zeile mit dem Tabellen-Namen ein.

MANUELLER BETRIEB		WERKZEUG-TABELLE EDITIEREN WERKZEUG-KOMMENTAR ?				
DATE 11		WERKZEUG-TABELLE				
NO	NAME	DR	DR2	DL	R	R2
0		+0	+0	+0	+0	+0
1	FRASER1	SCHRUPP	+12,658	+3,75	+0,125	
2	BOHRER	MO	-2,59	+0,5	+0	
3			+0	+0	+0	
4			+0	+0	+0	
5	FRASER1A	SCHRUPP	-7,8	+3,5	+0,155	
6			+0	+0	+0	
7	HANS-U	SCHNELL-BEARB.	-1,25	-5	+0,5	
8			+0	+0	+0	
9			+12,59	-1	+0,05	
10			+0	+0	+0	
11			+0	+0	+0	
12	FRASER12	SCHLICHT	+5,85	+3	+0,225	

Abb. 4.4: Linker Teil der Werkzeug-Tabelle

MANUELLER BETRIEB		WERKZEUG-TABELLE EDITIEREN WKZ GESPERRT JA=ENT/NEIN=NOENT									
DATE 11		WERKZEUG-TABELLE									
NO	NAME	DR	DR2	DL	R	R2	TIME1	TIME2	CUR.TIME	RT	TL
0		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
1		+0,125	-0,68	-0,35	+0,02		5	5800	5800	1256	
2		+0	+0	-0,75	+0		4800	4600	1250		
3		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
4		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
5		+0,155	-0,86	-0,15	-0,15		1	6000	5800	4800	
6		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
7		+0,5	-0,1	+0	-0,01	L	1800	900	150		
8		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
9		+0,05	+0,01	-0,07	+0,0015	L	800	650	125		
10		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
11		+0	+0	+0	+0		0	0	0		
12		+0,225	-0,08	-0,25	+0,02		2000	1500	5000		

Abb. 4.5: Rechter Teil der Werkzeug-Tabelle

Werkzeug-Tabelle direkt ausgeben/einlesen (siehe S. 9-2)

	Externe Daten-Ein-/Ausgabe direkt von der Tabelle aus anwählen
	Tabelle ausgeben
	Tabelle einlesen; nur möglich, wenn EDIT ON angewählt ist

Abkürzung	Eingaben	Dialog
T	Nummer, mit der das Werkzeug im Programm aufgerufen wird	–
NAME	Name, mit dem das Werkzeug im Programm aufgerufen wird (nur für Klartext-Programmierung)	WERKZEUG-NAME ?
L	Korrekturwert für die Werkzeug-Länge	WERKZEUG-LAENGE L ?
R	Werkzeug-Radius R	WERKZEUG-RADIUS ?
R2	Werkzeug-Radius R2, für Ecken-Eadiusfräser	WERKZEUG-RADIUS 2 ?
DL	Deltawert für die Werkzeug-Länge	AUFMASS WERKZEUG-LAENGE ?
DR	Deltawert für den Werkzeug-Radius R	AUFMASS WERKZEUG-RADIUS ?
DR2	Deltawert für den Werkzeug-Radius R2 (nur für Klartext-Programmierung)	AUFMASS WERKZEUG-RADIUS 2 ?
TL	Werkzeug-Sperre setzen (TL : für T ool L ocked = engl. Werkzeug gesperrt)	WKZ GESPERRT JA=ENT/NEIN=NO ENT
RT	Nummer eines Schwester-Werkzeugs - falls vorhanden – als Ersatz-Werkzeug (RT : für R eplacement T ool = engl. Werkzeug gesperrt); siehe auch TIME2	SCHWESTER-WERKZEUG ?
TIME1	Maximale Standzeit des Werkzeugs in Minuten: Diese Funktion ist maschinenabhängig. Die Funktionsweise ist im Maschinen-Handbuch erläutert	MAXIMALE STANDZEIT ?
TIME2	Maximale Standzeit des Werkzeugs bei einem TOOL CALL in Minuten: Erreicht oder überschreitet die aktuelle Standzeit diesen Wert, so setzt die TNC beim nächsten TOOL CALL das Schwester-Werkzeug ein (siehe auch CUR.TIME)	MAX. STANDZEIT BEI TOOL CALL?
CUR.TIME	Aktuelle Standzeit des Werkzeugs in Minuten: Die TNC zählt die aktuelle Standzeit (CUR.TIME : für CUR rent T IME = engl. aktuelle/laufende Zeit) selbstständig hoch. Für bereits benutzte Werkzeuge kann eine Vorgabe eingegeben werden	AKTUELLE STANDZEIT ?
DOC	Kommentar zum Werkzeug (bis zu 16 Zeichen)	WERKZEUG-KOMMENTAR ?

Abb. 4.6: Angaben in Werkzeug-Tabellen

Platz-Tabelle für Werkzeugwechsler

Für automatischen Werkzeugwechsel wird in einer Programmlauf-Betriebsart die Tabelle **TOOL_P** (TOOL Pocket = engl. Werkzeug-Platz) programmiert.

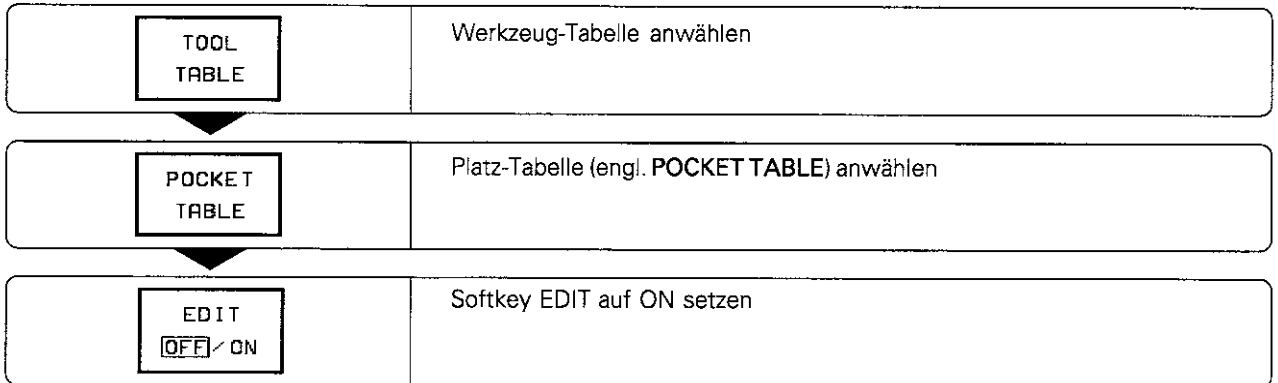
Mit dem Softkey **NEW POCKET TABLE** oder auch **RESET POCKET TABLE** wird eine bestehende Platz-Tabelle gelöscht und neu erstellt.

Die Platz-Tabelle kann wie die Werkzeug-Tabelle direkt über die Datenschnittstelle ausgegeben bzw. eingelesen werden (siehe S. 4-10).

WERKZEUG-TABELLE EDITIEREN					PROGRAMM EINSPEICHERN		
PLATZ GESPERRT JA=ENT/NEIN=NOENT							
0	0	F	%11010011				
1	2	S	%11010001				
2		L	%00000000				
3	12		%11010011				
4		L	%00000000				
5	3	S F	%11010010				
6		L	%11010011				
IST <input checked="" type="checkbox"/> +12.759 Y -5.370 Z +105.000 U +45.001 V -230.987 T <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 0 M 5/9							
BEGIN TABLE	END TABLE	PAGE ↓	PAGE ↑	NEW POCKET TABLE	EDIT OFF <input checked="" type="checkbox"/> ON	NEXT LINE	TOOL TABLE

Abb. 4.7: Platz-Tabelle für den Werkzeugwechsler

Platz-Tabelle anwählen



Platz-Tabelle editieren

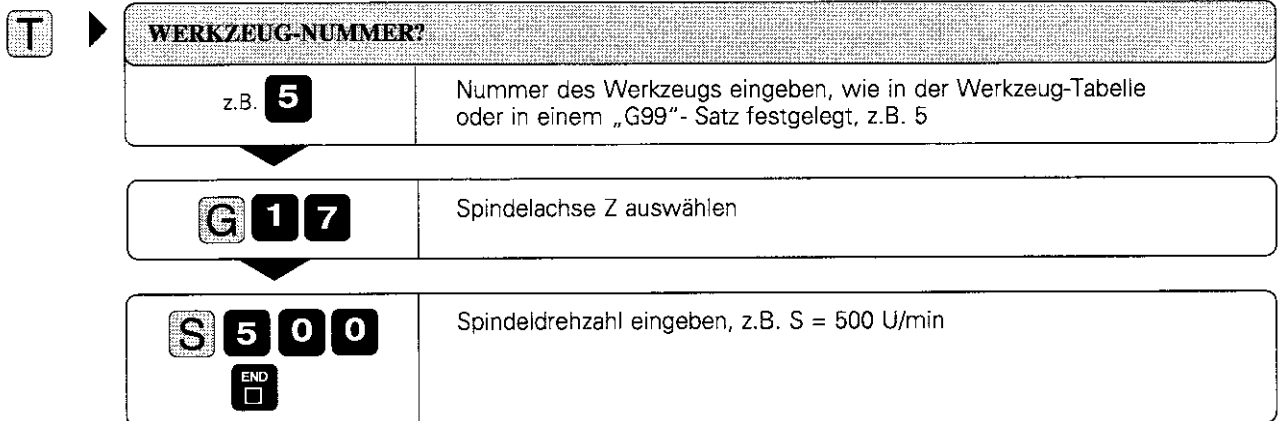
Abkürzung	Eingaben	Dialog
P T	Platz-Nummer des Werkzeugs im Werkzeug-Magazin Werkzeug-Nummer	- WERKZEUG-NUMMER
F L	Werkzeug immer auf gleichen Platz im Magazin zurück- wechseln (F : für Fixed = engl. festgelegt) Platz sperren (L : für Locked = engl. gesperrt)	FESTPLATZ JA = ENT / NEIN = NOENT PLATZ GESPERRT JA = ENT / NEIN = NOENT
ST	Werkzeug ist Sonderwerkzeug (ST : für S pecial T ool = engl. Sonderwerkzeug); Anzahl der Plätze eingeben, die im Werkzeugmagazin vor und hinter dem Sonder- werkzeug gesperrt sein sollen	SONDERWERKZEUG
PLC	Information, die zu diesem Werkzeug an die PLC übertragen werden soll	PLC-STATUS

Werkzeug-Daten aufrufen

In den NC-Satz mit T sind folgende Angaben zu programmieren:

- Werkzeug-Nummer, Q-Parameter
- Bearbeitungs-Ebene mit G17/G18 oder G19
- Spindeldrehzahl S

Werkzeug-Daten aufrufen



NC-Satz: z.B. T5 G17 S500

Vorauswahl bei Werkzeug-Tabellen

Werden Werkzeug-Tabellen eingesetzt, wird mit G51 eine Vorauswahl getroffen für das nächste einzusetzende Werkzeug.

Eingegeben wird nur die Nummer des Werkzeugs oder ein entsprechender Q-Parameter.

Werkzeugwechsel

Automatischer Werkzeugwechsel

Beim automatischen Werkzeugwechsel steuert die TNC den Austausch des eingespannten Werkzeugs durch ein anderes aus dem Werkzeug-Magazin. Der Programmlauf wird nicht unterbrochen.

Manueller Werkzeugwechsel

Vor einem manuellen Werkzeugwechsel wird die Spindel gestoppt und das Werkzeug auf die Wechsel-Position gefahren. Ablauf:

- Werkzeugwechsel-Position anfahren (eventuell programmiert)
- Programmlauf unterbrechen (siehe S. 3-5)
- Werkzeug wechseln
- Programmlauf fortsetzen (siehe S. 3-6)

Werkzeugwechsel-Position

Eine Werkzeugwechsel-Position muß kollisionsfrei anfahrbar neben oder über dem Werkstück liegen.

Mit den Zusatz-Funktionen M91 und M92 (siehe S. 5-39) lassen sich die Koordinaten der Wechsel-Position auch maschinenbezogen eingeben.

Wird vor dem ersten Werkzeug-Aufruf T0 programmiert, fährt die TNC den Einspannschaft in der Spindelachse auf eine Position, die von der Werkzeug-Länge unabhängig ist.



Falls vor T0 eine positive Längenkorrektur wirkte, wird der Abstand zum Werkstück verkleinert.

Automatischer Werkzeugwechsel: M101

Standardverhalten – ohne M101

Erreicht das Werkzeug während der Bearbeitung die maximale Standzeit (TIME1), unterbricht die TNC ggf. den Programmablauf (maschinenabhängig).

Automatischer Werkzeugwechsel – mit M101

Die TNC wechselt automatisch ein Schwester-Werkzeug ein, wenn während der Bearbeitung die Standzeit des Werkzeugs (TIME1 oder TIME2) erreicht wird.

Wirkungsdauer

M101 wird mit M102 rückgesetzt.

Standard-NC-Sätze mit Radiuskorrektur G40, G41, G42

Der Radius des Schwester-Werkzeugs muß gleich dem Radius des ursprünglich eingesetzten Werkzeugs sein. Sind die Radien nicht gleich, zeigt die TNC einen Meldetext an und wechselt das Werkzeug nicht ein.

4.3 Werkzeug-Korrekturwerte

Die TNC berücksichtigt für jedes Werkzeug den Korrekturwert für die Werkzeug-Länge in der Spindelachse und für den Werkzeug-Radius in der Bearbeitungsebene.

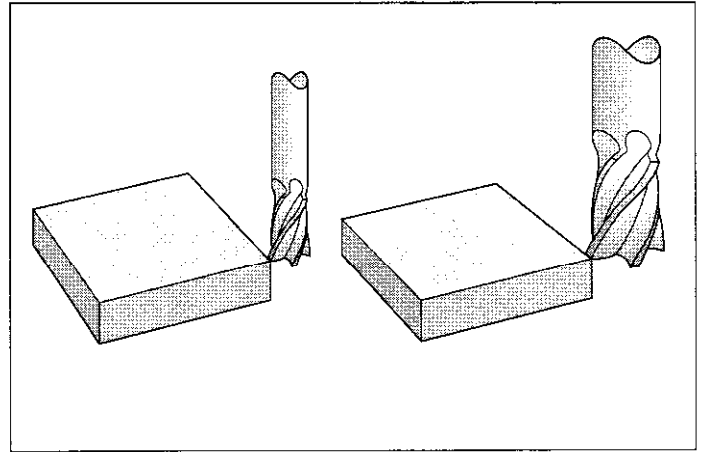


Abb. 4.8: Die TNC berücksichtigt Länge und Radius des Werkzeugs

Wirksamkeit der Werkzeug-Korrekturwerte

Werkzeug-Länge

Der Korrekturwert wird automatisch wirksam, sobald ein Werkzeug aufgerufen und in der Spindelachse verfahren wird. Die Längenkorrektur wird aufgehoben, indem ein Werkzeug mit Länge $L = 0$ aufgerufen wird.



Falls vor dem Werkzeug-Aufruf T0 eine positive Längenkorrektur wirkte, wird der Abstand zum Werkstück verkleinert. Bei einer G91-Bewegung der Werkzeug-Achse nach einem Werkzeug-Aufruf mit T wird neben dem programmierten Wert auch die Längendifferenz zwischen altem und neuem Werkzeug verfahren.

Werkzeug-Radius

Eine Radiuskorrektur wird wirksam, sobald ein Werkzeug aufgerufen und in der Bearbeitungsebene mit G41 oder G42 verfahren wird.

Eine Radiuskorrektur wird aufgehoben, indem ein Positioniersatz mit G40 programmiert wird.

Werkzeugradius-Korrektur

Eine Werkzeug-Bewegung kann auf folgende Art programmiert werden:

- ohne Radiuskorrektur: G40
- mit Radiuskorrektur: G41 oder G42
- achsparallele Verfahrbewegungen mit G43 oder G44

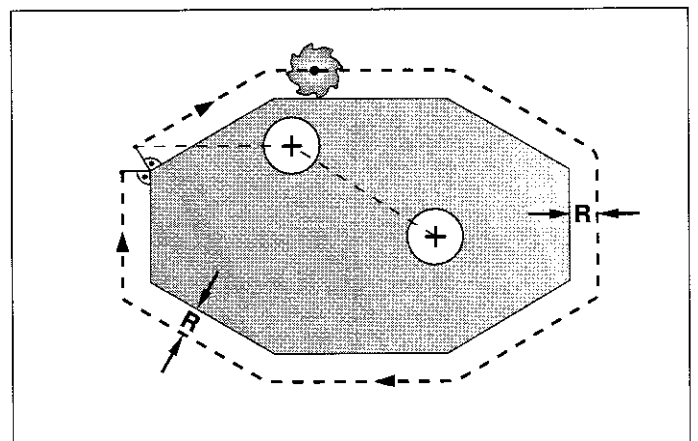


Abb. 4.9: Programmierte Kontur (—, +) und Werkzeug-Verfahrweg (---)

Bahnbewegung ohne Radiuskorrektur: G40

Das Werkzeug verfährt mit seinem Mittelpunkt auf der programmierten Bahn.

Anwendungsbereiche:

- Bohren
- Vorpositionieren

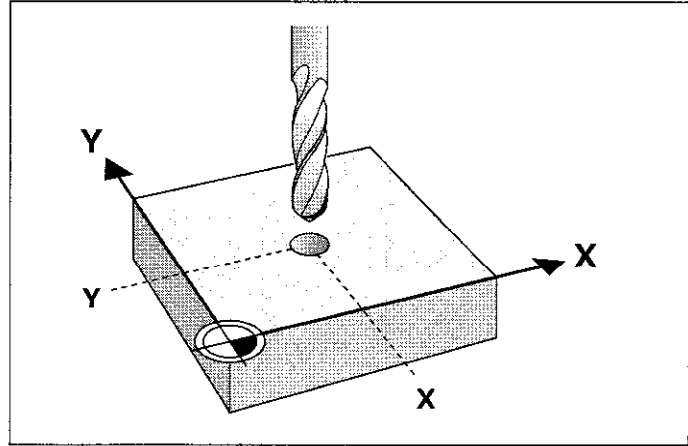


Abb. 4.10: Bohrpositionen werden ohne Radiuskorrektur angefahren

Bahnbewegung mit Radiuskorrektur G41, G42

Der Werkzeugmittelpunkt verfährt im Abstand des Werkzeug-Radius rechts (G42) oder links (G41) von der programmierten Kontur. Rechts und links beziehen sich dabei auf die Fahrerrichtung des Werkzeugs um das scheinbar stillstehende Werkstück.

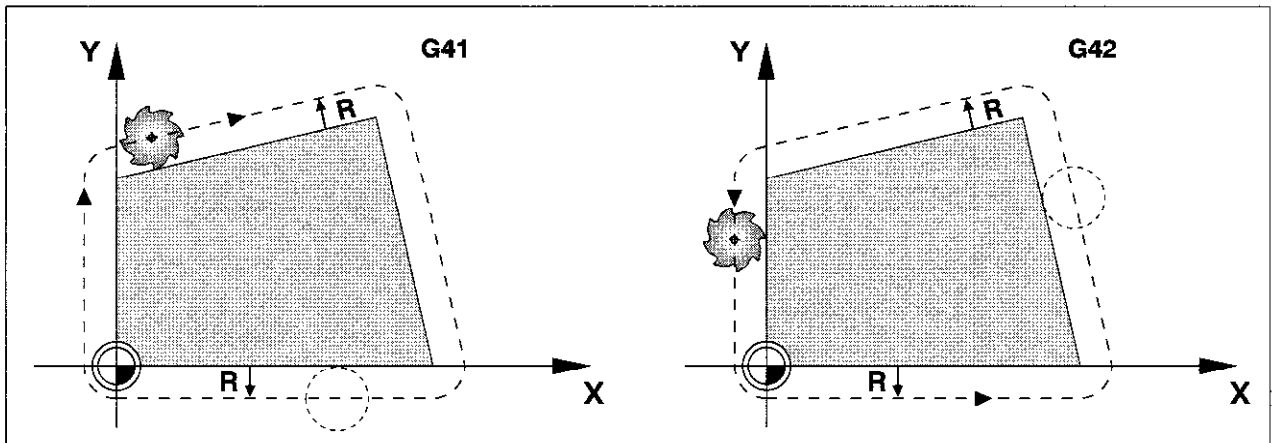


Abb. 4.11: Das Werkzeug verfährt zum Fräsen links (G41) oder rechts (G42) von der Kontur



Zwischen zwei Programmsätzen mit unterschiedlicher Radiuskorrektur muß mindestens ein Satz ohne Radiuskorrektur (also mit G40) stehen.
Eine Radiuskorrektur ist am Ende des Satzes aktiv, in dem sie das erste Mal programmiert wird.

Achsparallele Verfahrswege verkürzen oder verlängern G43, G44

Diese Radiuskorrektur wird nur für achsparallele Verfahrbewegungen in der Bearbeitungsebene durchgeführt: Der programmierte Verfahrsweg wird um den Werkzeugradius verkürzt (G44) oder verlängert (G43).

Anwendungsbereiche:

- achsparallele Bearbeitungen
- gelegentlich für Vorpositionierung des Werkzeugs, z.B. beim Zyklus G47 NUTENFRAESEN



• G43 und G44 stehen zur Verfügung, wenn ein Positioniersatz mit nur einer Achsangabe programmiert wird.
• Der Maschinen-Hersteller hat die Möglichkeit, über einen Maschinen-Parameter die Eingabe von achsparallelen Positioniersätzen zu sperren.

Ecken bearbeiten

Außenecken

Die TNC führt das Werkzeug an Außenecken auf einem Übergangskreis für die Werkzeug-Bahn. Das Werkzeug wälzt sich am Eckpunkt ab. Falls nötig wird der Vorschub F des Werkzeugs an Außenecken automatisch reduziert, zum Beispiel bei sehr großen Richtungswechseln.

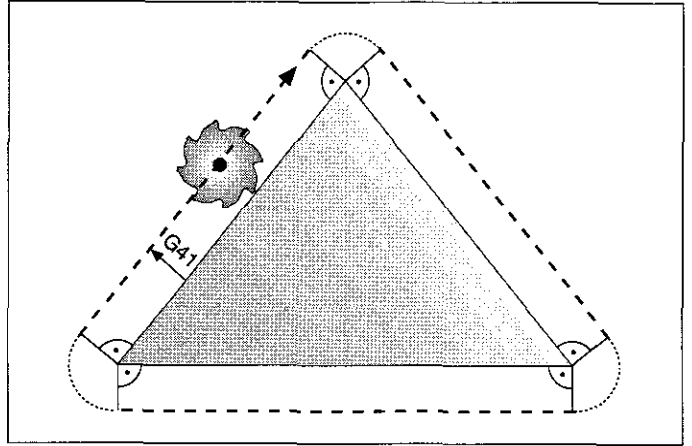


Abb. 4.12: Werkzeug wälzt sich an Außenecken ab



Wird ohne Radiuskorrektur gearbeitet, so wird die Bearbeitung von Ecken von der Zusatzfunktion M90 beeinflusst (siehe S. 5-36).

Innenecken

Die TNC ermittelt an Innenecken den Schnittpunkt der Werkzeugmittelpunktsbahnen. Von diesem Punkt an führt sie das Werkzeug am nächsten Konturelement entlang. Auf diese Weise wird das Werkstück in den Innenecken nicht beschädigt. Der Werkzeug-Radius darf also nicht beliebig groß gewählt werden.

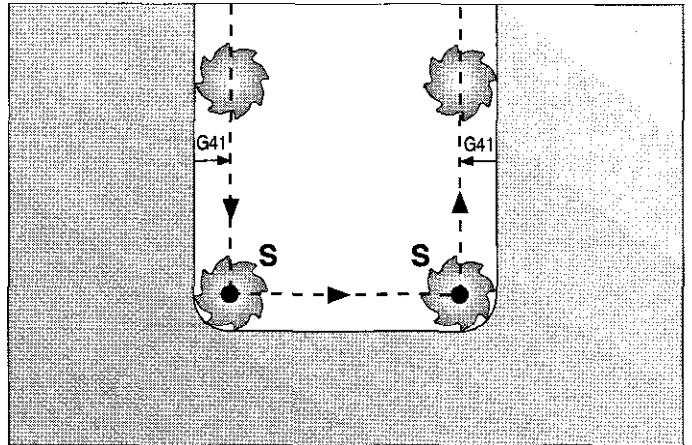


Abb. 4.13: Werkzeugbahn an Innenecken

4.4 Programm-Eröffnung

Rohteil definieren

Für die grafischen Darstellungen der TNC wird ein quaderförmiges un bearbeitetes Werkstück definiert. Seine Seiten sind maximal 30.000 mm lang und liegen parallel zu den Achsen X, Y und Z.

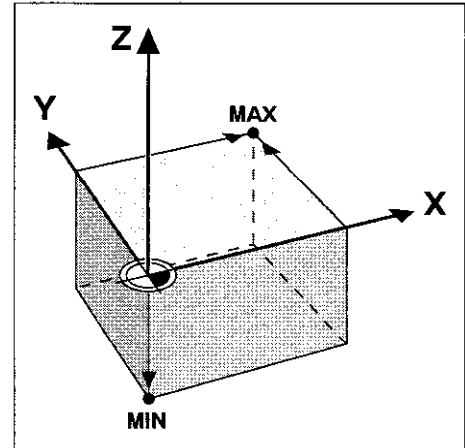


Abb. 4.14: MIN- und MAX-Punkt definieren den Rohteil



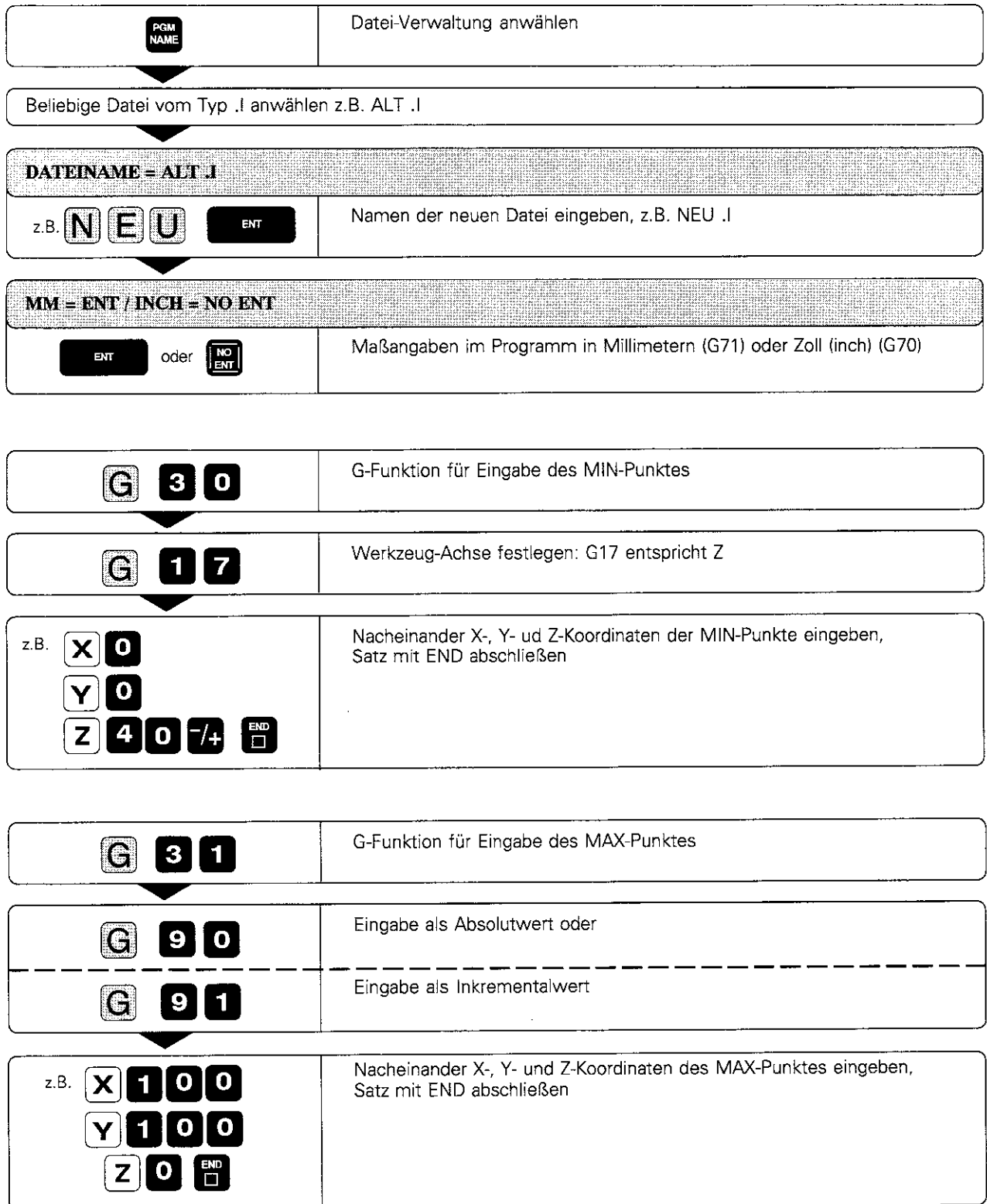
Das Verhältnis der Seitenlängen muß kleiner als 200:1 sein.

MIN- und MAX-Punkt

Das Rohteil wird durch zwei seiner Eckpunkte festgelegt:

- MIN-Punkt – jeweils die kleinste X-, Y- und Z-Koordinate des Quaders; Eingabe als Absolutwerte
- MAX-Punkt – jeweils die größte X-, Y- und Z-Koordinate des Quaders; Eingabe als Absolut- oder Inkrementalwerte

Neues Bearbeitungsprogramm eröffnen



Am TNC-Bildschirm steht das eingegebene Programmteil:

```
% NEU G71 *
```

Satz 1: Programm-Beginn, Name, Maßeinheit

```
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40 *
```

Satz 2: Spindelachse, MIN-Punkt-Koordinaten

```
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
```

Satz 3: MAX-Punkt-Koordinaten

```
N99999 % NEU G71 *
```

Satz 4: Programm-Ende, Name, Maßeinheit

Hinter dem Programm-Namen steht die für das Programm gültige Maßeinheit (G71 = mm).

4.5 Werkzeugbezogene Eingaben

Für das Werkzeug werden außer den Werkzeug-Daten und -Korrekturen folgende Angaben programmiert:

- Vorschub F
- Spindeldrehzahl S
- Zusatz-Funktionen M

Die werkzeugbezogenen Eingaben können mit Diagrammen (siehe S. 11-20) ermittelt werden.

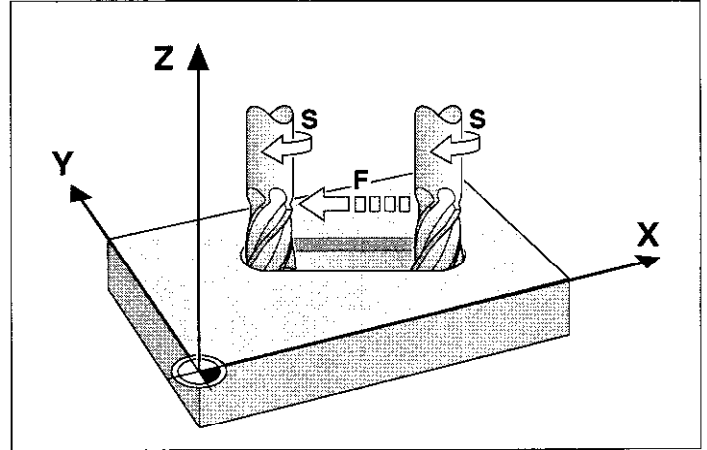


Abb. 4.15: Vorschub F und Spindeldrehzahl S des Werkzeugs

Vorschub F

Der Vorschub ist die Geschwindigkeit in mm/min (inch/min), mit der sich der Werkzeug-Mittelpunkt auf seiner Bahn bewegt.

Eingabebereich:

F = 0 bis 30.000 mm/min (300.000 mm/min bei der TNC 425)

Der maximale Vorschub ist für jede Maschinenachse einzeln durch Maschinen-Parameter festgelegt.

Eingabe

F	▶	z.B. 100	Vorschub F eingeben, z.B. F = 100 mm/min
---	---	-----------------	--

Eilgang

Der Eilgang wird direkt über die Funktion G00 programmiert.

Wirkungsdauer des Vorschubs F

Der mit Zahlenwert eingegebene Vorschub gilt so lange, bis beim Abarbeiten des Programms ein Satz erreicht wird, in dem ein neuer Vorschub steht.

Ist der neue Vorschub G00 (Eilgang), so gilt nach dem nächsten Satz mit G01 wieder der letzte mit Zahlenwert programmierte Vorschub.

Änderung des Vorschubs F



Der Vorschub des Werkzeugs kann mit dem Drehknopf für den Vorschub-Override geändert werden (siehe S. 2-5).

Spindeldrehzahl S

Die Spindeldrehzahl S wird in Umdrehungen pro Minute (U/min) eingegeben.

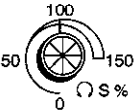
Eingabebereich:
S = 0 bis 99.999 U/min

Änderung der Spindeldrehzahl S im Bearbeitungsprogramm

	z.B. 1 0 0 0 	Spindeldrehzahl S eingeben, z.B. 1000 U/min
---	--	---

NC-Satz: z.B. T1 G17 S1000

Änderung der Spindeldrehzahl S während des Programmlaufs

	Die Spindeldrehzahl S kann bei Maschinen mit stufenlosem Spindeltrieb mit dem Override-Drehknopf eingestellt werden
---	---

4.6 Zusatz-Funktionen und Programmlauf-Halt eingeben

Die Zusatz-Funktionen (M-Funktionen) der TNC steuern

- Programmlauf
- Maschinenfunktionen
- Werkzeugverhalten

Auf der letzten Umschlagseite zeigt eine Übersicht, wie die Zusatz-Funktionen in der TNC festgelegt sind. In dieser Tabelle ist angegeben, ob eine Funktion zu Beginn oder am Ende des Satzes wirksam wird, in dem sie programmiert wurde.

In einem NC-Satz dürfen mehrere M-Funktionen programmiert werden, solange sie voneinander unabhängig sind. Die Einteilung in M-Funktionsgruppen ist aus der Übersicht auf der letzten Umschlagseite ersichtlich.



Bei einigen Maschinen sind einzelne Zusatz-Funktionen nicht wirksam. Es können auch zusätzliche, vom Maschinen-Hersteller definierte, Zusatz-Funktionen zur Verfügung stehen.

Der Programmlauf oder Programm-Test wird angehalten, wenn ein NC-Satz erreicht wird, der die Funktion G38 enthält.

Soll der Programmlauf oder Programm-Test für eine festgelegte Zeit unterbrochen werden, wird der Zyklus G04: VERWEILZEIT (siehe S. 8-48) verwendet.

4.7 Ist-Position übernehmen

Die Koordinaten der Werkzeug-Position werden mit der Funktion „Ist-Position übernehmen“ für eine beliebige Koordinaten-Angabe in das Bearbeitungsprogramm aufgenommen. Mit dieser Funktion kann auch die Werkzeug-Länge direkt ins Programm übernommen werden.

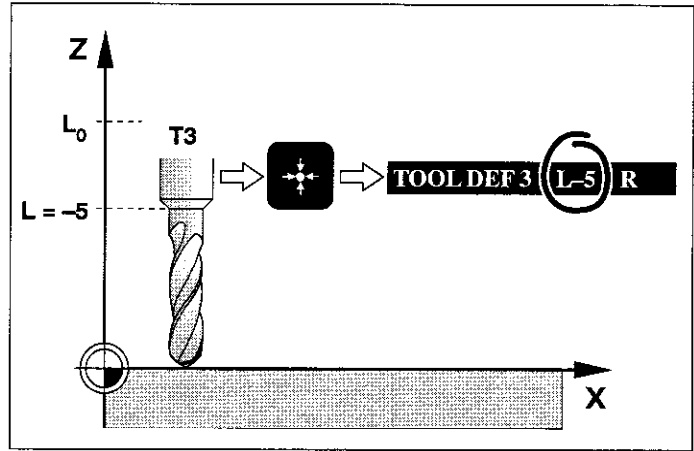


Abb. 4.16: Übernahme der Ist-Position in die TNC

Ist-Position übernehmen



MANUELLER BETRIEB

Werkzeug auf die Position verfahren, die übernommen werden soll



PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN

Programmsatz anwählen oder eröffnen, in den eine Koordinate der Ist-Position des Werkzeugs übernommen werden soll

z.B.



Achse anwählen, zu der die Koordinate übernommen werden soll, z.B. X-Achse



Entsprechende Koordinate der Ist-Position des Werkzeugs übernehmen

Radiuskorrektur entsprechend Werkzeugposition zum Werkstück eingeben

4.8 Sätze zum Überspringen kennzeichnen

Programm-Sätze können gekennzeichnet werden, so daß die TNC sie bei einem Programmlauf oder -Test wahlweise nicht berücksichtigt (siehe S. 3-10).

Sätze kennzeichnen

Satz anwählen, der nicht immer ausgeführt werden soll



Satz mit „/“-Zeichen am Satzanfang kennzeichnen



Sätze, die eine Werkzeug-Definition mit G99 enthalten, dürfen nicht übersprungen werden.

4.9 Text-Dateien

An der TNC können Texte eingegeben und bearbeitet werden. Dies geschieht mit einem Text-Editor.

Typische Anwendungen:

- Erfahrungswerte festhalten
- Arbeitsabläufe dokumentieren
- Formelsammlungen und Schnittdaten-Tabellen erstellen

Es können nur Dateien vom Typ .A (Text-Dateien) bearbeitet werden. Wenn Dateien anderen Typs bearbeitet werden sollen, müssen sie vorher konvertiert werden (siehe S. 1-31).

Eine Text-Datei wird über die Alpha-Tastatur erstellt und geändert. Textteile können gezielt gesucht, gelöscht und wieder eingefügt werden. Größere Textabschnitte (Blöcke) lassen sich zusammenhängend bearbeiten.

Text-Datei eröffnen

Das Diagramm zeigt den Prozess zur Öffnung einer Text-Datei in zwei Schritten:

- Schritt 1:** Ein schwarzes Feld mit der Aufschrift 'PGM NAME' führt zu einem grauen Feld mit dem Titel 'PROGRAMM EINSPEICHERN/EDITIEREN'. Darunter befinden sich zwei Kästchen: 'SELECT TYPE' (mit einem Dokumentensymbol) und 'SHOW .A' (mit einem Dokumentensymbol und '.A'). Ein Pfeil zeigt auf den Text 'Text-Dateien (Dateien vom Typ .A) anzeigen lassen'.
- Schritt 2:** Ein graues Feld mit dem Titel 'DATEI-NAME = .A'. Darunter steht 'z.B.' gefolgt von den Buchstaben 'A', 'B' und 'C' in separaten Kästchen. Ein schwarzes Feld mit der Aufschrift 'ENT' befindet sich darunter. Ein Pfeil zeigt auf den Text 'Datei-Namen ABC eingeben und übernehmen'.

In der Hellzeile im Bildschirm stehen folgende Informationen:

- **DATEI:** Name der aktuellen Text-Datei
- **ZEILE:** Aktuelle Zeilenposition des Cursors
- **SPALTE:** Aktuelle Spaltenposition des Cursors
- **INSERT:** (engl.: einfügen) Neue Zeichen werden eingefügt
- **OVERWRITE:** (engl.: überschreiben) Neue Zeichen werden über bestehenden Text geschrieben, dieser geht verloren

Zwischen INSERT und OVERWRITE wird mit dem Softkey ganz links umgeschaltet. Die angewählte Betriebsart erscheint umrandet.

Das Screenshot zeigt den Text-Editor mit dem Titel 'PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN'. Die obere Zeile zeigt 'PROGRAMMLAUF EINZELSATZ'. Die Hauptzeile zeigt 'DATEI: KUE21' und 'ZEILE: 03 SPALTE: 1'. Der Text im Editor lautet:

```
DIES IST EINE TEXT-DATEI...

IN EINE TEXT-DATEI LASSEN SICH BELIEBIGE INFORMATIONEN
EINTRAGEN.

TABELLEN KOENNEN DIREKT IN DIE TNC GESCHRIFTEN WURDEN.
SIE SIND DANN SOFORT PARAT, WENN SIE BENOETIGT WERDEN.

ABER AUCH INFORMATIONEN FUER KOLLEGEN LASSEN SICH IN
TEXT-DATEIEN SCHREIBEN. ZUM BEISPIEL HINWEISE AUF GEANDERTE
MASCHINEN-PARAMETER.

[END]
```

Die untere Zeile zeigt die Softkeys: INSERT/OVERWRITE (umrandet), HOVE WORD >>, HOVE WORD <<, PAGE (mit Pfeil nach unten), PAGE (mit Pfeil nach oben), BEGIN TEXT, END TEXT, FIND.

Abb. 4.17: Bildschirm bei Text-Dateien

Text eingeben

Eingaben erfolgen immer an der Textstelle, an der sich der Cursor gerade befindet. Der Cursor lässt sich im Text mit den Pfeiltasten und den folgenden Softkeys verschieben:

Funktion	Softkey
• Cursor ein Wort nach rechts	MOVE WORD >>
• Cursor ein Wort nach links	MOVE WORD <<
• Cursor auf nächste Bildschirmseite des Textes	PAGE ↓
• Cursor auf vorherige Bildschirmseite des Textes	PAGE ↑
• Cursor zum Datei-Anfang	BEGIN TEXT
• Cursor zum Datei-Ende	END TEXT

Je Zeile des Bildschirms können über die Alpha- und die Ziffern-Tastatur bis zu 77 Zeichen eingegeben werden.

Auf der Alpha-Tastatur stehen die folgenden Funktionstasten zum Editieren zur Verfügung:

Funktion	Taste
• Neue Zeile beginnen	RET
• Zeichen links vom Cursor löschen	X
• Leerzeichen einfügen	SPACE

Beispiel:

Der folgende Text wird in die oben eröffnete Datei ABC.A geschrieben.

```

*** AUFGABEN ***
!! WICHTIG:
NOCKEN BEARBEITEN (CHEF FRAGEN?!)
PROGRAMM 1375 .H; 80% OK
BIS MITTAG

WERKZEUGE
TOOL 1 NICHT MEHR EINSETZEN
TOOL 2 KONTROLLIEREN
SCHWESTER-WERKZEUG: TOOL 3
    
```

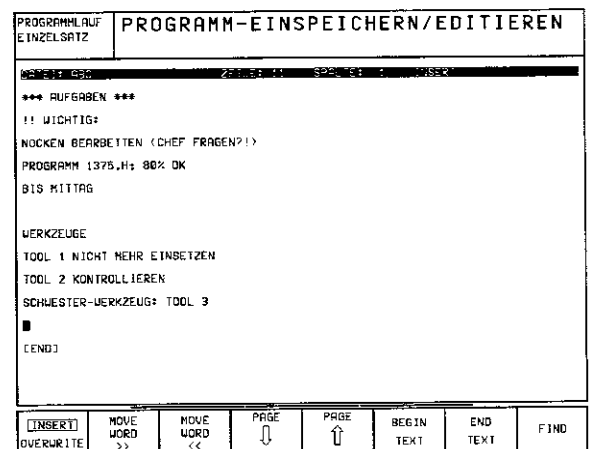


Abb. 4.18: Bildschirm-Anzeige zum Beispiel

Textteile suchen

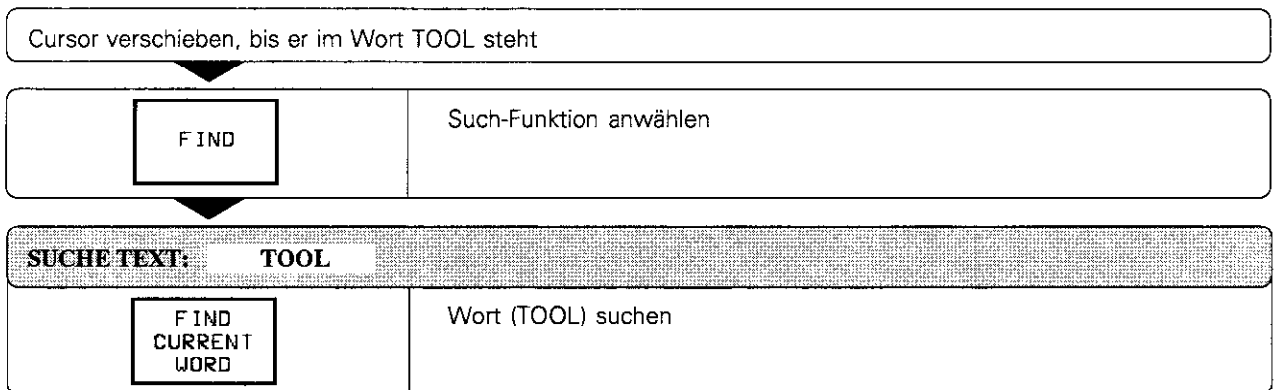
Die Such-Funktion wird mit dem Softkey FIND in der ersten Softkey-Leiste aktiviert. Die Softkey-Leiste enthält dann folgende Funktionen:



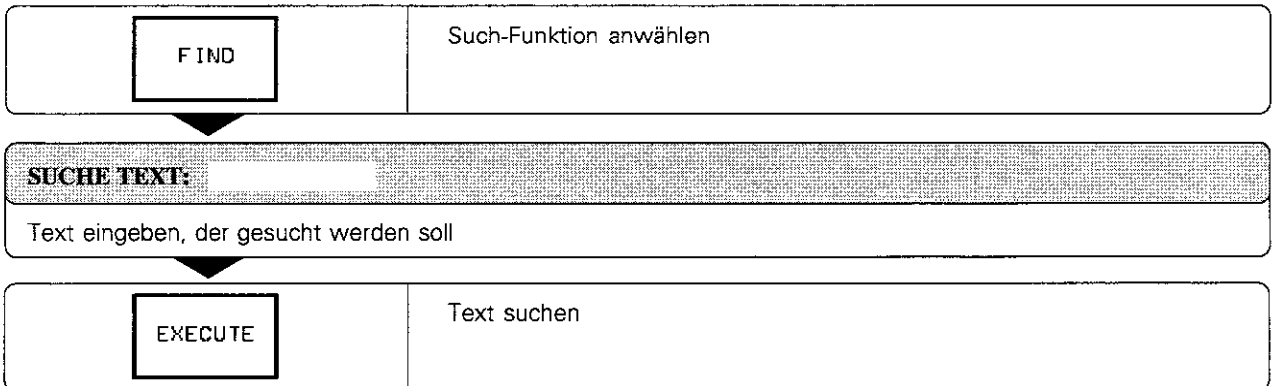
Aktuellen Text suchen

Es wird in der Text-Datei nach einem Wort gesucht, das dem Wort entspricht, in dem der Cursor gerade steht.

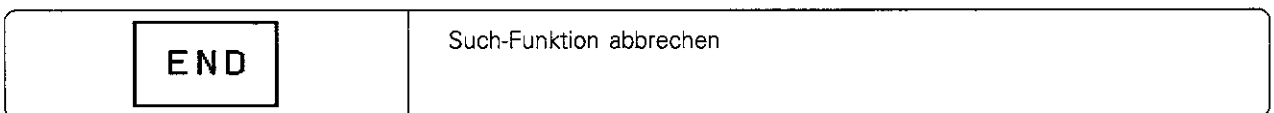
Beispiel: Nach Wort TOOL in der Datei ABC.A suchen



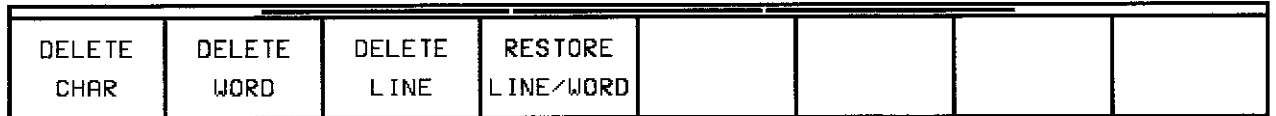
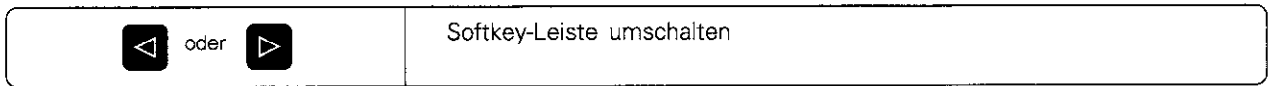
Beliebigen Text suchen



Such-Funktion verlassen



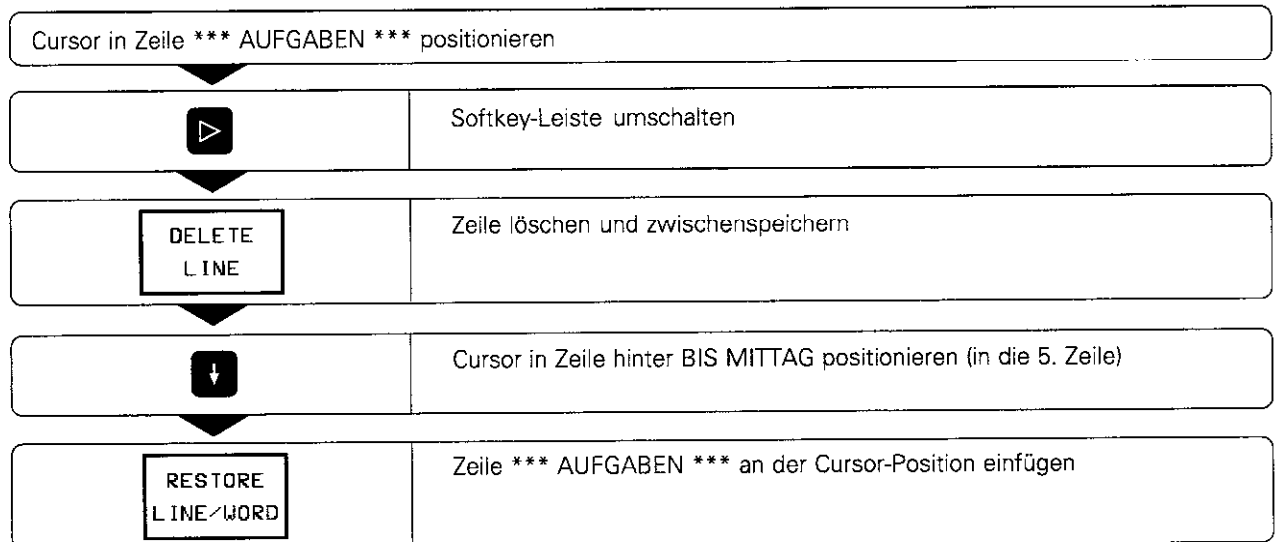
Zeichen, Wörter und Zeilen löschen und wieder einfügen



Die Textteile und die Stelle, an der ein Text eingefügt werden soll, werden mit dem Cursor ausgewählt.

Funktion	Softkey
• Zeichen löschen	DELETE CHAR
• Wort löschen und zwischenspeichern	DELETE WORD
• Zeile löschen und zwischenspeichern	DELETE LINE
• Wort oder Zeile nach Löschen wieder einfügen	RESTORE LINE/WORD

Beispiel: 1. Zeile der Datei ABC.A löschen und hinter BIS MITTAG einfügen

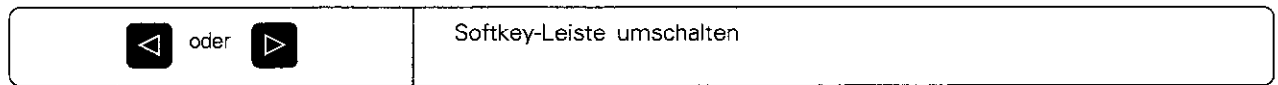


Zwischengespeicherte Wörter und Zeilen können beliebig oft eingefügt werden.

Textblöcke bearbeiten

Mit dem Editor lassen sich beliebig große Textblöcke

- markieren
- löschen
- wieder eingefügen
- kopieren (auch ganze Dateien)



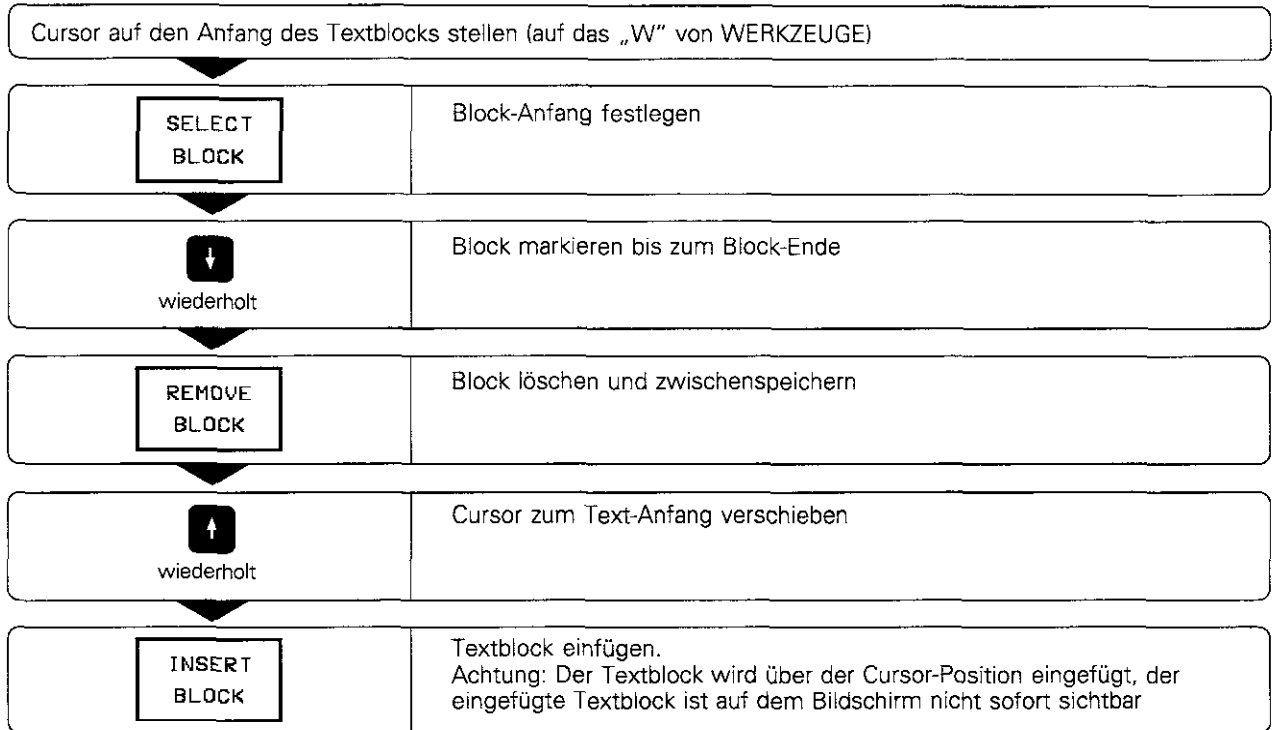
SELECT BLOCK	REMOVE BLOCK	INSERT BLOCK	REMOVE/ INSERT BLOCK			APPEND TO FILE	READ FILE
-----------------	-----------------	-----------------	----------------------------	--	--	-------------------	--------------

Funktion	Softkey
<ul style="list-style-type: none"> • Block-Anfang markieren: Um einen Block zu markieren, wird der Cursor vom Block-Anfang zum Block-Ende verschoben. Der markierte Block wird heller dargestellt als der restliche Text. 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">SELECT BLOCK</div>
<ul style="list-style-type: none"> • Markierten Block löschen und zwischenspeichern 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">REMOVE BLOCK</div>
<ul style="list-style-type: none"> • Zwischengespeicherten Block an Cursor-Position einfügen 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">INSERT BLOCK</div>
<ul style="list-style-type: none"> • Markierten Block zwischenspeichern ohne zu löschen 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">REMOVE/ INSERT BLOCK</div>
<ul style="list-style-type: none"> • Markierten Block in andere Datei übertragen: Der Name der Ziel-Datei wird in die Bildschirm-Kopfzeile geschrieben und mit ENT abgeschlossen. Die TNC hängt den markierten Block an das Ende der angewählten Datei an. Der Block kann auch in eine neue Datei übertragen werden. 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">APPEND TO FILE</div>
<ul style="list-style-type: none"> • Andere Datei an Cursor-Position einfügen: Der Name der anderen Text-Datei wird in die Bildschirm-Kopfzeile geschrieben und mit ENT abgeschlossen. 	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">READ FILE</div>

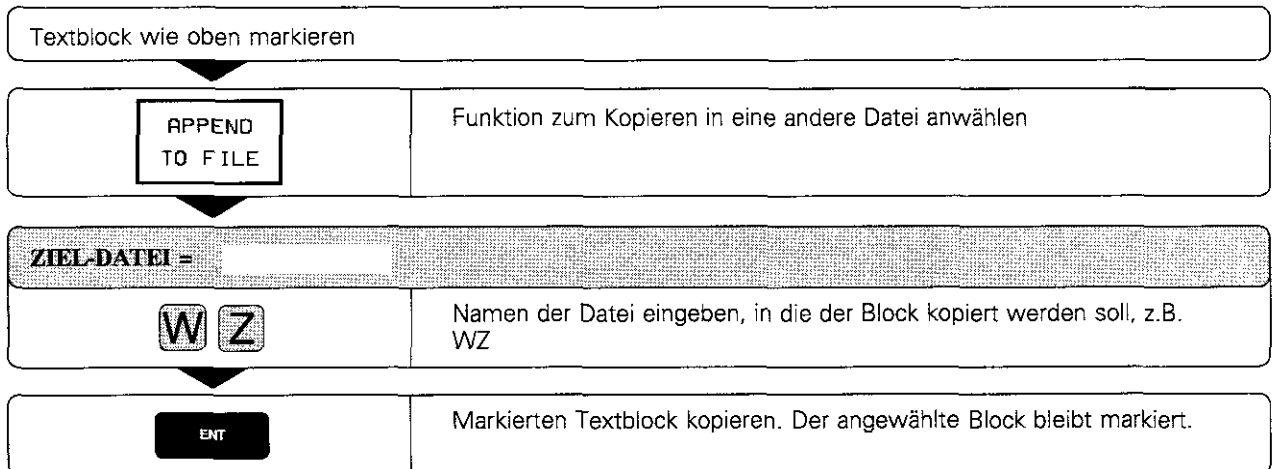
Beispiel:

In der Datei ABC.A den Text ab der Zeile WERKZEUGE an den Anfang der Datei verschieben und in eine neue Datei (WZ.A) kopieren.

- Textblock an den Anfang der Datei verschieben



- Textblock in andere/neue Datei kopieren

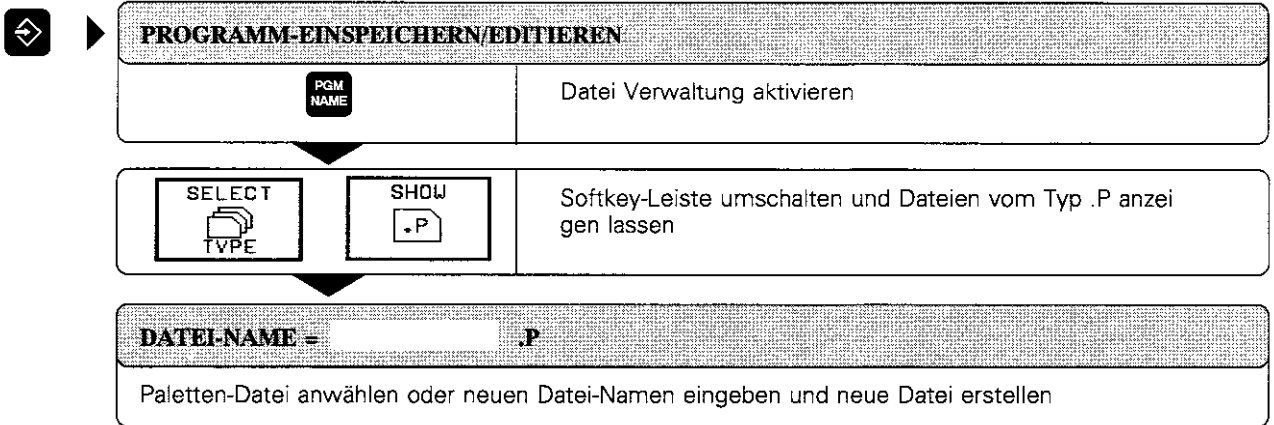


4.10 Paletten-Dateien erstellen

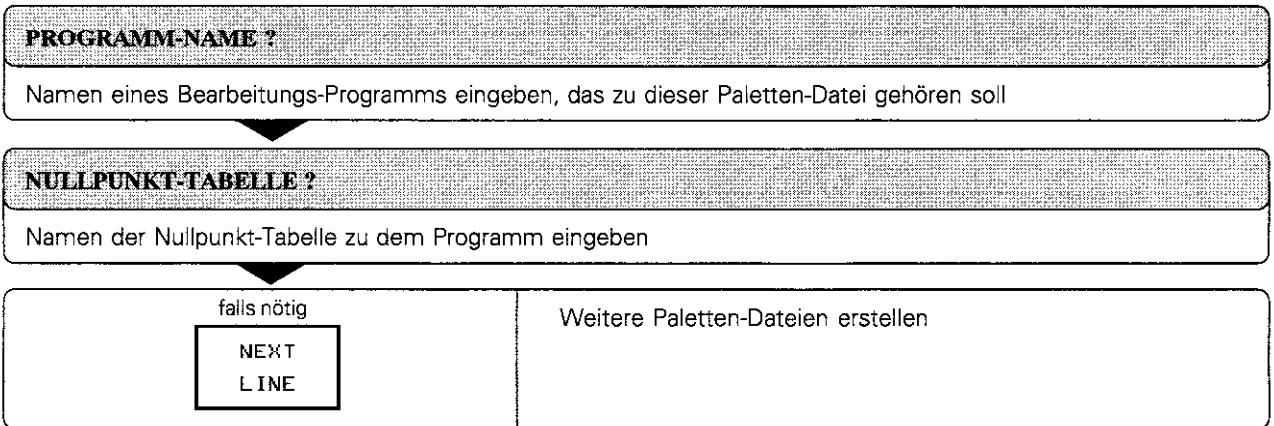
Paletten-Dateien werden für Bearbeitungszentren eingesetzt und enthalten folgende Angaben:

- Paletten-Nummer PAL
- Bearbeitungs-Programm-Name PGM-NAME
- Nullpunkt-Tabelle DATUM

Paletten-Datei editieren








Programme und Nullpunkt-Tabellen eintragen



Die Paletten-Dateien werden verwaltet und ausgegeben, wie in der PLC festgelegt. Weitere Auskünfte erteilt der Maschinen-Hersteller.

Folgende Funktionen erleichtern das Erstellen und Ändern von Paletten-Tabellen:

Funktion	Taste/Softkey
<ul style="list-style-type: none"> • Helffeld verschieben 	
<ul style="list-style-type: none"> • Tabellen-Anfang/-Ende anwählen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Nächste/vorherige Tabellen-Seite anwählen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Zeile am Tabellen-Ende einfügen/löschen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Anfang der nächsten Zeile anwählen 	

4.11 Kommentare ins Programm einfügen

Kommentare werden in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/ EDITIEREN ins Bearbeitungsprogramm geschrieben.

Anwendungsbeispiele:

- Programmschritte erläutern
- Allgemeine Hinweise anbringen

Programmsätze sofort kommentieren

Kommentare können sofort nach Eingabe der Daten an den Programmsatz angehängt werden, wenn die Strichpunkt-Taste (;) auf der Alpha-Tastatur gedrückt wird.

Eingabe:

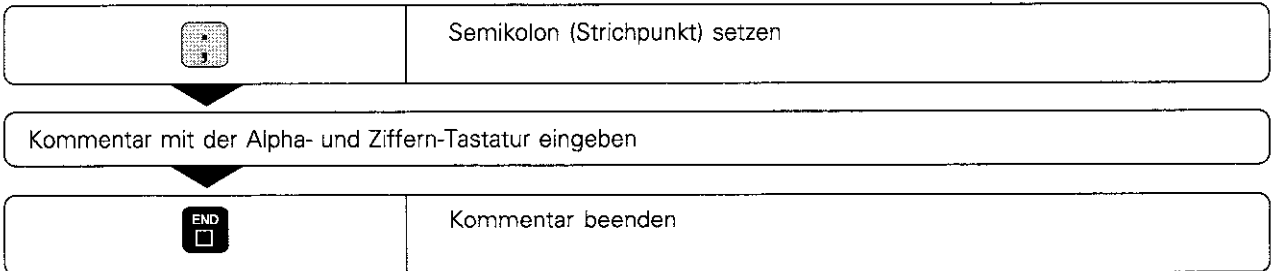
- Beliebigen Kommentar eingeben und Satz mit END abschließen

Der Kommentar läßt sich auch nachträglich an einen Programmsatz anhängen. Dazu wird der entsprechende Programmsatz angewählt und mit der waagrechten Pfeiltaste „in den Satz gegangen“. Danach Strichpunkt-Taste (;) betätigen.

MANUELLER BETRIEB	PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN
	N30 G00 G40 G90 Z+50 *
	N35 I+12,5 J+12,9 *
	N40 G54 X+50 Y+50 Z-5 *
	N50 G28 X Y ; SPIEGELN
	N60 G73 H+12,5 ; DREHUNG
	N70 G72 F0,855 ; MASSFAKTOR
	N100 G00 G90 Z+50 M0 *
	N110 G01 X+10 Y+11,5 M3 *
	; IN Z VORPOSITIONIEREN
	N120 Z-10 *
	N130 G41 X+25 *
	N140 X+25,5 Y+75,35 F210 *
	N150 X+85 *
	N160 X+95 Y-2,5 *
	N170 G40 X+125 *

Abb. 4.19: Dialog zur Kommentar-Eingabe

Kommentar in eigenem Programmsatz



Kommentare werden hinter den angewählten Programmsatz eingefügt.

Beispiel

```

.
.
.
N50 G00 X+0 Y-10 *
; VORPOSITIONIEREN ..... Semikolon am Satzanfang: Kommentar
N60 G01 G41 F100 *
.
.
.
  
```

5 Werkzeug-Bewegungen programmieren

5.1	Allgemeines zum Programmieren von Werkzeug-Bewegungen ..	5-2
5.2	Kontur anfahren und verlassen	5-4
	Start- und Endpunkt einer Bearbeitung	5-4
	Tangentiales An- und Wegfahren	5-6
5.3	Bahnfunktionen	5-7
	Allgemeines	5-7
	Maschinenachsen programmgesteuert verfahren	5-7
	Bahnfunktions-Übersicht	5-9
5.4	Bahnbewegungen – rechtwinklige Koordinaten	5-10
	Gerade im Eilgang G00	5-10
	Gerade mit Vorschub G01 F	5-10
	Fase G24	5-13
	Kreise und Kreisbögen – Allgemeines	5-15
	Kreismittelpunkt I, J, K	5-16
	Kreisbahn G02/G03/G05 um Kreismittelpunkt I, J, K	5-18
	Kreisbahn G02/G03/G05 mit festgelegtem Radius	5-21
	Kreisbahn G06 mit tangentialem Anschluß	5-24
	Ecken-Runden G25	5-26
5.5	Bahnbewegungen – Polarkoordinaten	5-28
	Polarkoordinaten-Ursprung: Pol I, J, K	5-28
	Gerade im Eilgang G10	5-28
	Gerade mit Vorschub G11 F	5-28
	Kreisbahn G12/G13/G15 um Pol I, J, K	5-30
	Kreisbahn G16 mit tangentialem Anschluß	5-32
	Schraubenlinie (Helix)	5-33
5.6	Zusatz-Funktionen für Bahnverhalten und Koordinatenangaben	5-36
	Ecken verschleifen: M90	5-36
	Kleine Konturstufen bearbeiten: M97	5-37
	Offene Konturecken vollständig bearbeiten: M98	5-38
	Maschinenbezogene Koordinaten programmieren M91/M92	5-39
	Vorschubfaktor für Eintauchbewegungen: M103 F	5-40
	Vorschubgeschwindigkeit bei Kreisbögen: M109/M110/M111	5-41
	Rundungskreis zwischen Geradenstücken einfügen: M112 E	5-41
	Automatische Korrektur der Maschinengeometrie beim Arbeiten mit Schwenkachsen – M114	5-42
	Vorschub in mm/min bei Winkelachsen A, B, C: M116	5-43
	Handrad-Positionierung während des Programmlaufs überlagern: M118X..Y..Z	5-43
5.7	Positionieren mit Handeingabe: Systemdatei \$MDI	5-44

5.1 Allgemeines zum Programmieren von Werkzeug-Bewegungen

Eine Werkzeug-Bewegung wird immer so programmiert, als ob sich das Werkzeug bewegt und das Werkstück stillsteht.



Das Werkzeug ist zu Beginn eines Bearbeitungsprogramms stets so vorzupositionieren, daß eine Beschädigung von Werkzeug und Werkstück ausgeschlossen ist. Weiterhin müssen die Radius-Korrektur und eine Bahnfunktion aktiv sein.

NC-Satz: z.B. N30 G00 G40 G90 Z+100 *

Bahnfunktionen

Mit den Bahnfunktionen wird jedes Element der Werkstück-Kontur einzeln programmiert. Eingeben werden

- Geraden
- Kreisbögen

Auch eine Überlagerung der beiden Konturelemente kann programmiert werden (Schraubenlinie).

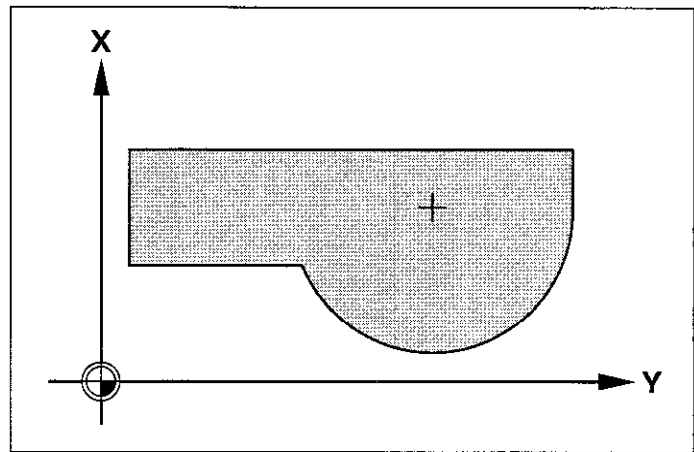


Abb. 5.1: Eine Kontur besteht aus Geraden und Kreisbögen

Nacheinander ausgeführt ergeben die Konturelemente die Werkstück-Kontur entsprechend der Zeichnung.

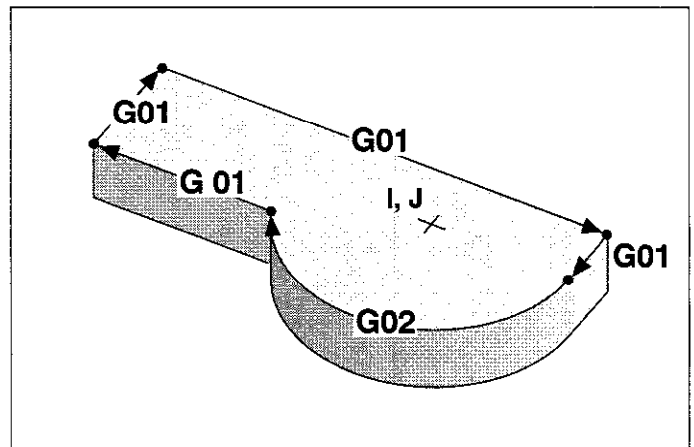


Abb. 5.2: Konturelemente werden nacheinander programmiert und ausgeführt

5.1 Allgemeines zum Programmieren von Werkzeug-Bewegungen

Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

Gleiche Bearbeitungsschritte am Werkstück werden einfach als Unterprogramm oder Programmteil-Wiederholung programmiert. Programmschritte, die sich wiederholen, werden dann nur einmal eingegeben.

Möglichkeiten:

- einen Teil des Programms wiederholen (Programmteil-Wiederholung)
- einen Teil des Programms separat erstellen und bei Bedarf ausführen (Unterprogramm)
- für einen Programmlauf oder -Test ein anderes Programm zusätzlich aufrufen und ausführen (Hauptprogramm als Unterprogramm)

Zyklen

Standard-Bearbeitungen sind als Zyklen vorprogrammiert. Die TNC verfügt über Bearbeitungszyklen zum

- Tiefbohren
- Gewindebohren
- Nuten fräsen
- Taschen und Inseln umfräsen

Weitere Zyklen stehen für Koordinaten-Umrechnungen zur Verfügung. Damit läßt sich eine Bearbeitung wie folgt ausführen:

- verschoben
- gespiegelt
- gedreht
- verkleinert / vergrößert

Parameter-Programmierung

Bei der Parameter-Programmierung werden Parameter als Zahlenwerte eingesetzt und Bearbeitungen über mathematische Zusammenhänge beschrieben:

- Bedingte und unbedingte Sprünge
- Messungen mit dem 3D-Tastsystem während des Programmlaufs
- Werte und Meldungen ausgeben
- Werte vom und zum Speicher übertragen

Es stehen folgende mathematische Funktionen zur Verfügung:

- Zuordnung
- Addition/Subtraktion
- Multiplikation/Division
- Winkelermittlung/Trigonometrie

usw.

5.2 Kontur anfahren und verlassen



Besonders sicher und komfortabel wird das Werkstück auf einer Kreisbahn angefahren und verlassen, die tangential an die Kontur anschließt. Dies geschieht mit der Funktion „Tangentiales -Anfahren“ (G26) (siehe S. 5-6).

Start- und Endpunkt einer Bearbeitung

Startpunkt

Vom Startpunkt aus fährt das Werkzeug den ersten Konturpunkt an. Der Startpunkt wird noch ohne Radius-Korrektur programmiert.

Anforderungen an den Startpunkt:

- Kollisionsfrei anfahrbar
- Nahe am ersten Konturpunkt
- Lage zum Werkstück so, daß Konturbeschädigung beim Anfahren der Kontur ausgeschlossen ist

Wird ein Startpunkt innerhalb des schraffierten Bereichs von Abb. 5.4 gewählt, kommt es beim Anfahren des ersten Konturpunktes zu einer Konturbeschädigung.

Der optimale Startpunkt \textcircled{S} liegt in der Verlängerung der Werkzeugbahn für die Bearbeitung des ersten Konturelements.

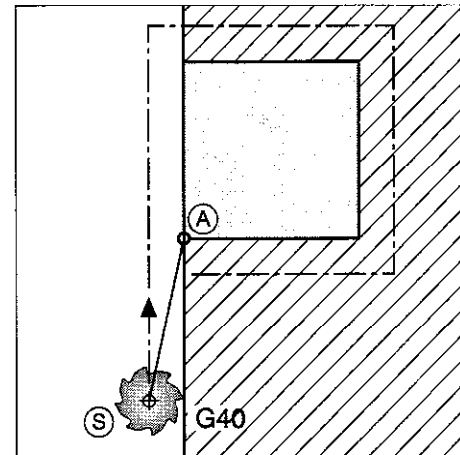


Abb. 5.3: Startpunkt \textcircled{S} einer Bearbeitung

Erster Konturpunkt

Am ersten Konturpunkt beginnt die Bearbeitung des Werkstücks. Das Werkzeug wird radiuskorrigiert auf diesen Punkt verfahren.

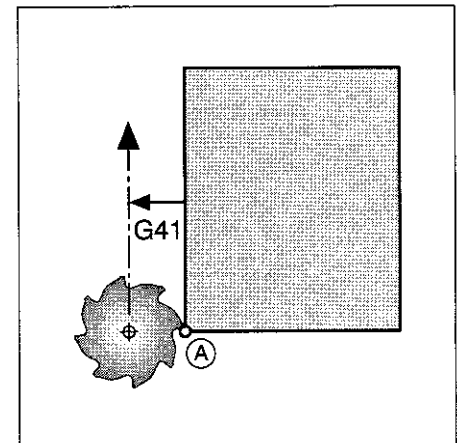


Abb. 5.4: Erster Konturpunkt einer Bearbeitung

Startpunkt in der Spindelachse anfahren

Die Spindelachse wird beim Anfahren des Startpunkts \textcircled{S} auf Arbeitstiefe verfahren.

Bei Kollisionsgefahr:

Startpunkt separat in der Spindelachse anfahren.

Beispiel: G00 G40 X ... Y ... Positionierung X/Y
Z-10 Positionierung Z

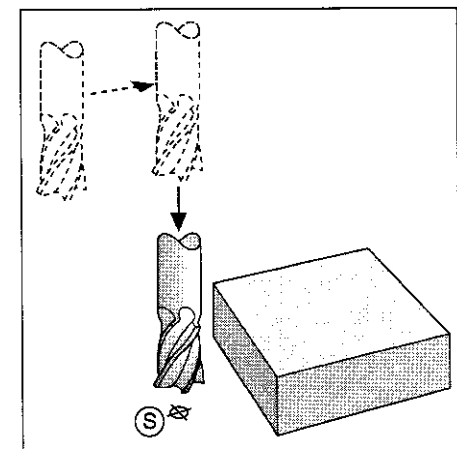


Abb. 5.5: Separates Verfahren der Spindel bei Kollisionsgefahr

Endpunkt

Für den Endpunkt gelten ebenfalls die Bedingungen

- Kollisionsfrei anfahrbar
- Nähe zum letzten Konturpunkt
- Vermeidung einer Werkzeugbeschädigung

Der optimale Endpunkt (E) liegt wieder in der Verlängerung der Werkzeugbahn. Der Endpunkt darf innerhalb des nicht schraffierten Bereichs liegen und wird ohne Radiuskorrektur angefahren.

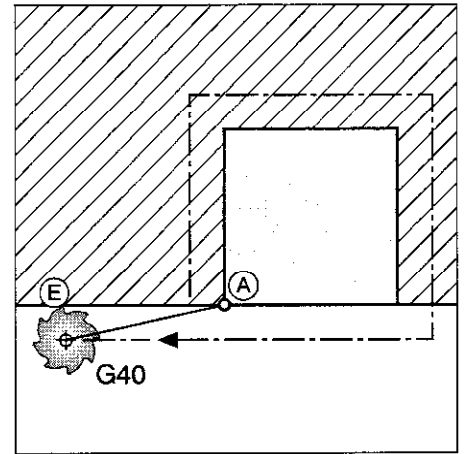


Abb. 5.6: Endpunkt (E) einer Bearbeitung

Endpunkt in der Spindelachse verlassen

Die Spindelachse wird zum Verlassen des Endpunkts separat verfahren.

Beispiel: G00 G40 X ... Y ... Endpunkt anfahren
Z+50 Werkzeug freifahren

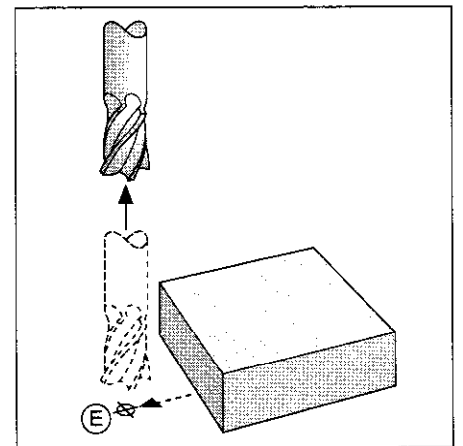


Abb. 5.7: Spindelachse separat freifahren

Gemeinsamer Start- und Endpunkt

Innerhalb des in den Abbildungen nicht schraffierten Bereichs kann ein gemeinsamer Start- und Endpunkt (SE) festgelegt werden.

Der optimale gemeinsame Start- und Endpunkt liegt genau zwischen den Verlängerungen der Werkzeugbahnen zur Bearbeitung des ersten und letzten Konturelements.

Ein gemeinsamer Start- und Endpunkt wird jeweils ohne Radiuskorrektur angefahren.

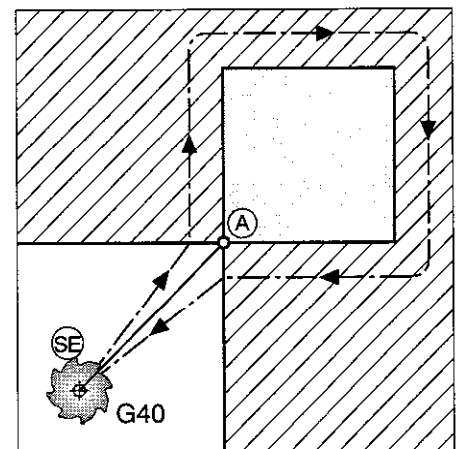


Abb. 5.8: Gemeinsamer Start- und Endpunkt

Tangentiales An- und Wegfahren

Mit der Funktion G26 wird das Werkzeug tangential an das Werkstück heran- und mit G27 wieder weggefahren. Auf diese Weise werden Freischneide-Markierungen vermieden.

Start- und Endpunkt

Startpunkt (S) und Endpunkt (E) der Bearbeitung liegen außerhalb des Werkstücks in der Nähe des ersten bzw. letzten Konturelements.

Die Werkzeugbahn zum Start- und Endpunkt wird ohne Radiuskorrektur programmiert.

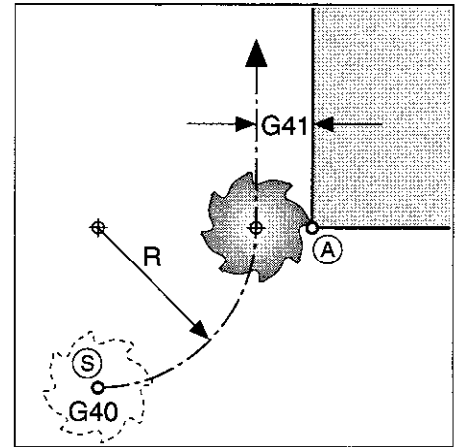


Abb. 5.9: Weiches Anfahren an eine Kontur

Eingabe

- Beim Anfahren wird G26 hinter dem Satz, in dem der erste Konturpunkt programmiert ist, eingegeben. Das ist der erste Satz mit Radiuskorrektur G41/G42.
- Beim Wegfahren wird G27 hinter dem Satz, in dem der letzte Konturpunkt programmiert ist, eingegeben. Das ist der letzte Satz mit Radiuskorrektur G41/G42.

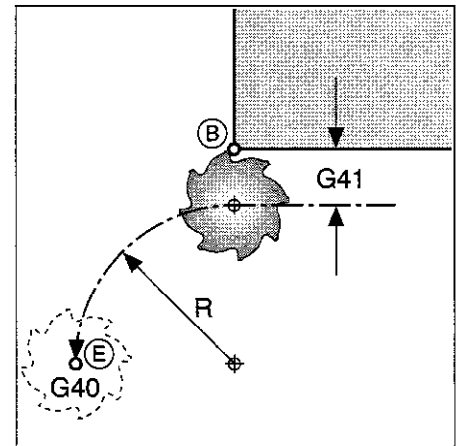


Abb. 5.10: Weiches Wegfahren von einer Kontur

Programmschema

```

.
.
.
G00 G40 G90 X ... Y ..... Startpunkt (S)
G01 G41 X ... Y ... F350 ..... Erster Konturpunkt (A)
G26 R ..... Weiches Anfahren
.
.
.
Kontur-Elemente
.
.
.
X ... Y ..... letzter Konturpunkt (B)
G27 R ..... Weiches Wegfahren
G00 G40 X ... Y ..... Endpunkt (E)

```



Der Radius in der Funktion G26/G27 muß so gewählt werden, daß die Kreisbahn zwischen Start- bzw. Endpunkt und den Konturpunkten ausgeführt werden kann.

5.3 Bahnfunktionen

Allgemeines

Eingabe in das Bearbeitungsprogramm

Die Konturelemente werden maßgetreu ins Bearbeitungsprogramm eingegeben. Koordinaten werden als Absolut- (G90) oder als Relativwerte (G91) programmiert.

In der Regel werden die Koordinaten des Endpunktes eines Konturelements einprogrammiert.

Den Verfahrenweg des Werkzeugs ermittelt die TNC aus den Werkzeug-Daten und der Radiuskorrektur selbsttätig.

Maschinenachsen programmgesteuert verfahren

Die TNC verfährt alle Maschinenachsen gleichzeitig, die in einem NC-Satz programmiert sind.

Achsparallele Bewegungen

Das Werkzeug wird parallel zur programmierten Maschinenachse verfahren.

Anzahl der im NC-Satz programmierten Achsen: 1

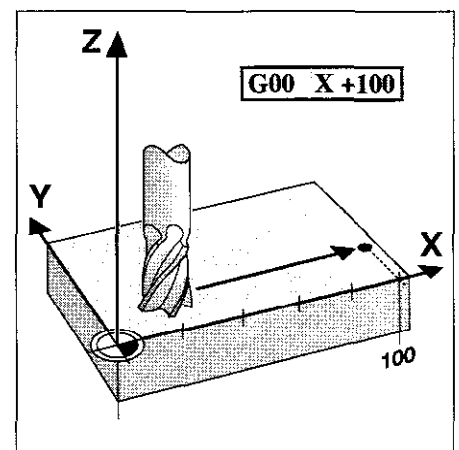


Abb. 5.11: Achsparallele Bewegung

Bewegungen in den Hauptebenen

Das Werkzeug wird in der Ebene auf einer Geraden oder einer Kreisbahn auf die einprogrammierte Position verfahren.

Anzahl der im NC-Satz programmierten Achsen: 2

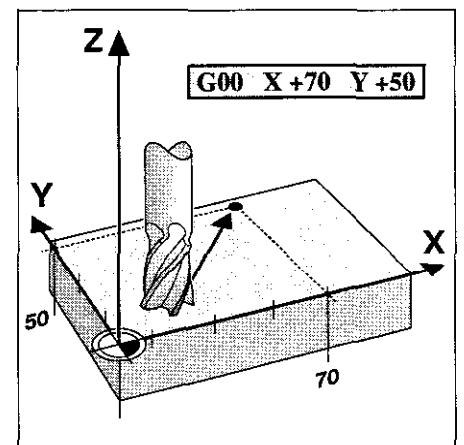


Abb. 5.12: Bewegungen in einer Hauptebene (X-Y-Ebene)

Bewegung von drei Maschinenachsen (3D-Bewegung)

Das Werkzeug wird auf einer Geraden auf die programmierte Position gefahren.

Anzahl der im NC-Satz programmierten Achsen: 3

Sonderfall: Bei einer Schraubenlinie wird einer Kreisbewegung in der Ebene eine Geradenbewegung senkrecht überlagert.

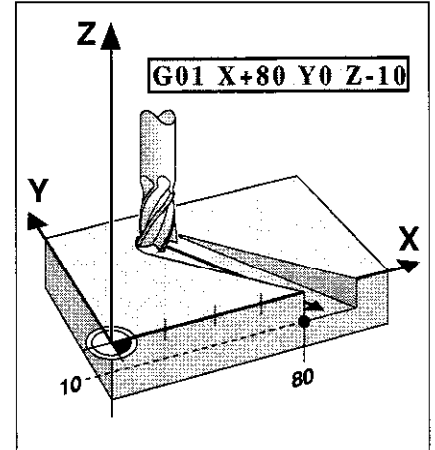


Abb. 5.13: Dreidimensionale Bewegung

Eingabe von mehr als drei Koordinaten (nicht bei TNC 407)

Die TNC steuert bis zu 5 Achsen gleichzeitig. Bei einer fünfachsigem Bearbeitung werden beispielsweise 3 Linear- und 2 Drehachsen gleichzeitig verwendet.

Solche Bearbeitungen lassen sich nicht mehr direkt an der Maschine programmieren.

Vorteile der fünfachsigem Bearbeitung:

- 3D-Formen können auch mit Schaftfräsern bearbeitet werden („Sturzfräsen“)
- 3D-Formen werden schneller und genauer bearbeitet

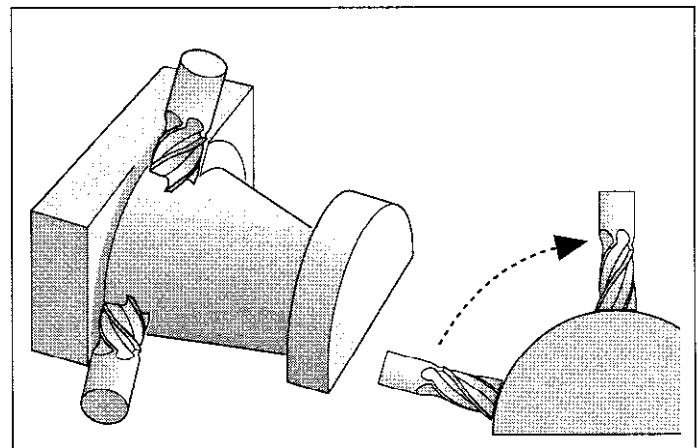


Abb. 5.14: Gleichzeitiges Verfahren von mehr als drei Koordinatenachsen, z.B. Bearbeiten einer 3D-Form mit Schaftfräser

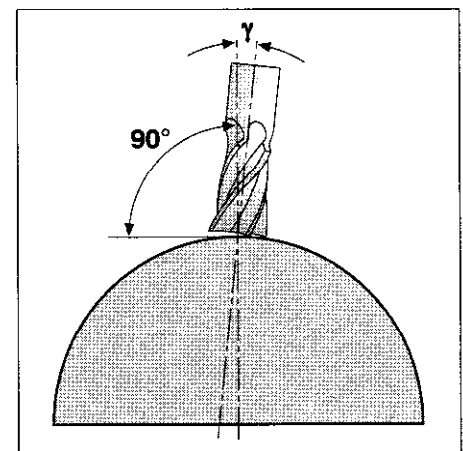


Abb. 5.15: Sturzfräsen

Eingabe:

z.B. G01 G40 X+20 Y+10 Z+2 A+15 C+6 F100 M3
(z.B. 3 Linear- und 2 Rundachsen)

Die zusätzlichen Koordinaten werden wie gewohnt in einen G01-Satz programmiert.



Eine vier- oder fünfachsigem Bewegung wird von der TNC nicht grafisch dargestellt.

Bahnfunktions-Übersicht

Funktion	Eingabe	
	in kartesischen Koordinaten	in Polar-koordinaten
Geradenbewegung im Eilgang	G00	G10
Geradenbewegung mit programmiertem Vorschub	G01	G11
Fase mit Fasenlänge R. Eine Fase wird zwischen zwei Geraden eingefügt.	G24	
Kreismittelpunkt – zugleich Pol für Polarkoordinaten. I,J,K erzeugen keine Bewegung.	I, J, K	
Kreisbewegung im Uhrzeigersinn (CW)	G02	G12
Kreisbewegung im Gegen-Uhrzeigersinn (CCW)	G03	G13
Die Kreisbahn kann programmiert werden: <ul style="list-style-type: none"> • Kreismittelpunkt I, J, K und Endpunkt oder • Kreisradius und Endpunkt. 		
Kreisbewegung ohne Drehrichtungsangabe. Die Kreisbahn wird mit Kreisradius und Endpunkt programmiert. Die Drehrichtung ergibt sich aus der zuletzt programmierten Kreisbewegung G02/G12 bzw. G03/G13.	G05	G15
Kreisbewegung mit tangentialem Anschluß. Es wird ein Kreisbogen mit tangentialem Übergang an das vorhergehende Konturelement angefügt. Es ist nur der Endpunkt des Kreisbogens zu programmieren.	G06	G16
Ecken runden mit Radius R. Ein Kreisbogen mit tangentialen Übergängen wird zwischen zwei Konturelemente eingefügt.	G25	

5.4 Bahnbewegungen – rechtwinklige Koordinaten

Gerade im Eilgang G00

Gerade mit Vorschub G01 F ...

Eingegeben werden:

- Koordinaten des Geradenendpunkts (E)
- Falls nötig:
Radiuskorrektur, Vorschub, Zusatz-Funktion

Das Werkzeug verfährt auf einer Geraden von seiner aktuellen Position zum Geradenendpunkt (E). Die Startposition (S) wird im vorhergegangenen Satz angefahren.

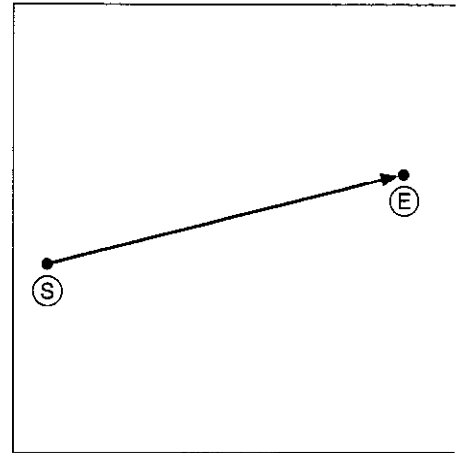
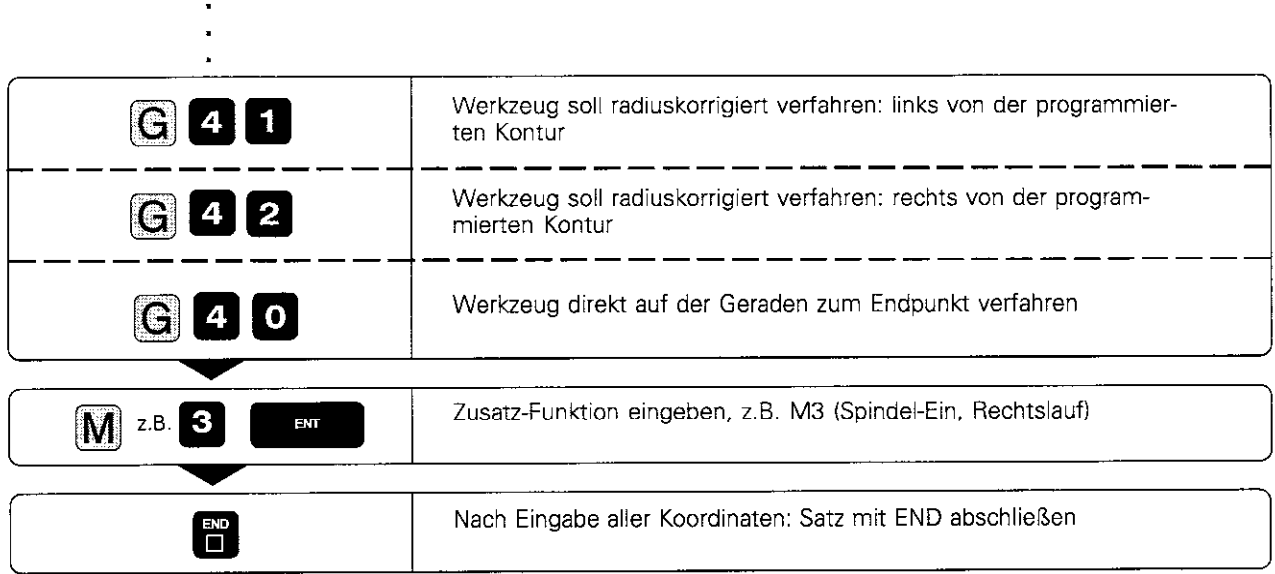


Abb. 5.16: Geraden-Bewegung

Gerade programmieren

G 0 0	Gerade im Eilgang
falls nötig G 9 1 z.B. X z.B. 5 0 falls nötig -/+	Kennzeichnung als relative Koordinate, z.B. G91 X-50 mm Achse auswählen (orangefarbene Achswahltaste), z.B. X Koordinate des Geradenendpunkts eingeben Koordinate negativ: +/- -Taste einmal drücken, z.B. X = -50 mm
z.B. Y ⋮ z.B. Z ⋮	Alle weiteren Koordinaten des Geradenendpunkts eingeben



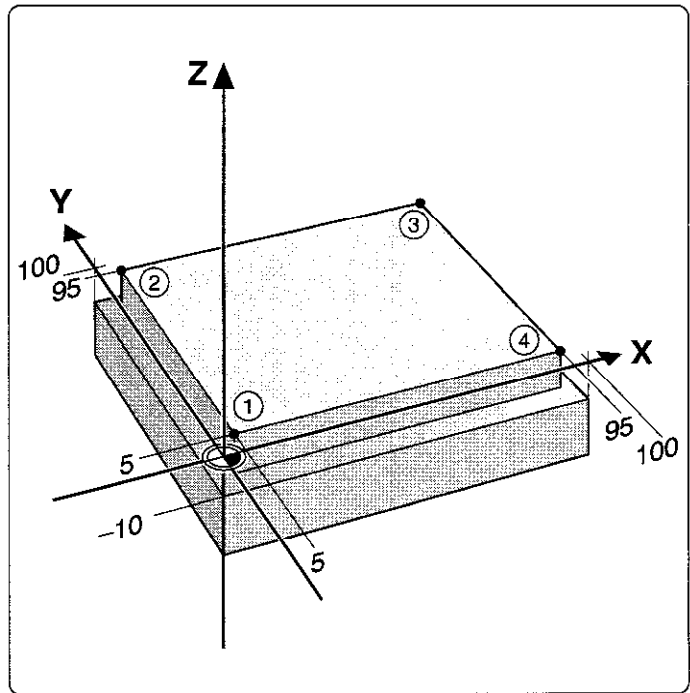
NC-Satz: z.B. N25 G00 G42 G91 X+50 G90 Y+10 Z-20 M3 *

Übungsbeispiel: Viereck umfräsen

Koordinaten der
Eckpunkte:

- | | | |
|---|-----------|-----------|
| ① | X = 5 mm | Y = 5 mm |
| ② | X = 5 mm | Y = 95 mm |
| ③ | X = 95 mm | Y = 95 mm |
| ④ | X = 95 mm | Y = 5 mm |

Frästiefe: $Z_f = -10\text{mm}$

**Bearbeitungsprogramm**

%S512I G71 *	Programm-Beginn; Programm-Name S512I; Maßangaben in Millimetern
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *	Rohteil-Definition für grafische Simulation der Bearbeitung (MIN- und MAX-Punkt)
N30 G99 T1 L+0 R+5 *	Werkzeug-Definition im Programm;
N40 T1 G17 S2500 *	Werkzeug-Aufruf in Zustellachse Z(G17); Spindeldrehzahl S = 2500 U/min
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	Freifahren in der Zustellachse; Eilgang; Zusatzfunktion für Werkzeugwechsel
N60 X-10 Y-10 *	Vorpositionieren in die Nähe des 1. Konturpunktes
N70 Z-10 M03 *	Vorpositionieren in der Zustellachse, Spindel einschalten
N80 G01 G41 X+5 Y+5 F150 *	① anfahren mit Radiuskorrektur
N90 Y+95 *	Eckpunkt ② anfahren
N100 X+95 *	Eckpunkt ③ anfahren
N110 Y+5 *	Eckpunkt ④ anfahren
N120 X+5 *	Eckpunkt ① anfahren, Ende der Bearbeitung
N130 G00 G40 X-10 Y-10 M05 *	Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben, Spindel -STOP
N140 Z+100 M02 *	Zustellachse freifahren, Spindel AUS, Kühlmittel AUS, Programm-Ende
N99999 %S512I G71 *	Programm-Ende

Fase G24

Konturrecken, die durch den Schnitt zweier Geraden entstehen, können mit Fasen versehen werden.

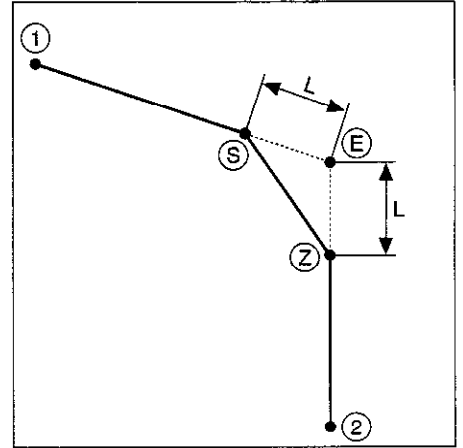


Abb. 5.17: Fase von S nach Z

Eingegeben wird die Länge L des Faserabschnitts.

Voraussetzungen:

- Die Radiuskorrektur vor und hinter dem Faser-Satz muß gleich sein.
- Die Fase muß mit dem aktuellen Werkzeug ausführbar sein.

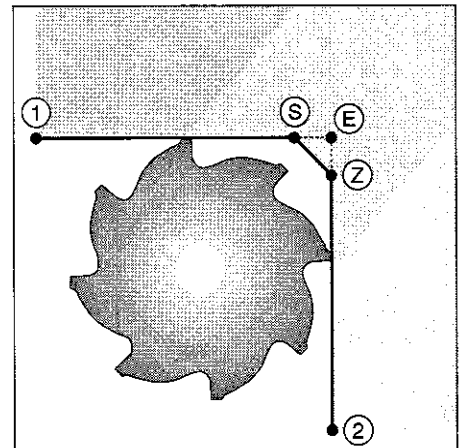


Abb. 5.18: Werkzeugradius zu groß



- Eine Kontur darf nicht mit einem G24-Satz begonnen werden.
- Eine Fase wird nur in der Bearbeitungsebene ausgeführt.
- Der Vorschub beim Fasern ist gleich dem davor programmierten Vorschub.
- Der von der Fase abgeschnittene Eckpunkt E wird nicht angefahren.

Fase programmieren

G 2 4 ENT	„Fase“ anwählen
FASEN-ABSCHNITT?	
z.B. 5 END <input type="checkbox"/>	Länge des Faserabschnitts eingeben, z.B. 5 mm

NC-Satz: z.B. G24 R5 *

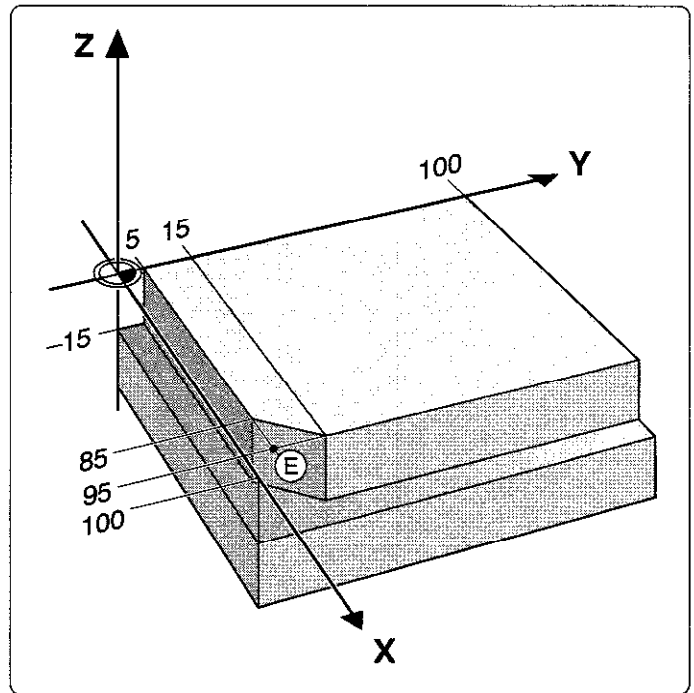
Übungsbeispiel: Ecke mit Fase versehen

Koordinaten des
Eckpunkts: \textcircled{E} $X = 95 \text{ mm}$
 $Y = 5 \text{ mm}$

Länge der Fase: $LF = 10 \text{ mm}$

Frästiefe: $Z_f = -15 \text{ mm}$

Werkzeug-Radius: $R = +10 \text{ mm}$

**Bearbeitungsprogramm**

%S514| G71 *	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	Rohteil MIN-Punkt
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *	Rohteil MAX-Punkt
N30 G99 T5 L+5 R+10 *	Werkzeug-Definition
N40 T5 G17 S2000 *	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X-10 Y-5 *	Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene
N70 Z-15 M03 *	Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren, Spindel an
N80 G01 G42 X+5 Y+5 F200 *	Kontur anfahren mit Radiuskorrektur und Bearbeitungsvorschub
N90 X+95 *	Erste Gerade für Ecke E programmieren
N100 G24 R10 *	Fasensatz: Fase mit Länge 10mm wird eingefügt
N110 Y+100 *	Zweite Gerade für Ecke E programmieren
N120 G00 G40 X+110 Y+110 *	Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N130 Z+100 M02 *	Zustellachse freifahren
N99999 %S514| G71 *	

Kreise und Kreisbögen – Allgemeines

Für Kreisbewegungen verfährt die TNC gleichzeitig zwei Maschinenachsen so, daß das Werkzeug sich relativ zum Werkstück auf einer Kreisbahn bewegt.

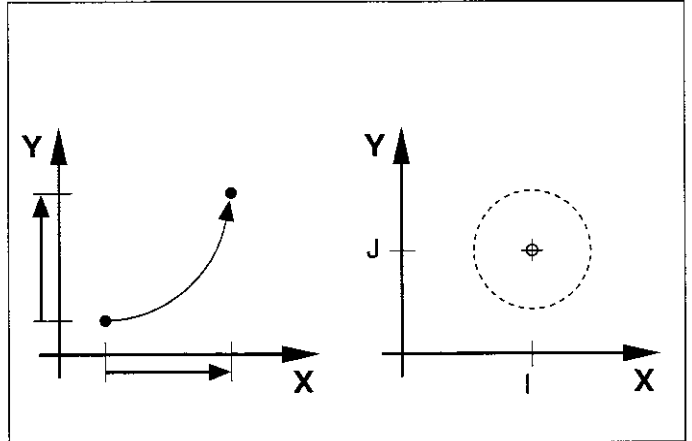


Abb. 5.19: Kreisbahn und Kreismittelpunkt

Kreismittelpunkt I, J, K

Für Kreisbewegungen kann ein Kreismittelpunkt eingegeben werden.

Dieser ist gleichzeitig der Pol für die Eingabe von Polarkoordinaten.

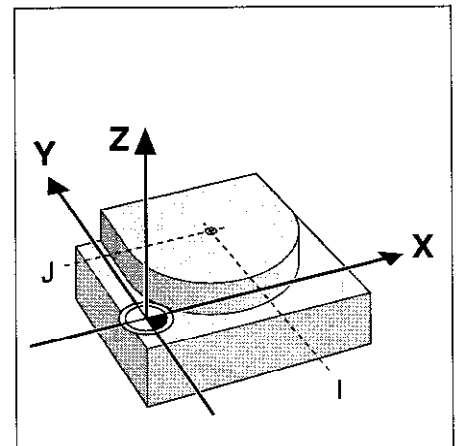


Abb. 5.20: Kreismittelpunkts-Koordinaten

Drehrichtung

Für Kreisbewegungen ohne tangentialen Übergang zu anderen Konturelementen wird die mathematische Drehrichtung der Kreisbewegung eingegeben:

- Drehung im Uhrzeigersinn entspricht einer negativen Drehrichtung: Funktion G02
- Drehung gegen den Uhrzeigersinn entspricht einer positiven Drehrichtung: Funktion G03

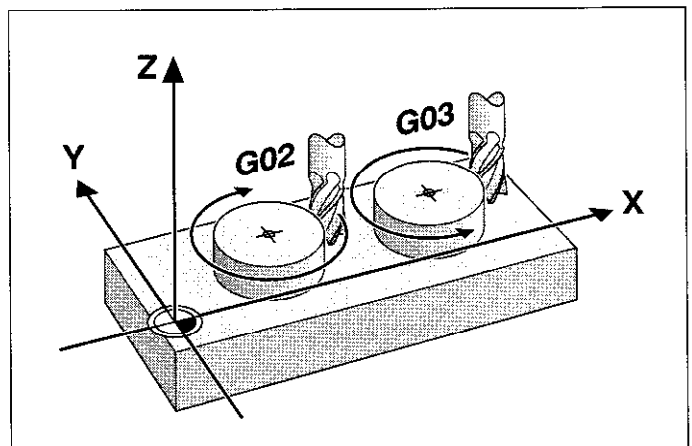


Abb. 5.21: Drehrichtung für Kreisbewegungen

Radiuskorrektur bei Kreisbahnen

Die Radiuskorrektur darf nicht in einem Satz für eine Kreisbahn begonnen werden. Sie muß zuvor in einem Geraden-Satz aktiviert werden.

Kreise in den Hauptebenen

Mit den Kreisbahn-Funktionen werden Kreise in den Hauptebenen direkt programmiert. Die Hauptebene ist durch die Festlegung der Spindelachse beim Werkzeug-Aufruf (T) definiert.

Spindelachse	Hauptebene	Kreismittepunkt
Z	XY G17	I J
Y	ZX G18	K I
X	YZ G19	J K

Abb. 5.22: Die Spindelachse legt die Hauptebenen für die Kreisbahnen und somit die Kreismittepunktbezeichnung fest



Kreise, die nicht parallel zu einer Hauptebene liegen, werden mit Q-Parametern programmiert (siehe Kap. 7).

Kreismittepunkt I, J, K

Der Kreismittepunkt ist für Kreisbahnen festzulegen, die mit G02/G03/G05 programmiert werden. Der Kreismittepunkt wird auf folgende Art definiert:

- Direkte Eingabe der rechtwinkligen Kreismittepunkt-Koordinaten oder
- Übernahme der zuletzt programmierten Position oder
- Ist-Positions-Übernahme

Die letztprogrammierte Position wird automatisch als Kreismittepunkt/Pol übernommen, wenn G29 programmiert wird.

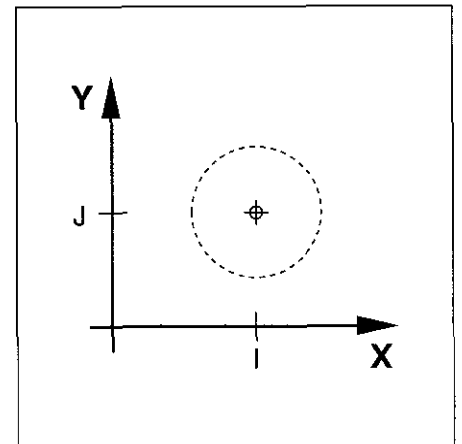


Abb. 5.23: Kreismittepunkt I, J

Gültigkeit der Kreismittepunkt-Festlegung

Eine Kreismittepunkt-Definition gilt solange, bis ein neuer Kreismittepunkt festgelegt wird.

I, J, K relativ eingeben

Wird eine Kreismittelpunkts-Koordinate relativ eingegeben, so bezieht sie sich auf die zuletzt programmierte Werkzeug-Position.

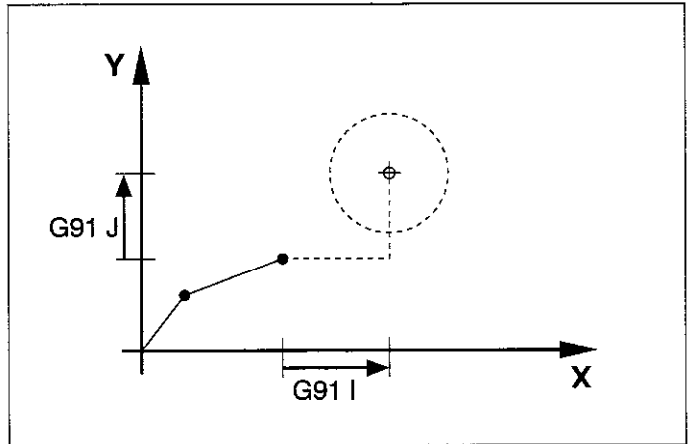


Abb. 5.24: Inkrementale Kreismittelpunkts-Koordinaten



- Der Kreismittelpunkt I, J, K ist gleichzeitig der Pol für Polarkoordinaten.
- Mit I, J, K wird eine Position als Kreismittelpunkt gekennzeichnet. Das Werkzeug verfährt also nicht auf diese Position.

Kreismittelpunkt (Pol) programmieren

z.B. I z.B. 2 0	Kreismittelpunkts-Bezeichnung wählen Koordinate des Kreismittelpunkts auf dieser Achse eingeben, z.B. I = 20 mm
z.B. J z.B. 1 0 +/- END <input type="checkbox"/>	Zweite Koordinatenachse anwählen, z.B. J Koordinate des Kreismittelpunkts eingeben, z.B. J = -10 mm

NC-Satz: z.B. I+20 J-10 *

Kreisbahn G02/G03/G05 um Kreismittelpunkt I, J, K

Voraussetzungen

Der Kreismittelpunkt I, J, K muß vorher im Programm definiert sein.
Das Werkzeug steht auf dem Kreis-Startpunkt \textcircled{S} .

Festlegung der Drehrichtung

Drehrichtung

- im Uhrzeigersinn G02
 - im Gegenuhrzeigersinn G03
 - ohne Drehrichtungsangabe G05
- Es wird die zuletzt programmierte Drehrichtung gefahren.

Eingabe

- Kreisbogen-Endpunkt

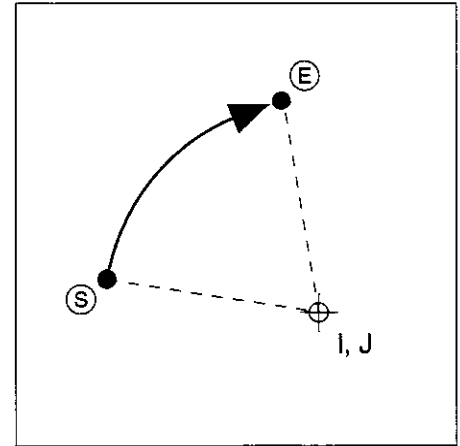


Abb. 5.25: Kreisbahn von \textcircled{S} nach \textcircled{E} um I, J



Start- und Endpunkt der Kreisbewegung müssen auf der Kreisbahn liegen.
Eingabetoleranz: bis 0,016 mm (über MP 7431 wählbar)

- Für einen Vollkreis wird als Endpunkt im Satz mit G02/G03 der Startpunkt der Kreisbahn programmiert.

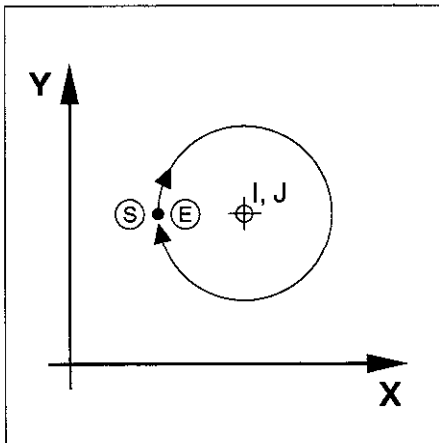


Abb. 5.26: Vollkreis um I, J mit einem G02-Satz

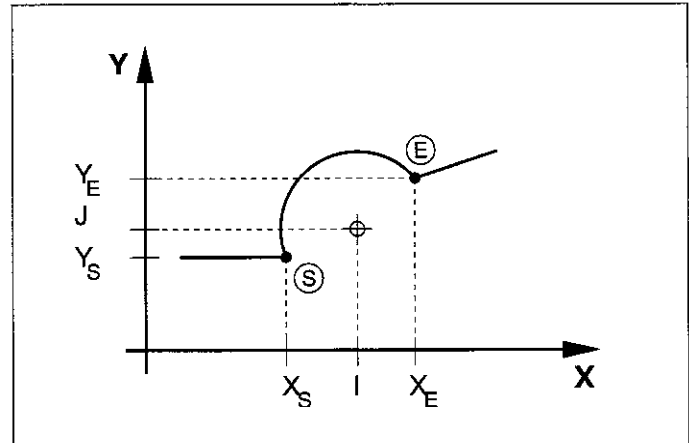








Abb. 5.27: Koordinaten einer Kreisbahn

Kreisbogen mit G02 (Drehrichtung = Uhrzeigersinn) um Kreismittelpunkt I, J programmieren

	Kreis kartesisch im Uhrzeigersinn
 	Erste Koordinate des Endpunktes inkremental eingeben, z.B. X = 5 mm
  	Zweite Koordinate des Endpunktes absolut eingeben, z.B. Y = -5 mm Satz abschließen

Eingabe, falls nötig:

- Radiuskorrektur
- Vorschub
- Zusatz-Funktion

NC-Satz: z.B. G02 G91 X+5 G90 Y-5

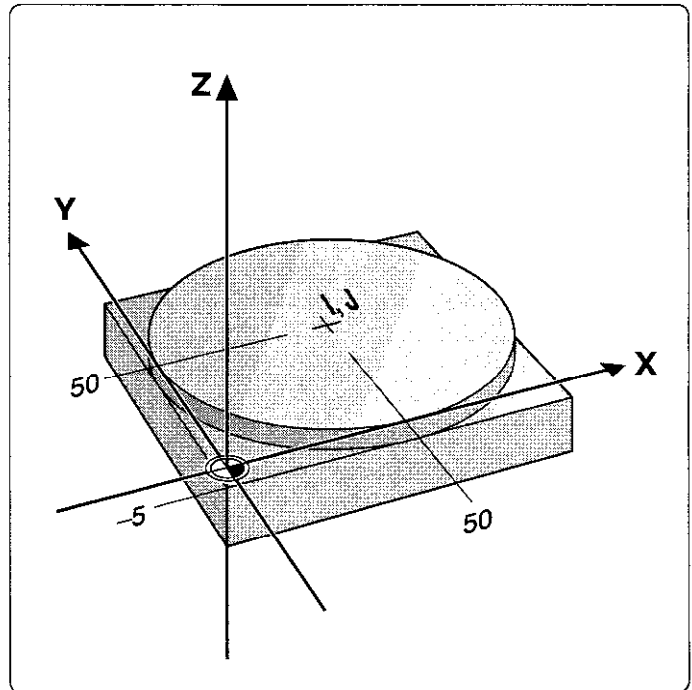
Übungsbeispiel: Vollkreis mit einem Satz fräsen

Kreismittelpunkt: $I = 50 \text{ mm}$
 $J = 50 \text{ mm}$

Beginn und Ende des
 Kreisbogens: $X = 50 \text{ mm}$
 $Y = 0 \text{ mm}$

Frästiefe: $Z_f = -5 \text{ mm}$

Werkzeug-Radius: $R = 15 \text{ mm}$

**Bearbeitungsprogramm**

%S520I G71 *	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+1 Y+1 Z-20 *	Rohteil MIN-Punkt
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *	Rohteil MAX-Punkt
N30 G99 T6 L+0 R+15 *	Werkzeug-Definition
N40 T6 G17 S1500 *	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X+50 Y-40 *	Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene
N70 Z-5 M03 *	Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N80 I+50 J+50 *	Koordinaten des Kreismittelpunktes
N90 G01 G41 X+50 Y+0 F100 *	Ersten Konturpunkt radiuskorrigiert mit Bearbeitungsvorschub anfahren
N100 G26 R10 *	Weiches (tangentes) Anfahren
N110 G02 X+50 Y+0 *	Kreisbogen um Kreismittelpunkt I,J fräsen; Drehsinn negativ; Koordinaten des Endpunkts $X = +50\text{mm}$ und $Y = +0$
N120 G27 H10 *	Weiches (tangentes) Wegfahren
N130 G00 G40 X+50 Y-40 *	Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N140 Z+100 M02 *	Zustellachse freifahren
N99999 %S520I G71 *	

Kreisbahn G02/G03/G05 mit festgelegtem Radius

Das Werkzeug verfährt auf einer Kreisbahn mit dem Radius R.

Festlegung der Drehrichtung

- im Uhrzeigersinn G02
- im Gegenuhrzeigersinn G03
- ohne Drehrichtungsangabe G05
Es wird die zuletzt programmierte Drehrichtung gefahren.

Eingaben

- Koordinaten des Kreisbogen-Endpunkts
- Radius R des Kreisbogens

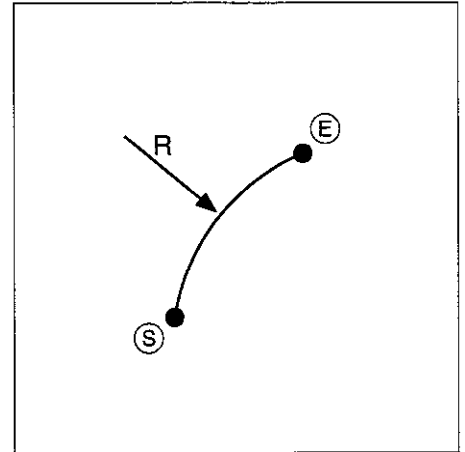


Abb. 5.28: Kreisbahn von S nach E mit Radius R



- Für einen Vollkreis müssen zwei G02/G03-Sätze hintereinander programmiert werden.
- Der Abstand von Start- und Endpunkt des Kreisbogens darf nicht größer als der Kreisdurchmesser sein.
- Der maximale Radius beträgt 100 mm.

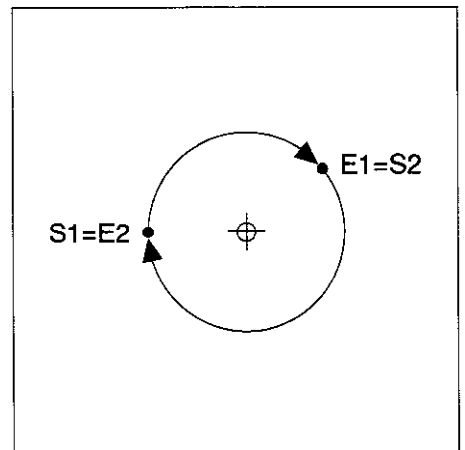


Abb. 5.29: Vollkreis mit zwei G02-Sätzen

Zentriwinkel CCA und Kreisbogen-Radius R

Startpunkt S und Endpunkt E auf der Kontur lassen sich durch vier verschiedene Kreisbögen mit gleichem Radius miteinander verbinden. Die Kreisbögen unterscheiden sich in Länge und Wölbung.

Größerer Kreisbogen: $CCA > 180^\circ$ (Kreisbogen ist länger als Halbkreis)
Eingabe: Radius R mit negativem Vorzeichen ($R < 0$).

Kleinerer Kreisbogen: $CCA < 180^\circ$ (Kreisbogen ist kürzer als Halbkreis)
Eingabe: Radius R mit positivem Vorzeichen ($R > 0$).

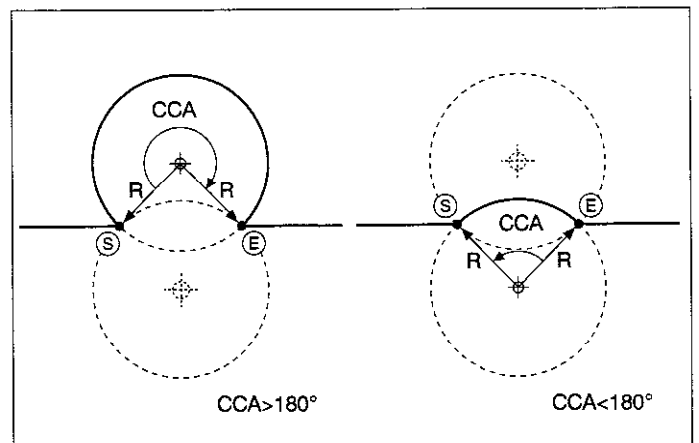


Abb. 5.30: Kreisbögen für Zentriwinkel größer und kleiner 180°

Kontur-Wölbung und Drehrichtung

Über die Drehrichtung wird festgelegt, ob der Kreisbogen

- konvex (nach außen gewölbt) oder

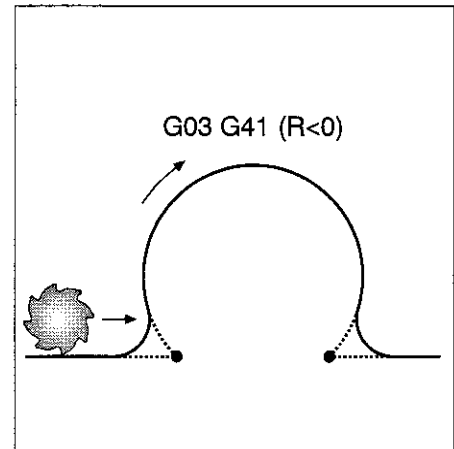


Abb. 5.31: Konvexe Wölbung einer Kreisbahn

- konkav (nach innen gewölbt) ausgeführt wird.

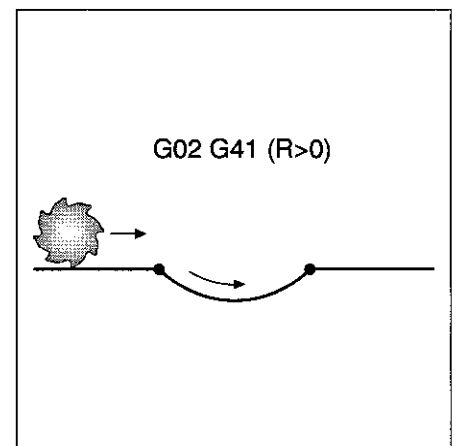


Abb. 5.32: Konkave Wölbung einer Kreisbahn

Kreisbogen mit festgelegtem Radius programmieren

G 0 2	Kreis kartesisch im Uhrzeigersinn
z.B. X 1 0 Y 2	Koordinaten des Kreisbogen-Endpunkts eingeben, z.B. X = 10 mm, Y = 2 mm
z.B. R 5 -/+ ENT	Kreisbogen-Radius eingeben, z.B. R = 5 mm und Größe des Kreisbogens mit dem Vorzeichen (z.B. -) festlegen

Eingabe, falls nötig:

- Radiuskorrektur
- Vorschub
- Zusatz-Funktion

NC-Satz: z.B. G02 G41 X+10 Y+2 R-5

Übungsbeispiel: Halbkreis aus Werkstück fräsen.

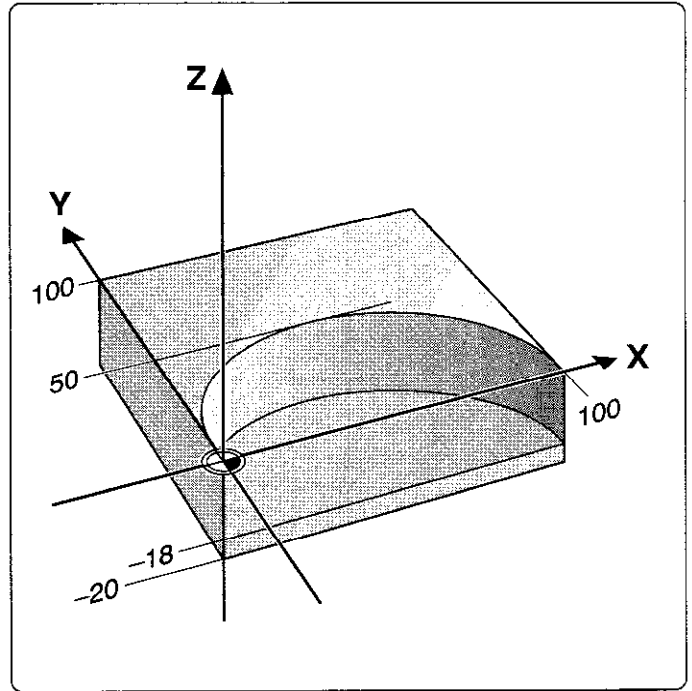
Halbkreis-Radius: $R = 50 \text{ mm}$

Koordinaten des
Kreisbogen-Anfangs: $X = 0$
 $Y = 0$

Koordinaten des
Kreisbogen-Endes: $X = 100 \text{ mm}$
 $Y = 0$

Werkzeug-Radius: $R = 25 \text{ mm}$

Frästiefe: $Z_f = -18 \text{ mm}$

**Bearbeitungsprogramm**

```
%S523I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil definieren
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+25 * ..... Werkzeug definieren
N40 T1 G17 S780 * ..... Werkzeug aufrufen
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X+25 Y-30 * ..... Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene
N70 Z-18 M03 * ..... Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N80 G01 G42 X+0 Y+0 F100 * ..... Kontur anfahren mit Radiuskorrektur und
    Bearbeitungsvorschub
N90 G02 X+100 Y+0 R-50 * ..... Kreisbogen zum Endpunkt X = 100mm, Y = 0 fräsen;
    Radius = 50mm, negativer Drehsinn
N100 G00 G40 X+70 Y-30 * ..... Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N110 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren
N99999 %S523I G71 *
```

Kreisbahn G06 mit tangentialem Anschluß

Das Werkzeug verfährt auf einem Kreisbogen, der tangential an das zuvor programmierte Kontur-element anschließt.

Tangential ist ein Übergang, wenn am Schnitt der Konturelemente kein Knick- oder Eckpunkt entsteht, die Konturelemente also stetig ineinander übergehen.

Eingabe

Koordinaten des Kreisbogen-Endpunkts

Voraussetzungen

- Das Konturstück, an das der Kreisbogen mit G06 tangential anschließen soll, wird direkt vor dem G06-Satz programmiert.
- Vor dem G06-Satz stehen im Programm mindestens zwei Positioniersätze, durch die das Konturstück definiert wird, an das der Kreisbogen anschließt.

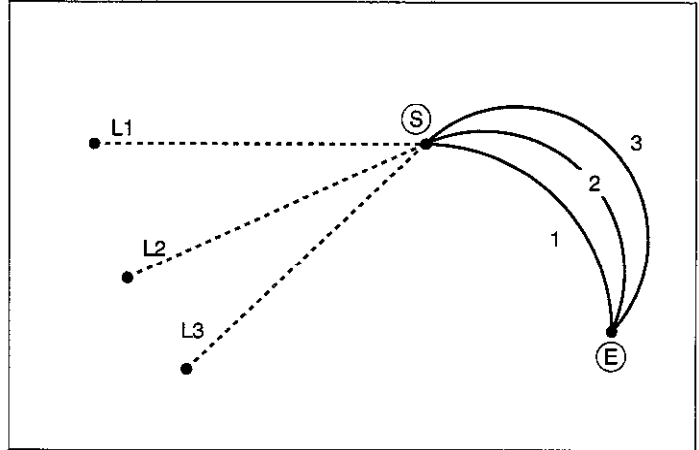


Abb. 5.33: Tangential an das Geradenstück ① - ② anschließende Kreisbahn S - E

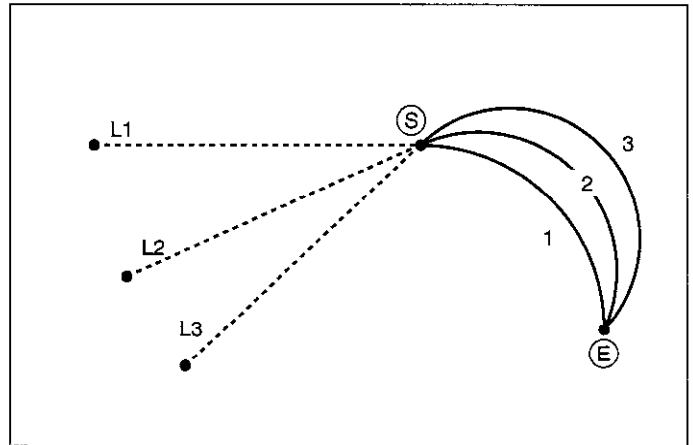


Abb. 5.34: Tangential anschließende Kreisbahnen hängen vom vorhergehenden Konturelement ab



Im G06-Satz und dem vorausgegangenen Positioniersatz sollten beide Koordinaten der Ebene stehen, in der ein Kreisbogen ausgeführt wird.

Kreisbahn G06 mit tangentialem Anschluß programmieren

G 0 6	Kreisbahn mit tangentialem Anschluß
G 9 1 X 5 0 Y -/+ 1 0 END	Koordinaten des Kreisbogen-Endpunkts relativ eingeben, z.B. X = 50 mm, Y = -10 mm

Eingabe, falls nötig:

- Radius-Korrektur
- Vorschub
- Zusatz-Funktion

NC-Satz: z.B. G06 G42 G91 X+50 Y-10 *

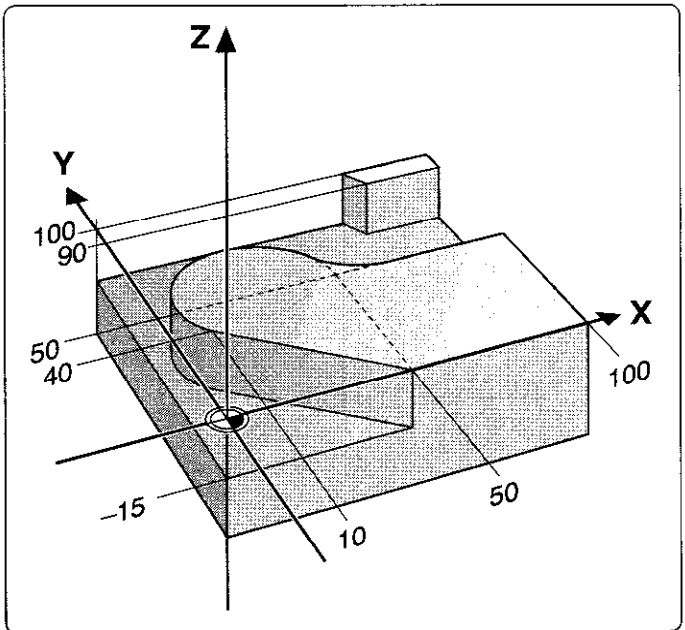
Übungsbeispiel: Kreisbogen im Anschluß an Geradenstück fräsen

Koordinaten der
Übergangsstelle
Gerade-Kreisbogen: X = 10 mm
Y = 40 mm

Koordinaten des
Kreisbogen-
Endpunkts: X = 50 mm
Y = 50 mm

Frästiefe: Z_f = -15 mm

Werkzeug-Radius: R = 20 mm

**Bearbeitungsprogramm**

```
%S525I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil definieren
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T12 L-25 R+20 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T12 G17 S1000 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X+30 Y-30 * ..... Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene
N70 Z-15 M03 * ..... Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N80 G01 G41 X+50 Y+0 F100 * ..... Kontur anfahren mit Radiuskorrektur und
    Bearbeitungsvorschub
N90 X+10 Y+40 * ..... Geradenstück, an das der Kreisbogen tangential an-
    schließt
N100 G06 X+50 Y+50 * ..... Kreisbogen zum Endpunkt X = 50 mm und Y = 50 mm;
    schließt tangential an die Gerade aus Satz N90 an
N110 G01 X+100 * ..... Kontur fertigstellen
N120 G00 G40 X+130 Y+70 * ..... Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N130 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren
N99999 %S525I G71 *
```


Ecken-Runden G25

Das Werkzeug verfährt auf einer Kreisbahn, die sowohl an das vorhergegangene als auch an das nachfolgende Konturelement tangential anschließt.

Mit der Funktion G25 werden Konturecken abgerundet.

Eingabe

- Radius des Kreisbogens
- Vorschub für diesen Kreisbogen

Voraussetzung

Der Rundungskreis muß mit dem aktuellen Werkzeug ausführbar sein.

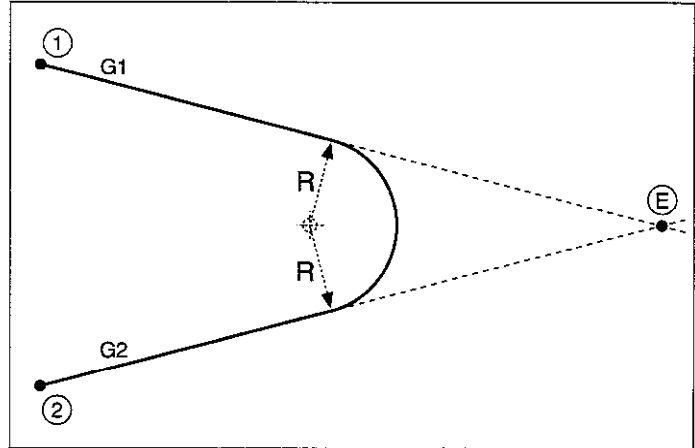


Abb. 5.35: Rundungs-Radius R zwischen G1 und G2



- Im vorhergegangenen und nachfolgenden Positioniersatz sollten beide Koordinaten der Ebene stehen, in der der Kreisbogen ausgeführt wird.
- Der Eckpunkt E wird nicht angefahren.
- Ein im G25-Satz programmierter Vorschub ist nur im G25-Satz wirksam. Nach dem G25-Satz ist wieder der letzte vor dem Satz programmierte Vorschub gültig.

Kreisbahn tangential zwischen zwei Konturelementen programmieren

G 2 5 ENT	Ecken-Runden anwählen
RUNDUNGS-RADIUS	
z.B. 1 0 ENT	Rundungs-Radius eingeben, z.B. R = 10 mm
z.B. 1 0 0 ENT	Vorschub für Rundungs-Radius eingeben, z.B. F = 100 mm/min

NC-Satz: z.B. G25 R 10 F 100

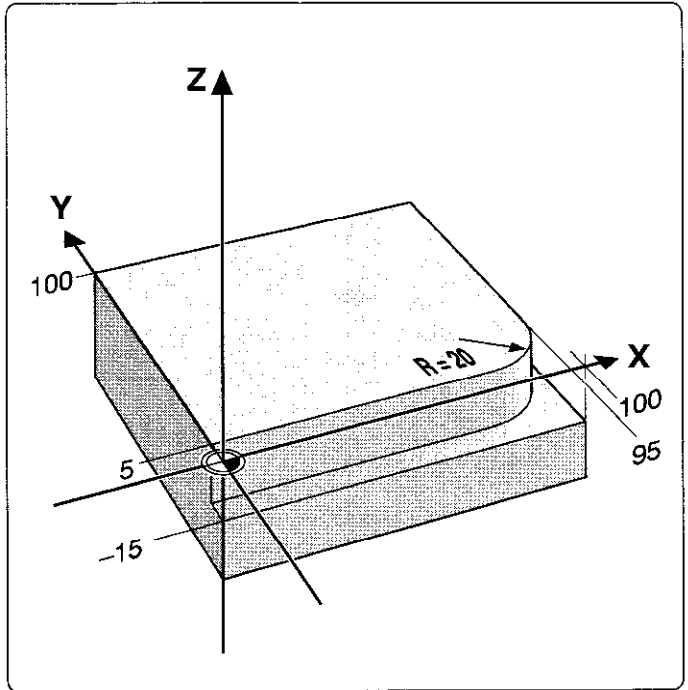
Übungsbeispiel: Ecke runden

Koordinaten des
Eckpunkts: X = 95 mm
 Y = 5 mm

Rundungs-Radius: R = 20 mm

Frästiefe: Z_F = -15 mm

Werkzeug-Radius: R = 10 mm

**Bearbeitungsprogramm**

%S527I G71 *	.....	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	.....	Rohteil definieren
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *		
N30 G99 T7 L+0 R+10 *	.....	Werkzeug-Definition
N40 T7 G17 S1500 *	.....	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	.....	Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X-10 Y-5 *	.....	Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene
N70 Z-15 M03 *	.....	Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N80 G01 G42 X+0 Y+5 F100 *		Kontur anfahren mit Radiuskorrektur und Bearbeitungsvorschub
N90 X+95 *	.....	Erste Gerade für Ecke programmieren
N100 G25 R20 *	.....	Radius R = 20 mm zwischen den Konturelementen einfügen
N110 Y+100 *	.....	Zweite Gerade für Ecke programmieren
N120 G00 G40 X+120 Y+120 *	.....	Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N130 Z+100 M02 *	.....	Zustellachse freifahren
N99999 %S527I G71 *		

5.5 Bahnbewegungen – Polarkoordinaten

Polarkoordinaten werden vorteilhaft eingesetzt bei:

- Positionen auf Kreisbögen
- Werkstück-Zeichnungen mit Winkelangaben

Die Polarkoordinaten werden ausführlich im Abschnitt „Grundlagen“ (siehe S. 1-11) erklärt.

Polarkoordinaten-Ursprung: Pol I, J, K

Der Pol wird an einer beliebigen Stelle im Programm definiert, bevor Positionen durch Polarkoordinaten angegeben werden. Der Pol wird mit einem I, J, K-Satz wie ein Kreismittelpunkt durch seine Koordinaten im rechtwinkligen Koordinatensystem festgelegt. Er bleibt so lange wirksam, bis ein neuer Pol definiert wird. Die Bezeichnung des Pols ergibt sich aus der Bearbeitungsebene.

Bearbeitungsebene	Pol
XY	I, J
YZ	J, K
ZX	K, I

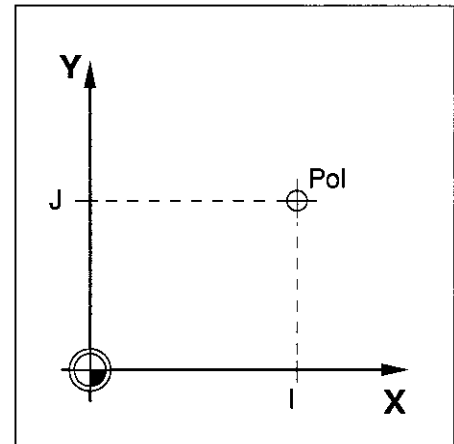


Abb. 5.36: Der Pol ist identisch mit dem Kreismittelpunkt

Gerade im Eilgang G10

Gerade mit Vorschub G11 F ...

- Für H können Werte von -360° bis $+360^\circ$ eingegeben werden.
- Das Vorzeichen von H ist durch die Winkelbezugsachse festgelegt:
Winkel von der Winkelbezugsachse zu R
im Gegen-Uhrzeigersinn: $H > 0$
Winkel von der Winkelbezugsachse zu R
im Uhrzeigersinn: $H < 0$

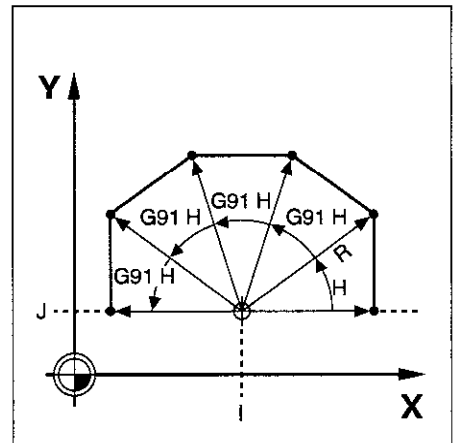


Abb. 5.37: Konturzug aus Geraden mit Polarkoordinaten

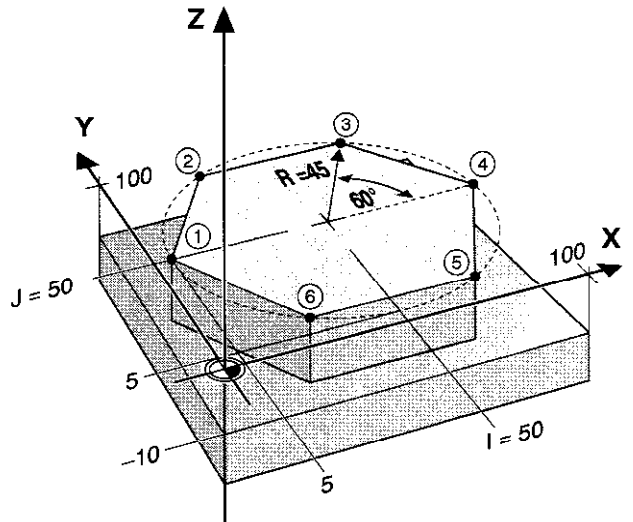
G 1 0	Geradenbewegung polar im Eilgang
R 5	Radius vom Pol zum Geraden-Endpunkt eingeben, z.B. PR = 5 mm
H 3 0	Winkel von der Winkelbezugsachse zu R eingeben, z.B. H = 30°

NC-Satz: z.B. G10 R5 H30 *

Übungsbeispiel: Sechseck fräsen

Eckpunkt-Koordinaten:

①	H = 180°	R = 45 mm
②	H = 120°	R = 45 mm
③	H = 60°	R = 45 mm
④	H = 0°	R = 45 mm
⑤	H = 300°	R = 45 mm
⑥	H = 240°	R = 45 mm

Frästiefe: $Z_F = -10$ mmWerkzeug-Radius: $R = 5$ mm**Bearbeitungsprogramm**

```

%S530I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil definieren
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+17 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S3200 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 I+50 J+50 * ..... Pol setzen
N70 G10 R+70 H-190 * ..... Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene mit Polar-
..... koordinaten
N80 Z-10 M03 * ..... Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N90 G11 G41 R+45 H+180 F100 * ..... Konturpunkt 1 anfahren
N100 H+120 * ..... Konturpunkt 2 anfahren
N110 H+60 * ..... Konturpunkt 3 anfahren
N120 G91 H-60 * ..... Konturpunkt 4 anfahren, inkremental
N130 G90 H-60 * ..... Konturpunkt 5 anfahren, absolut
N140 H+240 * ..... Konturpunkt 6 anfahren
N150 H+180 * ..... Konturpunkt 1 anfahren
N160 G10 G40 R+70 H+170 * ..... Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N170 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren
N99999 %S530I G71 *

```

Kreisbahn G12/G13/G15 um Pol I, J, K

Der Polarkoordinaten-Radius ist gleichzeitig Radius des Kreisbogens und durch den Abstand des Startpunkts (S) vom POL festgelegt.

Eingabe

- Polarkoordinaten-Winkel H für Kreisbogen-Endpunkt



- Für H können Werte von -5400° bis $+5400^\circ$ eingegeben werden.

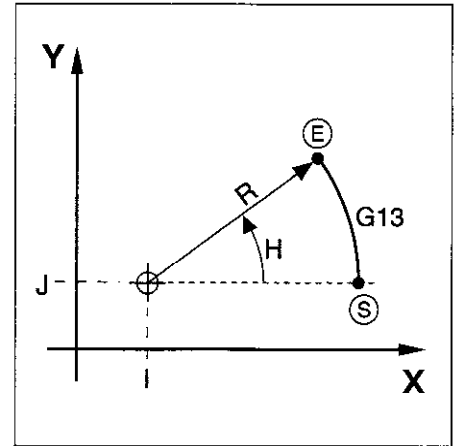


Abb. 5.38: Kreisbahn um einen Pol

Festlegung der Drehrichtung

Drehrichtung

- im Uhrzeigersinn G12
- im Gegenuhrzeigersinn G13
- ohne Drehrichtungsangabe G15

Es wird die zuletzt programmierte Drehrichtung gefahren.

	Kreis polar im Uhrzeigersinn
	Winkel für Kreisbogen-Endpunkt eingeben, z.B. H = 30° Satz abschließen

Eingabe, falls nötig:

Radiuskorrektur R
Vorschub F
Zusatz-Funktion M

NC-Satz: z.B. G12 H30 *

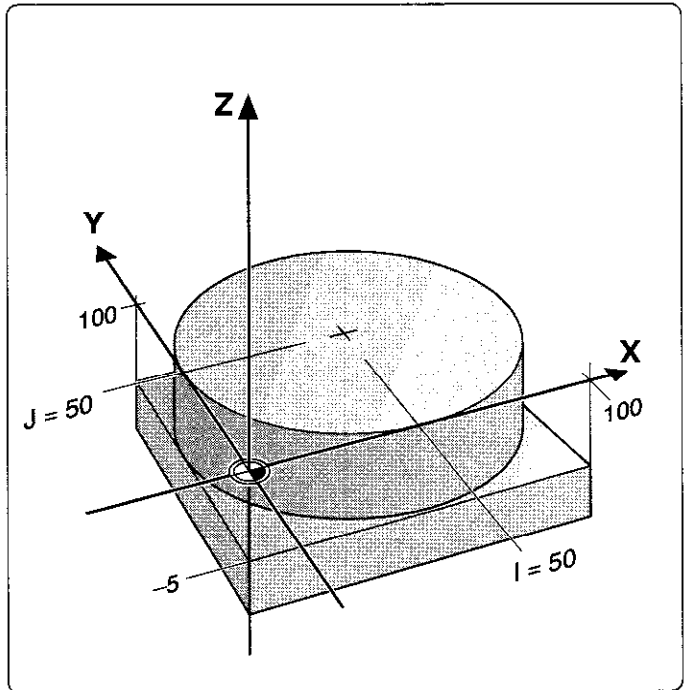
Übungsbeispiel: Vollkreis fräsen

Kreismittelpunkts-
Koordinaten: X = 50 mm
Y = 50 mm

Radius: R = 50 mm

Frästiefe: Z_F = -5 mm

Werkzeug-Radius: R = 15 mm

**Bearbeitungsprogramm**

%S532I G71 *	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *	
N30 G99 T25 L+0 R+15 *	Werkzeug-Definition
N40 T25 G17 S1500 *	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 I+50 J+50 *	Pol setzen
N70 G10 R+70 H+280 *	Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene mit Polarkoordinaten
N80 Z-5 M03 *	Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N90 G11 G41 R+50 H-90 F100 *	Kontur anfahren mit Radiuskorrektur und Bearbeitungsvorschub
N100 G26 R10 *	Weiches (tangentes) anfahren
N110 G12 H+270 *	Kreis zum Endpunkt H = 270°, negativer Drehsinn
N120 G27 R10 *	Weiches (tangentes) wegfahren
N130 G10 G40 R+70 H-110 *	Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N140 Z+100 M02 *	Zustellachse freifahren
N99999 %S532I G71 *	

Kreisbahn G16 mit tangentialem Anschluß

Das Werkzeug verfährt auf einer Kreisbahn, die tangential (bei ②) an ein vorhergegangenes Konturelement anschließt (① bis ②).

Eingabe:

- Polarkoordinaten-Winkel H des Kreisbogen-Endpunkts (E)
- Polarkoordinaten-Radius R des Kreisbogen-Endpunkts (E)

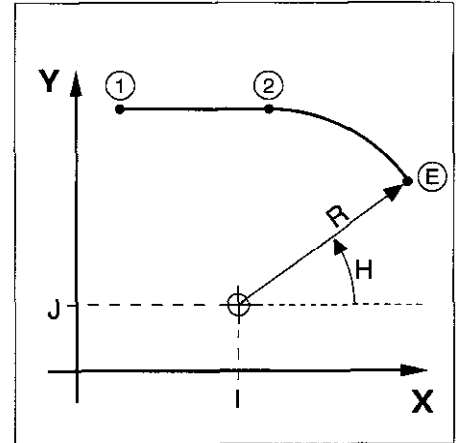


Abb. 5.39: Kreisbahn um einen Pol mit tangentialem Anschluß



- Die Übergangspunkte müssen genau bestimmt sein.
- Der POL ist nicht der Mittelpunkt des Konturkreises.

G 1 6	Kreis polar mit tangentialem Anschluß
R 1 0	Abstand des Kreisbogen-Endpunkts zum Pol eingeben, z.B. R = 10 mm
H 8 0 END □	Winkel von Winkelbezugsachse zu R eingeben, z.B. H = 80° Satz abschließen

Eingabe, falls nötig:

Radiuskorrektur R
Vorschub F
Zusatzfunktion M

NC-Satz: z.B. G16 R+10 H+80 *

Schraubenlinie (Helix)

Wenn das Werkzeug auf einer Schraubenlinie verfährt, wird einer Kreisbahn in einer Hauptebene eine Gerade senkrecht zu dieser Ebene überlagert.

Die Schraubenlinie wird nur in Polarkoordinaten programmiert.

Einsatzbereich

Auf Schraubenlinien werden Formfräser verfahren für:

- Innen- und Außengewinde mit größeren Durchmessern
- Schmiernuten

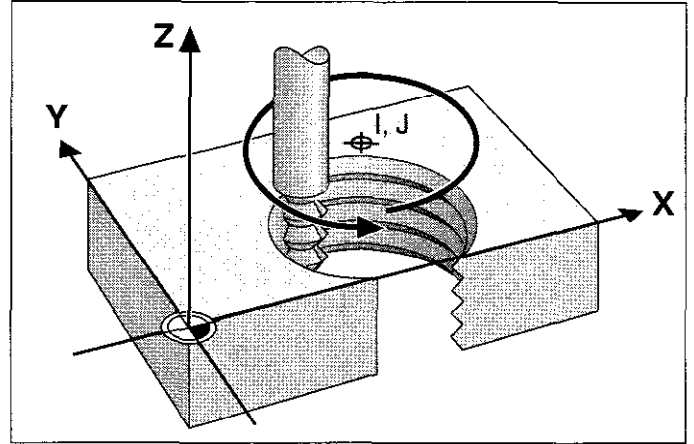


Abb. 5.40: Schraubenlinie: Überlagerung von Kreisbahn und Gerade

Eingabe

- Inkrementaler Gesamtwinkel, den das Werkzeug auf der Schraubenlinie verfährt
- Gesamthöhe der Schraubenlinie

Eingabewinkel

Den inkrementalen Polarkoordinaten-Winkel G91 H bestimmt man wie folgt:

$$H = n \cdot 360^\circ$$

n = Anzahl der Umläufe des Werkzeugs auf der Schraubenlinie

Für G91 H kann ein Wert von -5400° bis $+5400^\circ$ (entspricht n = 15) eingegeben werden.

Eingabehöhe

Die Höhe h der Schraubenlinie wird bezogen auf die Werkzeugachse eingegeben. Die Höhe wird folgendermaßen bestimmt:

$$h = n \times P$$

n = Anzahl der Gewindegänge

P = Steigung




Radiuskorrektur

Die Radiuskorrektur für die Schraubenlinie wird gemäß nebenstehender Tabelle eingegeben.

Innengewinde	Arbeitsrichtung	Drehsinn	Radiuskorrektur
rechtsgängig	Z+	G13	G41
linksgängig	Z+	G12	G42
rechtsgängig	Z-	G12	G42
linksgängig	Z-	G13	G41
Außengewinde	Arbeitsrichtung	Drehsinn	Radiuskorrektur
rechtsgängig	Z+	G13	G42
linksgängig	Z+	G12	G41
rechtsgängig	Z-	G12	G41
linksgängig	Z-	G13	G42

Abb. 5.41: Die Form der Schraubenlinie bestimmt Drehsinn und Radiuskorrektur

Schraubenlinie programmieren

	Schraubenlinie im Uhrzeigersinn
	Gesamtwinkel eingeben, den das Werkzeug auf der Schraubenlinie inkremental verfahren soll, z.B. H = 1080°.
	Höhe der Schraubenlinie in der Werkzeugachse ebenfalls inkremental eingeben, z.B. Z = 4,5 mm. Satz abschließen.

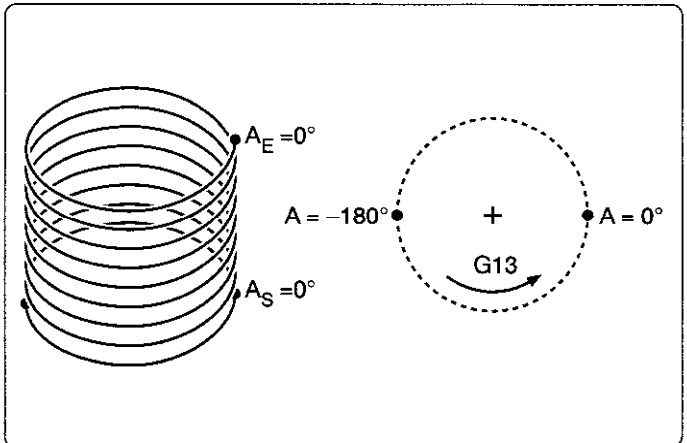
Eingabe, falls nötig:

Radiuskorrektur
Vorschub F
Zusatzfunktion M

*NC-Satz: z.B. G12 G91 H+1080 Z+4,5 **

Übungsbeispiel: Gewindefräsen**Vorgaben**

Gewinde:
 Rechtsgängiges Innengewinde M64 x 1,5
 Steigung P: 1,5 mm
 Anfangswinkel A_S : 0°
 Endwinkel A_E : $360^\circ = 0^\circ$ bei $Z_E = 0$
 Anzahl Gänge n_G : 8
 Gangüberlauf
 • am Gewindeanfang n_S : 0,5
 • am Gewindeende n_E : 0,5
 Anzahl Schnitte: 1

**Bestimmung der Eingabewerte**

- Gesamthöhe h: $H = P \cdot n$
 $P = 1,5 \text{ mm}$
 $n = n_G + n_A + n_E = 9$
 $h = 13,5 \text{ mm}$
- Inkrementaler Polarkoordinaten-Winkel H: $H = n \cdot 360^\circ$
 $n = 9$ (siehe Gesamthöhe H)
 $IPA = 360^\circ \cdot 9 = 3240^\circ$
- Anfangswinkel A_S mit Gangüberlauf n_S : $n_S = 0,5$
 Der Anfangswinkel der Schraubenlinie wird um 180° vorverlegt ($n = 1$ entspricht 360°). Das bedeutet bei positivem Drehsinn A_S mit $n_S = A_S - 180^\circ = -180^\circ$
- Anfangskoordinate: $Z = P \cdot (n_G + n_S)$
 $= -1,5 \cdot 8,5 \text{ mm}$
 $= -12,75 \text{ mm}$

Da das Gewinde von unten nach $Z_E = 0$ gefräst wird, ist Z_S negativ.

Bearbeitungsprogramm

```
%S536I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T11 L+0 R+5 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T11 G17 S2500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X+50 Y+30 * ..... Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene in die Bohrungsmitte
N70 G29 * ..... Position als Pol übernehmen
N80 Z-12 M03 * ..... Werkzeug auf Starttiefe fahren
N90 G11 G41 R+32 H-180 F100 * ..... Kontur anfahren mit Radiuskorrektur und Bearbeitungsvorschub
N100 G13 G91 H+3240 Z+13,5 F200 * Schraubenlinien-Interpolation; Winkel und Bewegung in der
      Zustellachse inkremental
N110 G00 G40 G90 X+50 Y+30 * ..... Kontur verlassen(absolut), Radiukorrektur aufheben
N120 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren
N99999 %S536I G71 *
```

5.6 Zusatz-Funktionen für Bahnverhalten und Koordinatenangaben

Mit den folgenden Zusatz-Funktionen kann das Standard-Verhalten der TNC bei bestimmten Bearbeitungs-Situationen gewollt geändert werden:

- Ecken verschleifen
- Rundungskreise an nicht-tangentialen Geradenübergängen einfügen
- Kleine Konturstufen bearbeiten
- Offene Konturecken bearbeiten
- Maschinenbezogene Koordinaten eingeben

Ecken verschleifen: M90

Standardverhalten – ohne M90

Das Werkzeug wird an eckigen Übergängen, wie Innenecken und bei Positionierungen ohne Radiuskorrektur, kurz angehalten.

Folge:

- Schonung der Maschinenmechanik
- Scharfe Ausbildung der Konturecken (außen)

Anmerkung:

Bei Programmsätzen mit Radiuskorrektur (G41/G42) fügt die TNC an Außenecken automatisch einen Übergangskreis ein.

Ecken verschleifen mit M90

Das Werkzeug wird an eckigen Übergängen mit konstanter Bahngeschwindigkeit geführt.

Folge:

- Ecken verschleifen - Werkstückoberfläche wird glatter
- Bearbeitungszeit verringert sich

Anwendungsbeispiel:

Flächen aus kurzen Geradenstücken.

Wirkungsdauer

Betrieb mit Schleppabstand muß angewählt sein. Die Zusatz-Funktion M90 wirkt nur in den Programmsätzen, in denen sie steht.

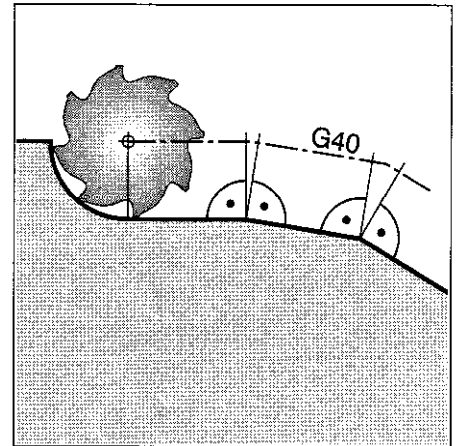


Abb. 5.42: Standard-Fahrverhalten bei G40 ohne M90

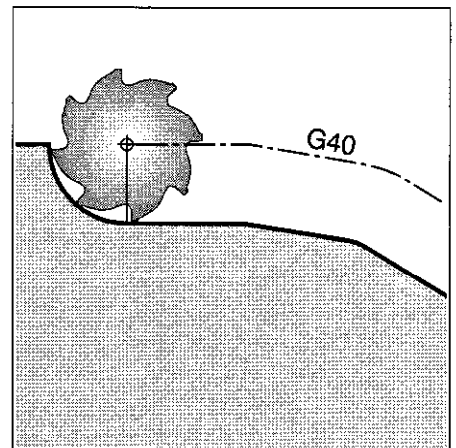


Abb. 5.43: Fahrverhalten bei G40 mit M90



Unabhängig von M90 kann über MP7460 (siehe S. 11-13) ein Grenzwert festgelegt werden, bis zu dem noch mit konstanter Bahngeschwindigkeit verfahren wird (gilt für Betrieb mit Schleppabstand und Geschwindigkeits-Vorsteuerung).

Kleine Konturstufen bearbeiten: M97

Standardverhalten – ohne M97

Die TNC fügt an der Außenecke einen Übergangskreis ein. Bei sehr kleinen Konturstufen würde das Werkzeug dadurch die Kontur beschädigen. Daher unterbricht die TNC an solchen Stellen den Programmlauf und gibt die Fehlermeldung WERKZEUG-RADIUS ZU GROSS aus.

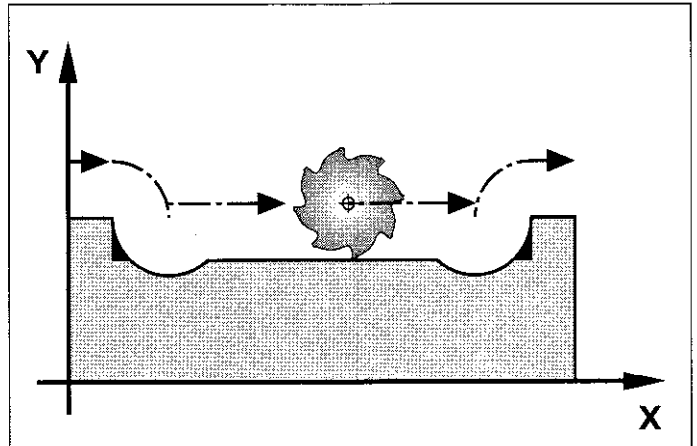


Abb. 5.44: Standard-Fahrverhalten ohne M97, wenn die Steuerung keine Fehlermeldung ausgeben würde

Konturstufen bearbeiten – mit M97

Die TNC ermittelt einen Bahnschnittpunkt \odot (siehe Bild) für die Konturelemente – wie bei Innenecken – und fährt das Werkzeug über diesen Punkt. M97 wird in dem Satz programmiert, in dem der Außeneckpunkt angefahren wird.

Wirkungsdauer

Die Zusatz-Funktion M97 wirkt nur in den Programmsätzen, in denen sie steht.

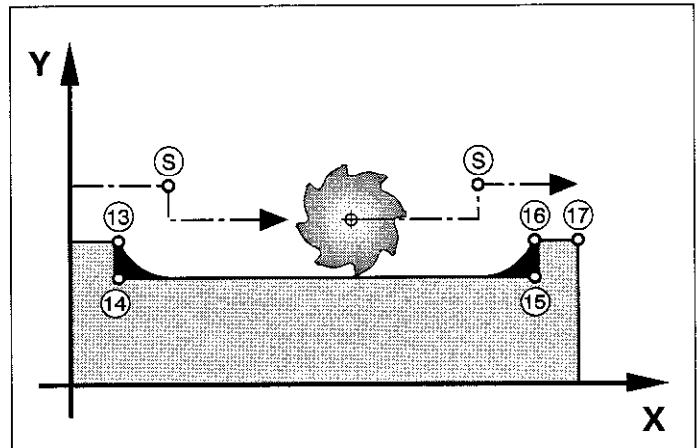


Abb. 5.45: Fahrverhalten mit M97



Die Konturecke wird mit M97 nur unvollständig bearbeitet. Eventuell muß sie mit einem Werkzeug mit kleinerem Radius nachbearbeitet werden.

Programm-Schema

```

.
.
.
N5   G99 L ... R+20 ..... Großer Werkzeug-Radius
.
.
.
N20  G01 X ... Y ... M97 ..... Konturpunkt 13 anfahren
N30  G91 Y-0,5 ..... Kleine Konturstufe 13-14 bearbeiten
N40  X+100 ..... Konturpunkt 15 anfahren
N50  Y+0,5 M97 ..... Kleine Konturstufe 15-16 bearbeiten
N60  G90 X ... Y ..... Konturpunkt 17 anfahren
.
.
.

```

In den Sätzen N20 und N50 werden die Kontur-Außenpunkte angefahren:
In diesen Sätzen wird M97 programmiert.

Offene Konturrecken vollständig bearbeiten: M98

Standardverhalten – ohne M98

Die TNC ermittelt an Innenecken den Schnittpunkt \odot der Fräserbahnen und fährt das Werkzeug ab diesem Punkt in die neue Richtung. Dieses Verhalten führt zu einer unvollständigen Bearbeitung, wenn die Kontur an den Ecken offen ist.

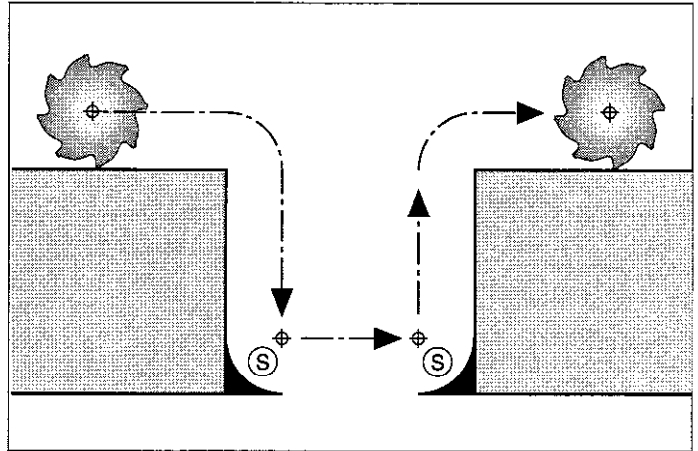


Abb. 5.46: Verfahrwege ohne M98

Offene Konturen vollständig bearbeiten – mit M98

Mit der Zusatz-Funktion M98 fährt die TNC das Werkzeug so weit, daß jeder Konturpunkt tatsächlich bearbeitet wird.

Wirkungsdauer

Die Zusatz-Funktion M98 wirkt nur in den Programmsätzen, in denen sie steht.

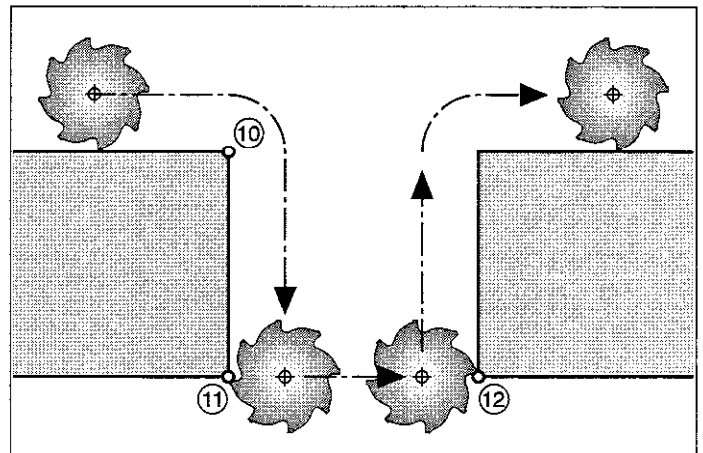


Abb. 5.47: Verfahrwege mit M98

Programm-Schema

```

.
.
.
N10 X ... Y ... G41 F ..... Konturpunkt 10 anfahren
N20 X ... Y... M98 ..... Konturpunkt 11 bearbeiten
N30 X + ..... Konturpunkt 12 anfahren
.
.
.

```

Maschinenbezogene Koordinaten programmieren M91/M92

Standardverhalten

Koordinaten beziehen sich auf den Werkstück-Nullpunkt (siehe S. 1-12).

Maßstab-Nullpunkt

Auf den Maßstäben sind eine oder mehrere Referenzmarken angebracht. Eine Referenzmarke legt die Position des Maßstab-Nullpunkts fest. Besitzt der Maßstab nur eine Referenzmarke, dann ist sie der Maßstab-Nullpunkt. Besitzt der Maßstab mehrere - abstandscodierte - Referenzmarken, dann wird der Maßstab-Nullpunkt durch die linke äußerste Referenzmarke (Beginn des Meßwegs) festgelegt.

Maschinen-Nullpunkt – Zusatz-Funktion M91

Der Maschinen-Nullpunkt wird für folgende Aufgaben benötigt:

- Verfahrbereichs-Begrenzungen (Software-Endschalter) setzen
- maschinenfeste Positionen (z. B. Werkzeugwechsel-Position) anfahren
- Werkstück-Bezugspunkt setzen

Der Maschinen-Hersteller gibt für jede Achse den Abstand des Maschinen-Nullpunkts vom Maßstab-Nullpunkt in einen Maschinen-Parameter ein.

Sollen sich Koordinaten in Positioniersätzen auf den Maschinen-Nullpunkt beziehen, wird in diesen Sätzen jeweils die Zusatz-Funktion M91 eingegeben.

Angezeigt werden Koordinaten bezogen auf den Maschinen-Nullpunkt mit der Koordinaten-Anzeige REF.

Maschinen-Bezugspunkt – Zusatz-Funktion M92

Außer dem Maschinen-Nullpunkt kann der Maschinen-Hersteller noch eine weitere maschinenfeste Position (Maschinen-Bezugspunkt) festlegen.

Der Maschinen-Hersteller gibt für jede Achse den Abstand des Maschinen-Bezugspunkts vom Maschinen-Nullpunkt ein.

Sollen sich Koordinaten in Positioniersätzen auf den Maschinen-Bezugspunkt beziehen, wird in diesen Sätzen die Zusatz-Funktion M92 eingegeben.

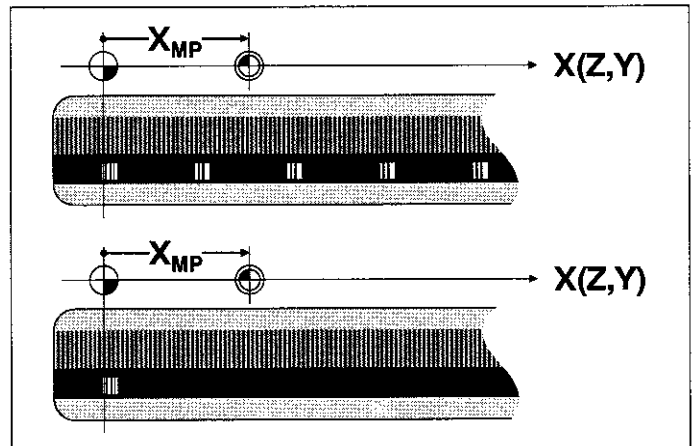


Abb. 5.48: Maßstab- \oplus und Maschinen-Nullpunkt \ominus bei Maßstäben mit einer oder mehreren Referenzmarken



Auch wenn Koordinaten mit M91 oder M92 programmiert werden, werden die Werte für die Radiuskorrektur berücksichtigt.

Werkstück-Bezugspunkt

Die Position des Bezugspunkts für die Werkstück-Koordinaten wird in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB festgelegt (siehe S. 2-6). Dabei werden direkt die Koordinaten des Bezugspunkts für die Bearbeitung eingegeben.

Sollen sich Koordinaten immer auf den Maschinen-Nullpunkt oder den Maschinen-Bezugspunkt beziehen, so kann das Bezugspunkt-Setzen für eine oder mehrere Achsen gesperrt werden.

Ist das Bezugspunkt-Setzen für alle Achsen gesperrt, zeigt die TNC den Softkey DATUM SET in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB nicht mehr an.

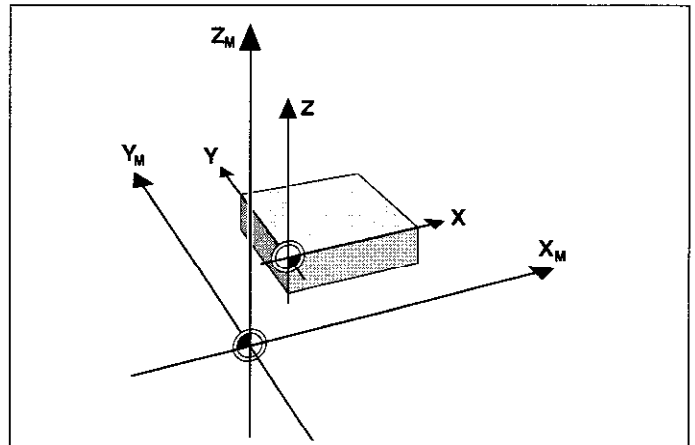




Abb. 5.49: Maschinen-  und Werkstück-Nullpunkt 

Vorschubfaktor für Eintauchbewegungen: M103 F...

Standardverhalten – ohne M103 F...

Die TNC verfährt das Werkzeug unabhängig von der Bewegungsrichtung mit dem zuletzt programmierten Vorschub.

Vorschub beim Eintauchen reduzieren – mit M103 F...

Die TNC reduziert den Bahnvorschub bei Bewegungen in negativer Richtung der Werkzeugachse. Dabei wird der Vorschubanteil der Werkzeugachse auf einen Wert begrenzt, den die TNC aus dem zuletzt programmierten Vorschub errechnet:

$$F_{ZMAX} = F_{PROG} * F_{\%}$$

F_{ZMAX} : Maximaler Vorschub in Richtung der negativen Werkzeugachse
 F_{PROG} : Zuletzt programmierter Vorschub
 $F_{\%}$: Programmierter Faktor hinter M103 in %

Wirkungsdauer

M103 F... wird aufgehoben durch erneute Eingabe von M103 ohne Faktor.

Beispiel:

Vorschub beim Eintauchen 20 % des Ebenenvorschubs

	Tatsächlicher Bahnvorschub [mm/min] bei Override 100%
.	
.	
.	
G01 G41 X+20 Y+20 F500 M103 F20	500
Y+50	500
G91 Z-2,5	100
Y+5 Z-5	367
X+50	500
G90 Z+5	500

Vorschubgeschwindigkeit bei Kreisbögen: M109/M110/M111

Standardverhalten – M111

Die programmierte Vorschubgeschwindigkeit bezieht sich auf die Werkzeug-Mittelpunktsbahn.

Konstante Bahngeschwindigkeit bei Kreisbögen (Vorschub-Erhöhung und -Reduzierung) – M109

Die TNC reduziert bei einer Innenbearbeitung den Vorschub bei Kreisbögen automatisch soweit, daß er an der Werkzeugschneide konstant bleibt. Bei einer Außenbearbeitung wird der Vorschub bei Kreisbögen entsprechend erhöht.

Konstante Bahngeschwindigkeit bei Kreisbögen (nur Vorschub-Reduzierung) – M110

Die TNC reduziert ausschließlich bei einer Innenbearbeitung den Vorschub bei Kreisbögen. Bei der Außenbearbeitung von Kreisbögen erfolgt keine Vorschub-Anpassung.

Rundungskreis zwischen Geradenstücken einfügen: M112 E...

Standardverhalten – ohne M112 E...

Eine aus vielen kurzen Geradenstücken zusammengesetzte Kontur wird so abgearbeitet, daß die Ecken exakt angefahren werden.

Rundungskreis zwischen Geradenstücke einfügen – mit M112 E...

Die TNC fügt zwischen Geradenstücke Rundungskreise ein. Die Größe des Rundungskreises ist ein maschinenabhängiger Wert. Er wird von der TNC so berechnet, daß der programmierte Bahnvorschub (Override-Stellung 100%) an der (verrundeten) Ecke konstant bleibt. Ist dies nicht möglich, reduziert die TNC den Vorschub automatisch.

Durch die Eingabe eines Toleranzwertes über den Faktor E wird festgelegt, wie groß die Abweichung von der programmierten Kontur an der Ecke sein darf. Ggf. reduziert die TNC den Vorschub soweit, daß die vorgegebene Toleranz eingehalten wird.

Wirkungsdauer

M112 E... wirkt im Betrieb mit Geschwindigkeits-Vorsteuerung und im Schleppbetrieb. M112 E.. wird mit M113 rückgesetzt.

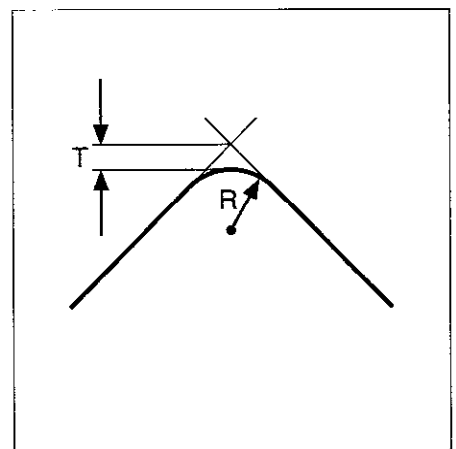


Abb. 5.50: Zulässige Abweichung E von der programmierten Kontur

Automatische Korrektur der Maschinengeometrie beim Arbeiten mit Schwenkachsen: M114 (nicht TNC 407)

Standardverhalten – ohne M114

Die TNC verfährt das Werkzeug auf die im Bearbeitungsprogramm festgelegten Positionen. Der aus der Maschinen-Geometrie resultierende Versatz des Werkzeugs bei Schwenkachsen muß dabei von einem Postprozessor berücksichtigt werden.

Maschinengeometrie automatisch korrigieren – mit M114

Die TNC kompensiert den Versatz des Werkzeugs (in Abb. 5.60 z.B. dx und dz), der aus der Positionierung von Schwenkachsen resultiert. Es wird eine 3D-Längenkorrektur durchgeführt. Die Radiuskorrektur muß vom CAD-System bzw. vom Postprozessor verrechnet werden. Eine programmierte Radiuskorrektur (RL oder RR) führt zur Fehlermeldung NICHT ERLAUBTER NC-SATZ.

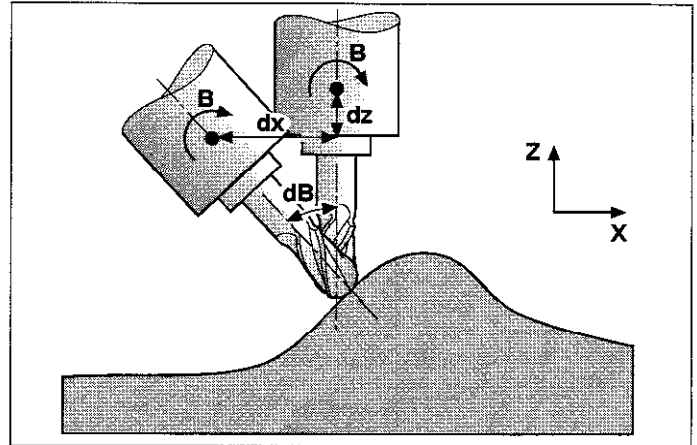


Abb. 5.60: Versatz des Werkzeug-Bezugspunktes beim Schwenken des Werkzeugs

Beim Erstellen des NC-Programmes durch einen Postprozessor muß die Maschinengeometrie somit nicht berücksichtigt werden.

Wird die Werkzeug-Längenkorrektur von der TNC vorgenommen, bezieht sich der programmierte Vorschub auf die Werkzeugspitze, ansonsten auf den Werkzeug-Bezugspunkt.

Wirkungsdauer

M114 wird durch M115 oder durch den Satz N99 999 rückgesetzt.



Die Maschinengeometrie muß vom Maschinen-Hersteller in den Maschinen-Parametern 7510 und folgenden festgelegt sein.

Vorschub in mm/min bei Winkelachsen A, B, C: M116

Standardverhalten – ohne M116

Die TNC interpretiert den programmierten Vorschub bei einer Winkelachse in Grad/min. Der Bahnvorschub ist also abhängig von der Entfernung des Werkzeug-Mittelpunktes zum Winkelachsen-Zentrum. Je größer diese Entfernung wird, desto größer wird der Bahnvorschub.

Vorschub in mm/min bei Winkelachsen – mit M116

Die TNC interpretiert den programmierten Vorschub bei einer Winkelachse in mm/min. Der Bahnvorschub ist also unabhängig von der Entfernung des Werkzeug-Mittelpunktes zum Winkelachsen-Zentrum.

Wirkungsdauer

M116 wirkt bis zum Programm-Ende (Satz END PGM) und wird dann automatisch aufgehoben.



Die Maschinengeometrie muß vom Maschinen-Hersteller in den Maschinen-Parametern 7510 und folgenden festgelegt sein.

Handrad-Positionierung während des Programmlaufs überlagern: M118 X... Y... Z...

Standardverhalten – ohne M118

Die TNC verfährt das Werkzeug in den Programmlauf-Betriebsarten wie im Bearbeitungs-Programm festgelegt.

Handrad-Positionierungen überlagern – mit M118 X... Y... Z...

Die Funktion M118 erlaubt parallel zum Programmlauf manuelle Korrekturen mit dem Handrad durchzuführen. Die Bandbreite dieser überlagerten Bewegung wird in einem achsspezifischen Wert X, Y, und Z hinter M118 eingegeben (Einheit mm).

Wirkungsdauer

M118 X... Y... Z... wird durch erneute Eingabe von M118 ohne die Werte X, Y und Z wieder aufgehoben.

Beispiel:

Während des Programmlaufs soll mit dem Handrad in der Bearbeitungsebene X/Y ± 1 mm verfahren werden können.

NC-Satz: L X+0 Y+38,5 RL F125 M118 X1 Y1

5.7 Positionieren mit Handeingabe: Systemdatei \$MDI

In der Betriebsart POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE wird die System-Datei \$MDI.I (bzw. \$MDI.H) programmiert und ausgeführt. \$MDI wird wie jedes andere Bearbeitungsprogramm auch programmiert.

Anwendungsbeispiele:

- Vorpositionieren
- Planfräsen

System-Datei \$MDI programmieren



POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE

Betriebsart Positionieren mit Handeingabe anwählen

\$MDI beliebig programmieren

System-Datei \$MDI ausführen



POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE

Betriebsart POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE anwählen



Programmlauf starten



Die Systemdatei \$MDI darf keinen Programm-Aufruf (%-Satz oder Aufruf über Zyklus) enthalten.

Anwendungsbeispiel

Werkstück-Schiefelage bei Maschinen mit Rundtisch beseitigen

Vorbereitung:

Grunddrehung mit 3D-Tastsystem durchführen; DREHWINKEL notieren und Grunddrehung wieder aufheben.

- Betriebsart umschalten

**POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE**

System-Datei \$MDI öffnen

- Drehung programmieren



- Rundtisch-Achse anwählen
- notierten DREHWINKEL eingeben



Eingabe abschließen



Schiefelage wird durch Drehung des Rundtischs beseitigt

6 Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

- 6.1 Unterprogramme 6-2**
 - Arbeitsweise 6-2
 - Programmier-Hinweise 6-2
 - Unterprogramm programmieren und aufrufen 6-3

- 6.2 Programmteil-Wiederholungen 6-5**
 - Arbeitsweise 6-5
 - Programmier-Hinweise 6-5
 - Programmteil-Wiederholung programmieren und aufrufen 6-5

- 6.3 Hauptprogramm als Unterprogramm 6-8**
 - Arbeitsweise 6-8
 - Programmier-Hinweise 6-8
 - Hauptprogramm als Unterprogramm aufrufen 6-8

- 6.4 Verschachtelungen 6-9**
 - Verschachtelungs-Tiefe 6-9
 - Unterprogramm im Unterprogramm 6-9
 - Programmteil-Wiederholungen wiederholen 6-11
 - Unterprogramm wiederholen 6-12

6 Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen

Einmal programmierte Bearbeitungsschritte lassen sich mit Unterprogrammen und Programmteil-Wiederholungen wiederholt ausführen.

Label

Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen werden durch LABEL (engl. für Marke, Kennzeichnung) gekennzeichnet.

LABEL werden mit einer Nummer zwischen 0 und 254 benannt. Jede LABEL-Nummer (außer 0) darf im Programm nur einmal mit G98 vergeben werden.

LABEL 0 kennzeichnet das Unterprogramm-Ende.

6.1 Unterprogramme

Arbeitsweise

Das (Haupt-) Programm wird bis zum Aufruf eines Unterprogramms (Satz mit Ln,0) ausgeführt (①).

Anschließend wird das Unterprogramm bis zu seinem Ende (G98 L0) ausgeführt (②).

Das Hauptprogramm wird danach mit dem Satz hinter dem Unterprogramm-Aufruf fortgeführt (③).

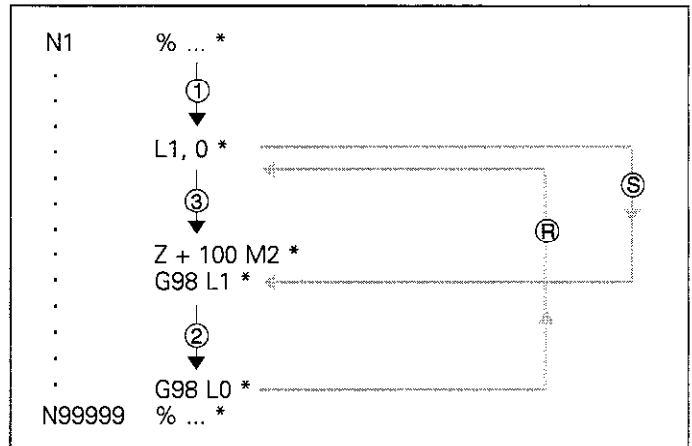



Abb. 6.1: Arbeitsablauf bei Unterprogrammen;
 (S) = Sprung, (R) = Rücksprung

Programmier-Hinweise

- Ein Hauptprogramm kann bis zu 254 Unterprogramme enthalten.
- Unterprogramme dürfen in beliebiger Reihenfolge beliebig oft aufgerufen werden.
- Ein Unterprogramm darf sich nicht selbst aufrufen.
- Unterprogramme sollten ans Ende des Hauptprogramms (hinter dem Satz mit M2 bzw. M30) programmiert werden.
- Stehen Unterprogramme im Programm vor dem Satz mit M02 oder M30, so werden sie auch ohne Aufruf mindestens einmal abgearbeitet.

Unterprogramm programmieren und aufrufen**Anfang kennzeichnen**


	Funktion Label-Setzen wählen.
---	-------------------------------


LABEL-NUMMER?	
z.B. 	Unterprogramm beginnt bei z.B. LABEL 5

NC-Satz: z.B. G98 L5 *

Ende kennzeichnen

Ein Unterprogramm endet immer mit dem LABEL 0.


	Funktion Label-Setzen wählen.
---	-------------------------------

LABEL-NUMMER?	
	Unterprogramm-Ende

NC-Satz: G98 L0 *

Unterprogramm aufrufen

Ein Unterprogramm wird mit seiner LABEL-NUMMER aufgerufen.

	Unterprogramm hinter LBL 5 wird aufgerufen
---	--

NC-Satz: z.B. L5,0 *



Der Befehl L0,0 (entspricht Aufruf des Unterprogramm-Endes) ist nicht erlaubt.

Übungsbeispiel: Gruppen mit vier Bohrungen an drei Stellen des Werkstücks

Die Bohrbearbeitung wird mit dem Zyklus G83 TIEFBOHREN programmiert. Bohrtiefe, Sicherheitsabstand, Bohrvorschub usw. werden im Zyklus definiert. Mit der Zusatz-Funktion M99 wird der Zyklus aufgerufen (siehe S. 8-3).

Koordinaten der ersten Bohrung jeder Gruppe:

Gruppe ① X = 15 mm Y = 10 mm

Gruppe ② X = 45 mm Y = 60 mm

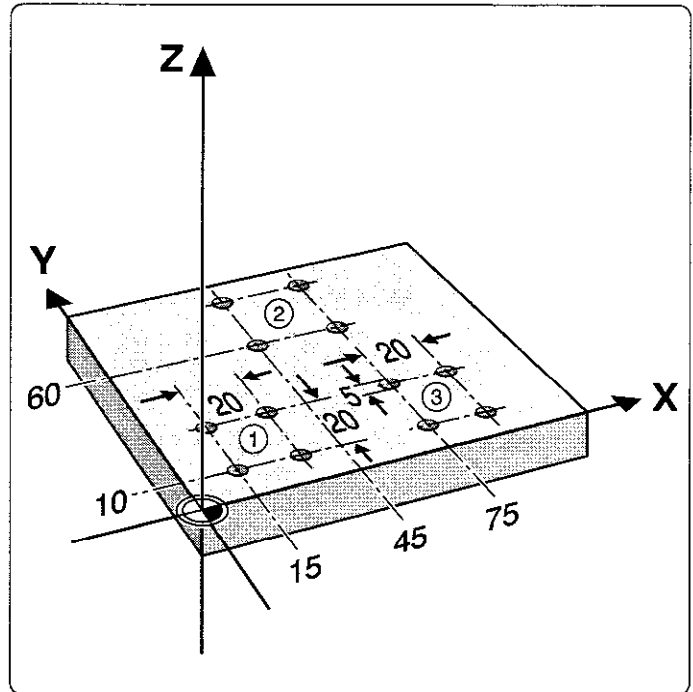
Gruppe ③ X = 75 mm Y = 10 mm

Abstand der

Bohrungen: X = 20 mm
Y = 20 mm

Bohrtiefe (TIEFE): Z = 10 mm

Bohrungs-
durchmesser: \varnothing = 5 mm

**Bearbeitungsprogramm**

```
%S64I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+2,5 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S3500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G83 P01 -2 P02 -10 P03 -5 P04 0
P05 100 * ..... Zyklus-Definition Tiefbohren (siehe S.8-5)
N60 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N70 X+15 Y+10 * ..... Bohrungsgruppe 1 anfahren
N80 Z+2 M03 * ..... Vorpositionieren in der Zustellachse
N90 L1,0 * ..... Unterprogramm aufrufen (mit Satz N90 wird das
Unterprogramm ausgeführt)
N100 X+45 Y+60 * ..... Bohrungsgruppe 2 anfahren
N110 L1,0 * ..... Unterprogramm aufrufen
N120 X+75 Y+10 * ..... Bohrungsgruppe 3 anfahren
N130 L1,0 * ..... Unterprogramm aufrufen
N140 Z+100 M02 * ..... Zustell-Achse freifahren;
Ende des Hauptprogramms (M2); hinter M2 wird
das Unterprogramm eingegeben
N150 G98 L1 * ..... Unterprogramm-Anfang
N160 G79 * ..... Tiefbohrzyklus für erste Bohrung ausführen
N170 G91 X+20 M99 * ..... Zweite Bohrung inkremental anfahren und bohren
N180 Y+20 M99 * ..... Dritte Bohrung inkremental anfahren und bohren
N190 X-20 G90 M99 * ..... Vierte Bohrung inkremental anfahren und bohren;
umschalten auf Absolut-Koordinaten(G90)
N200 G98 L0 * ..... Unterprogramm-Ende
N99999 %S64I G71 * ..... Programm-Ende
```

6.2 Programmteil-Wiederholungen

Programmteil-Wiederholungen werden, ähnlich wie Unterprogramme, mit LABELs gekennzeichnet.

Arbeitsweise

Das Programm wird bis zum Ende des Programmteils (Satz mit Ln,m) ausgeführt (①, ②).

Anschließend wird der Programmteil zwischen dem aufgerufenen LABEL und dem Labelaufruf so oft wiederholt, wie unter m angegeben ist (③, ④).

Nach der letzten Wiederholung wird das Programm fortgesetzt (⑤).

Programmier-Hinweise

- Ein Programmteil kann bis zu 65 534 mal hintereinander wiederholt werden.
- Programmteile werden immer einmal häufiger ausgeführt, als Wiederholungen programmiert sind.

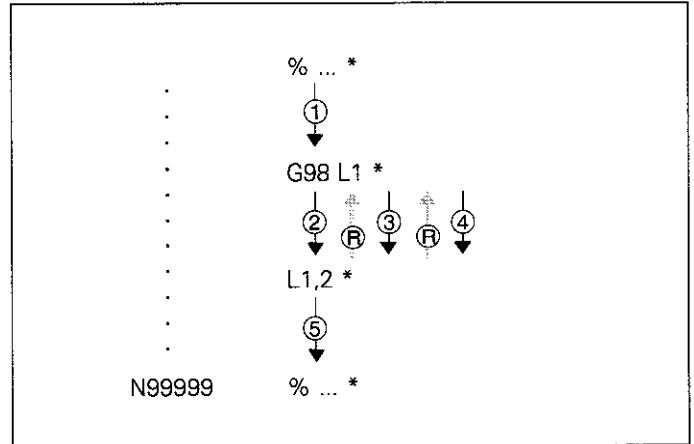


Abb. 6.2: Arbeitsablauf bei Programmteil-Wiederholungen; (R) = Rücksprung

Programmteil-Wiederholung programmieren und aufrufen

Anfang kennzeichnen

	Funktion Label-Setzen wählen.
--	-------------------------------

LABEL-NUMMER?	
z.B.	Programmteil ab diesem LABEL wird wiederholt, z.B. ab LABEL 7

NC-Satz: z.B. G98 L7 *

Anzahl der Wiederholungen

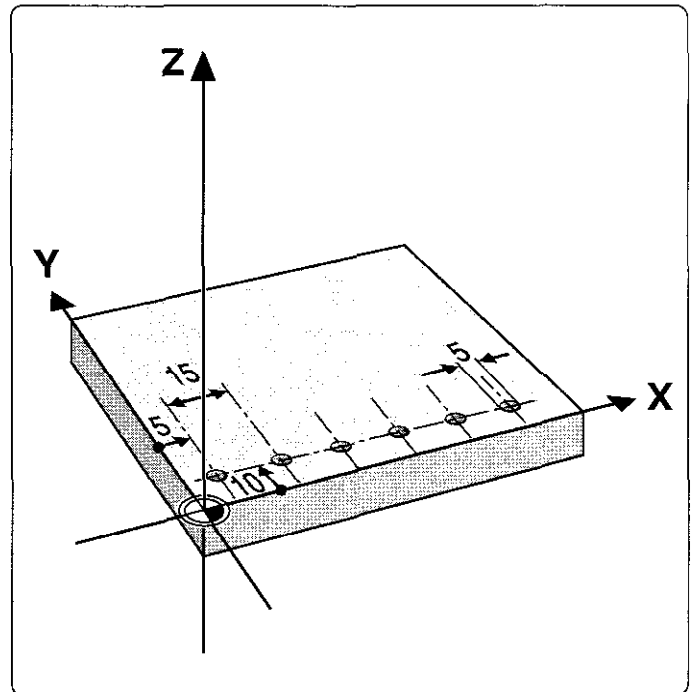
Die Anzahl der Wiederholungen wird in dem Satz festgelegt, der auch die Programmteil-Wiederholung aufruft. Dieser Satz kennzeichnet gleichzeitig das Programmteil-Ende.

	Programmteil ab z.B. LABEL 7 wird bis zu diesem Satz z.B. 10 mal wiederholt, also insgesamt 11 mal ausgeführt
--	---

NC-Satz: z.B. L7,10 *

Übungsbeispiel: Lochreihe parallel zur X-Achse

Koordinaten			
1. Bohrung:	X	=	5 mm
	Y	=	10 mm
Abstand der Bohrungen:			
	IX	=	15 mm
Anzahl der Bohrungen:			
	N	=	6
Bohrtiefe:			
	Z	=	10
Bohrungs-			
durchmesser:	Ø	=	5 mm

**Bearbeitungsprogramm**

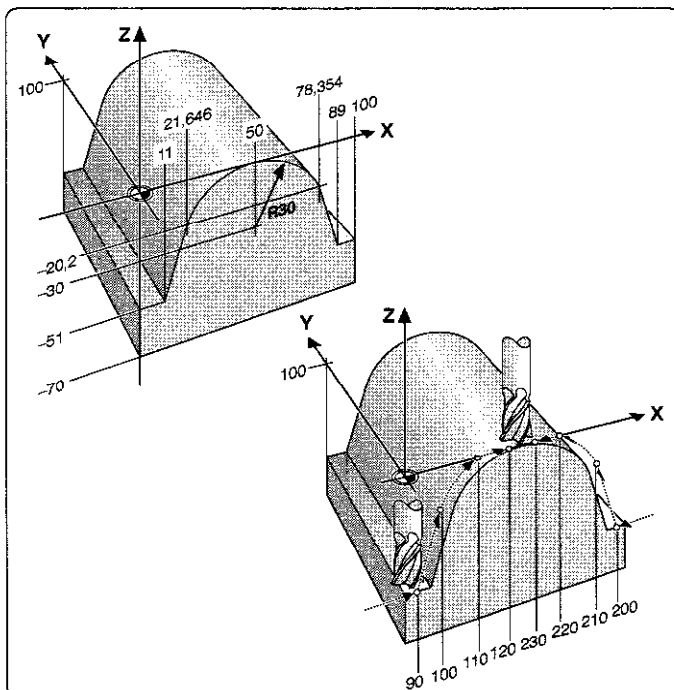
```

%S66I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+2,5 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S3500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X-10 Y+10 Z+2 M03 * ..... Vorpositionierung auf Punkt, der um den
Bohrungsabstand in negativer X-Richtung versetzt ist
N70 G98 L1 * ..... Beginn des Programmteils, der wiederholt werden soll
N80 G91 X+15 * ..... Bohrungsposition inkremental anfahren
N90 G01 G90 Z-10 F100 * ..... Bohren (absolut)
N100 G00 Z+2 * ..... Freifahren
N110 L1,5 * ..... Aufruf des LABELs 1; Programmteil zwischen Satz N70
und N110 5 mal wiederholen(für 6 Bohrungen)
N120 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren
N99999 %S66I G71 *

```

Übungsbeispiel: Fräsbearbeitung mit Programmteil-Wiederholung ohne Radiuskorrektur**Arbeitsablauf**

- Fräsrichtung von unten nach oben
- Bearbeitung des Bereichs von $X = 0$ bis 50 mm (alle X-Koordinaten um Werkzeug-Radius verringert programmieren) und von $Y = 0$ bis 100 mm : G98 L1
- Bearbeitung des Bereichs von $X = 50$ bis $X = 100$ mm (alle X-Koordinaten um Werkzeug-Radius vergrößert programmieren) und von $Y = 0$ bis 100 mm : G98 L2
- Werkzeug wird nach jedem Frässchritt inkremental um $+2,5$ mm in der Y-Achse verfahren.



In nebenstehender Abbildung sind die Satz-Nummern eingetragen, in denen der Endpunkt des Konturelements programmiert ist.

Bearbeitungsprogramm:

%S67I G71 *	.....	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-70 *	.....	Rohteil-Definition(Achtung geänderte Werte)
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *		
N30 G99 T1 L+0 R+10 *	.....	Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1750 *	.....	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	.....	Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X-20 Y-1 M03 *	.....	Vorpositionieren in der Ebene
N70 G98 L1 *	.....	Beginn des Programmteils 1
N80 G90 Z-51 *		
N90 G01 X+1 F100 *		
N100 X+11,646 Z-20,2 *	.....	Programmteil für Bearbeitung von
N110 G06 X+40 Z+0 *	.....	X = 0 bis 50 mm und Y = 0 bis 100 mm
N120 G01 X+41 *		
N130 G00 Z+10 *		
N140 X-20 G91 Y+2,5 *		
N150 L1,40 *	.....	Aufruf des LABELS 1, Programmteil zwischen Satz N70 und N150 wird 40 mal wiederholen
N160 G90 Z+20 *	.....	Zustellachse freifahren
N170 X+120 Y-1 *	.....	Vorpositionieren für Programmteil 2
N180 G98 L2 *	.....	Beginn des Programmteils 2
N190 G90 Z-51 *		
N200 G01 X+99 F100 *		
N210 X+88,354 Z-20,2 *	.....	Programmteil für Bearbeitung von
N220 G06 X+60 Z+0 *	.....	X = 50 bis 100 mm und Y = 0 bis 100 mm
N230 G01 X+59 *		
N240 G00 Z+10 *		
N250 X+120 G91 Y+2,5 *		
N260 L2,40 *	.....	Aufruf des LABELS 2, Programmteil zwischen Satz N180 und N260 wird 40 mal wiederholt
N270 G90 Z+100 M02 *	.....	Zustellachse freifahren
N99999 %S67I G71 *		

6.3 Hauptprogramm als Unterprogramm

Arbeitsweise

Das Programm wird bis zum Aufruf eines anderen Programms (Satz mit %) ausgeführt (①).

Anschließend wird das andere Programm bis zu seinem Ende ausgeführt (②).

Das Programm, aus dem das andere Programm gerufen wird, wird danach mit dem Satz hinter dem Programm-Aufruf fortgeführt (③).

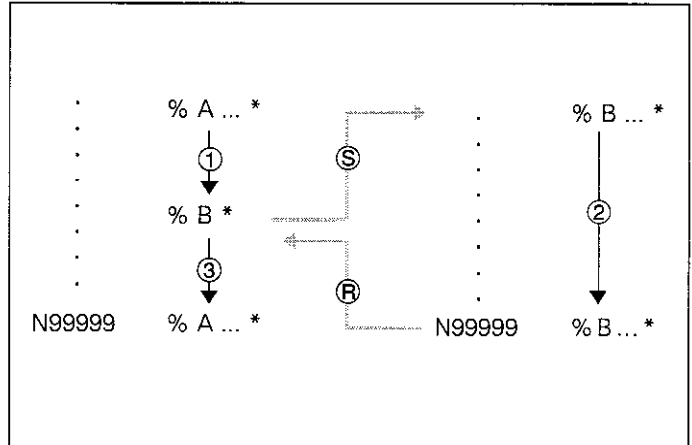


Abb. 6.3: Arbeitsablauf bei einem Hauptprogramm als Unterprogramm; (S) = Sprung, (R) = Rücksprung

Programmier-Hinweise

- Werden Programme aufgerufen, die auf einem externen Datenträger gespeichert sind, dürfen sie keine Unterprogramme oder Programmteil-Wiederholungen enthalten.
- Für Hauptprogramme als Unterprogramme werden keine LABELs benötigt.
- Das aufgerufene Programm darf keine Zusatzfunktion M2 oder M30 enthalten.
- Das aufgerufene Programm darf keinen Sprung ins aufrufende Programm enthalten.

Hauptprogramm als Unterprogramm aufrufen



PROGRAMM-NAME?

Hauptprogramm-Aufruf programmieren und Namen des Programms eingeben, das aufgerufen wird

EXT	.H	.I					
-----	----	----	--	--	--	--	--

- Klartext-Programm aufrufen
- DIN/ISO-Programm aufrufen
- Extern gespeichertes Programm aufrufen

.H

.I

EXT

NC-Satz: z.B. % NAME



Ein Hauptprogramm kann auch über den Zyklus G39 aufgerufen werden (siehe S. 8-48)

6.4 Verschachtelungen

Unterprogramme und Programmteil-Wiederholungen können wie folgt verschachtelt werden:

- Unterprogramme im Unterprogramm
- Programmteil-Wiederholungen in Programmteil-Wiederholung
- Unterprogramme wiederholen
- Programmteil-Wiederholungen im Unterprogramm

Verschachtelungs-Tiefe

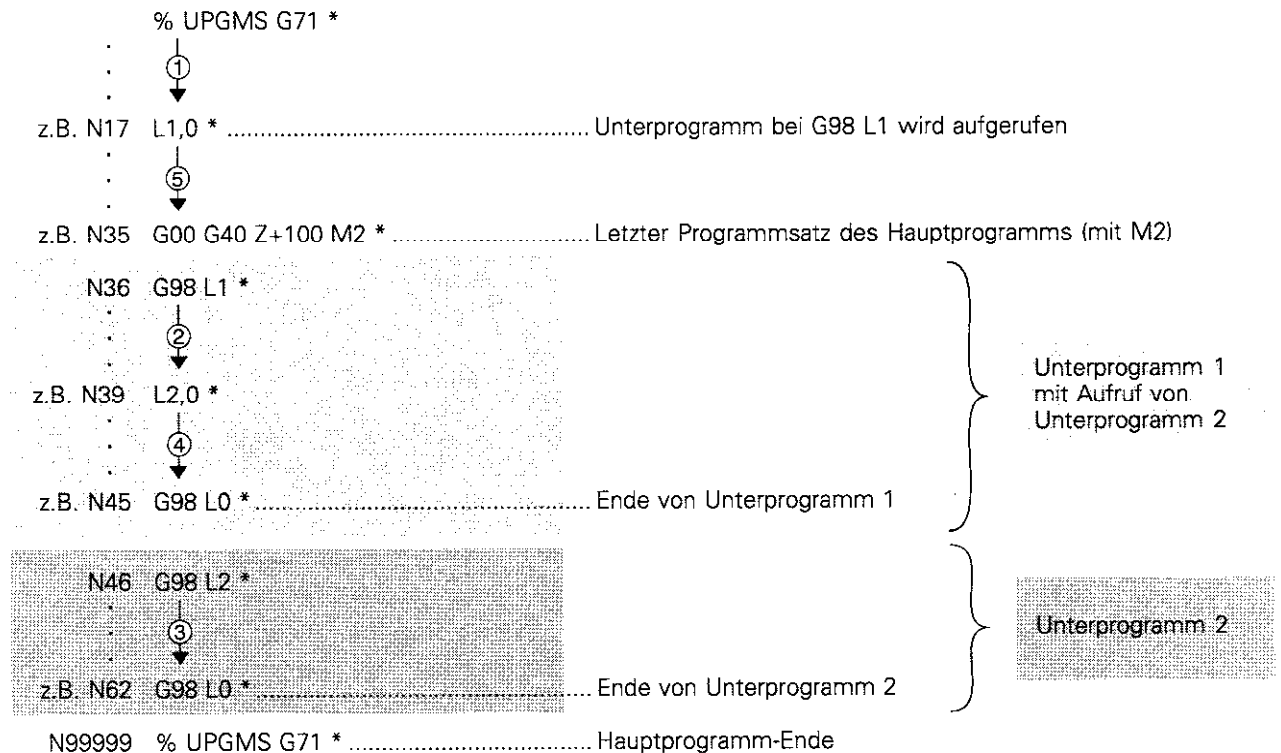
Die Verschachtelungs-Tiefe legt fest, wie oft Programmteile oder Unterprogramme weitere Unterprogramme oder Programmteil-Wiederholungen enthalten dürfen.

Maximale Verschachtelungstiefe für Unterprogramme: 8

Maximale Verschachtelungstiefe für Hauptprogramm-Aufrufe: 4

Unterprogramm im Unterprogramm

Programm-Aufbau



Programm-Ausführung

1. Schritt: Hauptprogramm UPGMS wird bis Satz 17 ausgeführt.
2. Schritt: Unterprogramm 1 wird aufgerufen und bis Satz 39 ausgeführt.
3. Schritt: Unterprogramm 2 wird aufgerufen und bis Satz 62 ausgeführt. Ende von Unterprogramm 2 und Rücksprung zum Unterprogramm, von dem es aufgerufen wurde.
4. Schritt: Unterprogramm 1 wird von Satz 40 bis Satz 45 ausgeführt. Ende von Unterprogramm 1 und Rücksprung ins Hauptprogramm UPGMS.
5. Schritt: Hauptprogramm UPGMS wird von Satz 18 bis Satz 35 ausgeführt. Rücksprung zu Satz 1 und Programm-Ende.

Übungsbeispiel: Bohrungsgruppen an drei Stellen (siehe S. 6-4), jedoch mit 3 verschiedenen Werkzeugen

Arbeitsablauf:

Senken - Tiefbohren - Gewindebohren

Die Bohrbearbeitungen werden mit dem Zyklus G83 TIEFBOHREN (siehe S. 8-4) und Zyklus G84 GEWINDEBOHREN (siehe S. 8-6) programmiert. Die Bohrungsgruppen werden in einem Unterprogramm angefahren und die Bohrungen in einem zweiten Unterprogramm gesetzt.

Koordinaten der ersten Bohrung jeder Gruppe:

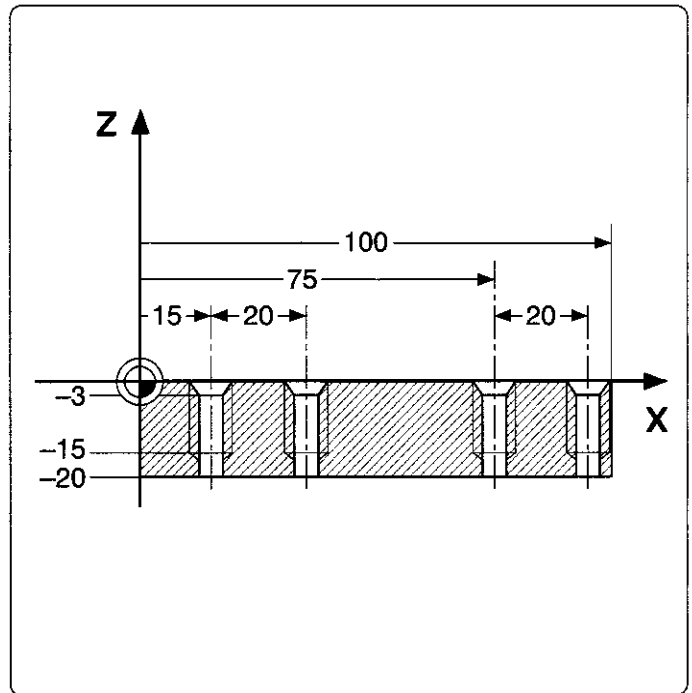
- ① X = 15 mm Y = 10 mm
 ② X = 45 mm Y = 60 mm
 ③ X = 75 mm Y = 10 mm

Abstand der

Bohrungen: IX = 20 mm IY = 20 mm

Bohrungsdaten:

Senken ZS = 3 mm Ø = 7 mm
 Tiefbohren ZT = 15 mm Ø = 5 mm
 Gewindebohren ZG = 10 mm Ø = 6 mm

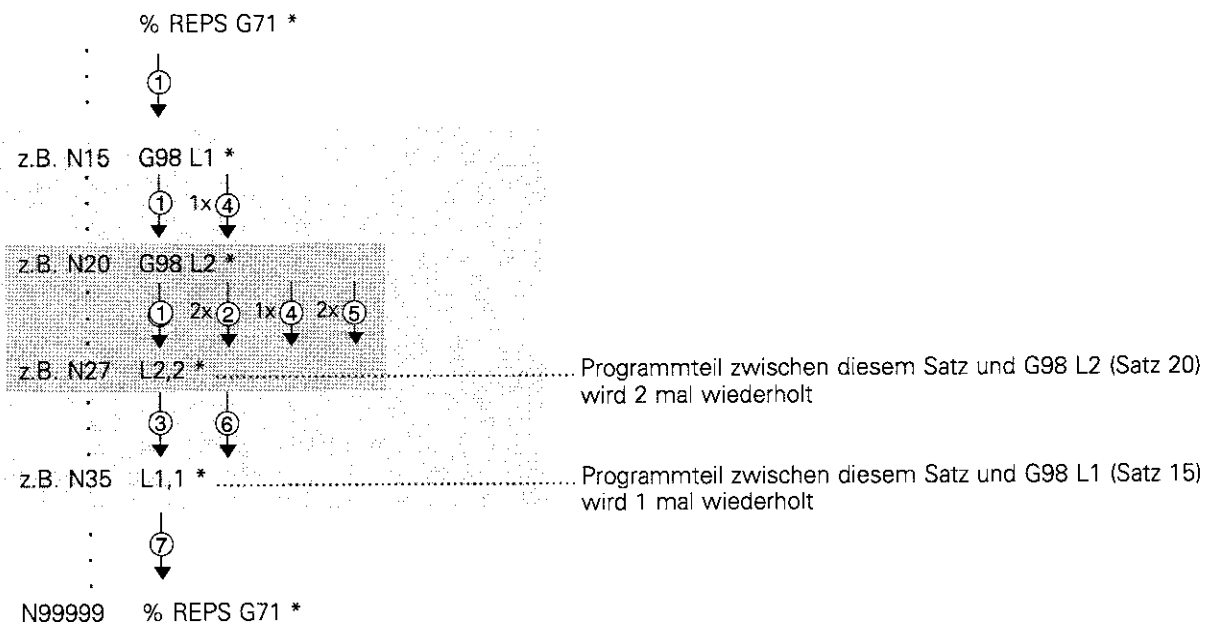
**Bearbeitungsprogramm**

```
%S610I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T25 L+0 R+2,5 * ..... Werkzeug-Definiton für Tiefbohren
N40 G99 T30 L+0 R+3 * ..... Werkzeug-Definiton für Senken
N50 G99 T35 L+0 R+3,5 * ..... Werkzeug-Definiton für Gewindebohren
N60 T35 G17 S3000 * ..... Werkzeug-Aufruf für Senken
N70 G83 P01 -2 P02 -3 P03 -3 P04 0
P05 100 * ..... Zyklus-Definition Tiefbohren
N80 L1,0 * ..... Aufruf von Unterprogramm 1
N90 T25 G17 S2500 * ..... Werkzeug-Aufruf für Tiefbohren
N100 G83 P01 -2 P02 -25 P03 -10 P04 0
P05 150 * ..... Zyklus-Definition Tiefbohren
N110 L1,0 * ..... Aufruf von Unterprogramm 1
N120 T30 G17 S100 * ..... Werkzeug-Aufruf Gewindebohren
N130 G84 P01 -2 P02 -15 P03 0,1 P04 100 * .. Zyklus-Definition Gewindebohren
N140 L1,0 * ..... Aufruf von Unterprogramm 1
N150 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren; Ende des Hauptprogramms
```

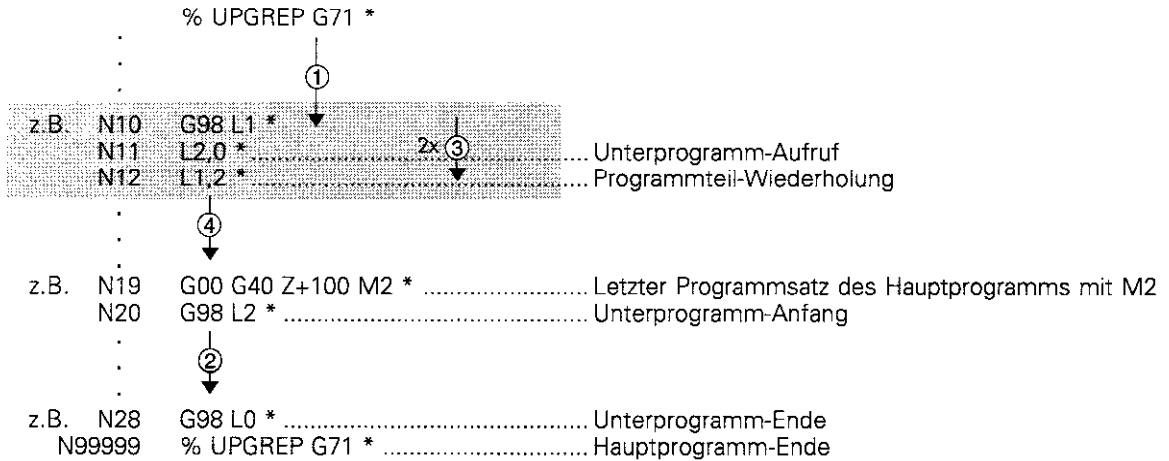
Fortsetzung nächste Seite

6.4 Verschachtelungen

N160 G98 L1 *	.....	Anfang Unterprogramm 1
N170 G00 G40 G90 X+15 Y+10 M03 *	.....	Bohrungsgruppe 1 anfahren
N180 Z+2 *	.....	Vorpositionieren in der Zustellachse
N190 L2,0 *	.....	Unterprogramm 2 aufrufen
N200 X+45 Y+60 *	.....	Bohrungsgruppe 2 anfahren
N210 L2,0 *	.....	Unterprogramm 2 aufrufen
N220 X+75 Y+10 *	.....	Bohrungsgruppe 3 anfahren
N230 L2,0 *	.....	Unterprogramm 2 aufrufen
N240 G98 L0 *	.....	Ende Unterprogramm1
N250 G98 L2 *	.....	Anfang Unterprogramm 2
N260 G79 *		
N270 G91 X+20 M99 *	.....	Bohrungen mit jeweils aktivem Zyklus herstellen
N280 Y+20 M99 *		
N290 X-20 G90 M99 *		
N300 G98 L0 *	.....	Ende Unterprogramm 2
N99999 %S610I G71 *		

Programmteil-Wiederholungen wiederholen**Programm-Aufbau****Programm-Ausführung**

- Schritt: Hauptprogramm REPS wird bis Satz 27 ausgeführt.
- Schritt: Programmteil zwischen Satz 27 und Satz 20 wird 2 mal wiederholt.
- Schritt: Hauptprogramm REPS wird von Satz 28 bis Satz 35 ausgeführt.
- Schritt: Programmteil zwischen Satz 35 und Satz 15 wird 1 mal wiederholt.
- Schritt: Wiederholung des 2. Schritts innerhalb von Schritt ④.
- Schritt: Wiederholung des 3. Schritts innerhalb von Schritt ④.
- Schritt: Hauptprogramm REPS wird von Satz 36 bis Satz 50 ausgeführt Programmende.

Unterprogramm wiederholen**Programm-Aufbau****Programm-Ausführung**

1. Schritt: Hauptprogramm UPGREP wird bis Satz 11 ausgeführt.
2. Schritt: Unterprogramm 2 wird aufgerufen und ausgeführt.
3. Schritt: Programmteil zwischen Satz 12 und Satz 10 wird 2 mal wiederholt:
Unterprogramm 2 wird 2 mal wiederholt.
4. Schritt: Hauptprogramm UPGREP wird von Satz 13 bis Satz 19 ausgeführt. Programm-Ende.

7 Programmieren mit Q-Parametern

7.1	Teilfamilien – Q-Parameter anstelle von Zahlenwerten	7-4
7.2	Konturen durch mathematische Funktionen beschreiben	7-7
	Funktions-Übersicht	7-7
7.3	Winkelfunktionen (Trigonometrie)	7-10
	Funktions-Übersicht	7-10
7.4	Wenn/dann-Entscheidungen mit Q-Parametern	7-11
	Sprünge	7-11
	Funktions-Übersicht	7-11
7.5	Q-Parameter kontrollieren und ändern	7-13
7.6	Sonstige Funktionen	7-14
	Meldungen ausgeben	7-14
	Ausgaben über eine externe Datenschnittstelle	7-15
	Zuweisung an die PLC	7-15
7.7	Formel direkt eingeben	7-16
	Funktions-Übersicht	7-16
7.8	Messen mit dem 3D-Tastsystem während des Programmlaufs .	7-19
7.9	Programm-Beispiele	7-21

Q-Parameter:

- **Teilefamilien**
- **Konturen über mathematische Funktionen definieren**

Eine **Teilefamilie** lässt sich in der TNC in einem **einzigen Bearbeitungsprogramm** definieren. Für dieses Programm werden anstelle von Zahlenwerten Platzhalter – Q-Parameter – eingegeben.

Q-Parameter stehen beispielsweise für

- Koordinatenwerte
- Vorschübe
- Drehzahlen
- Zyklus-Daten

Ein Q-Parameter ist durch den Buchstaben Q und eine Nummer zwischen 0 und 119 gekennzeichnet.

Weiterhin werden mit Q-Parametern **Konturen** bearbeitet, die **über mathematische Funktionen bestimmt** sind.

Mit Q-Parametern lässt sich auch die Ausführung von Bearbeitungsschritten von **logischen Bedingungen** abhängig machen.

Q-Parameter und Zahlenwerte dürfen in ein Programm **gemischt** eingegeben werden.

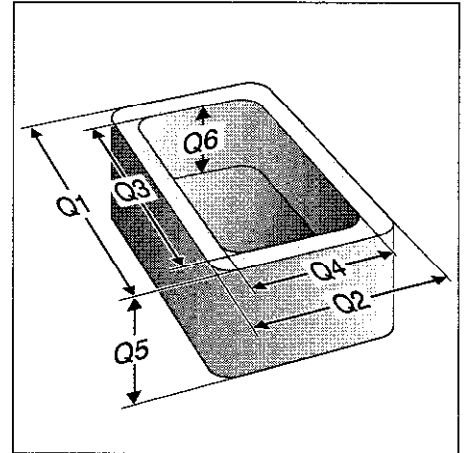


Abb. 7.1: Q-Parameter als Platzhalter


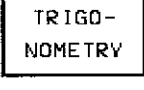
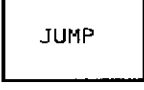
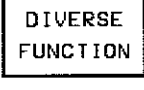
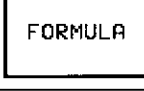


Die TNC weist einigen Q-Parametern selbsttätig immer die gleichen Daten zu, z.B. dem Q-Parameter Q108 den aktuellen Werkzeug-Radius.
Im Kapitel 11 befindet sich eine Übersicht über diese Parameter.

Die Eingabe der einzelnen Q-Parameter-Funktionen kann satzweise (siehe S. 7-7) oder zusammengefasst in einer Formel über die ASCII-Tastatur (siehe S. 7-16) erfolgen.

Nach Anwahl der Q-Parameter-Funktionen über den Softkey PARAMETER steht eine Softkey-Leiste zur Verfügung, mit der Funktions-Gruppen angewählt werden:

BASIC ARITH- METIC	TRIGO- NOMETRY	JUMP	DIVERSE FUNCTION	FORMULA			END
--------------------------	-------------------	------	---------------------	---------	--	--	-----

Funktionsgruppe	Softkey
• Mathematische Grundfunktionen (engl. basic arithmetic)	
• Winkelfunktionen (engl. trigonometry)	
• Wenn/dann-Entscheidungen, Sprünge (engl. jumps)	
• Sonstige Funktionen (engl. diverse function)	
• Formel (engl. formula) direkt eingeben	

7.1 Teilefamilien – Q-Parameter anstelle von Zahlenwerten

Mit der Q-Parameter-Funktion D0: ZUWEISUNG werden den Q-Parametern Zahlenwerte zugewiesen.
Beispiel: $Q10 = 25$

Anstelle von Zahlenwerten werden im Programm dann die Q-Parameter eingesetzt.
Beispiel: $X + Q10$ (entspricht $X + 25$)

Für Teilefamilien werden z.B. die charakteristischen Werkstück-Abmessungen als Q-Parameter programmiert.

Für die Bearbeitung der einzelnen Teile kann dann jedem dieser Parameter ein anderer Zahlenwert zugewiesen werden.

Beispiel

Zylinder mit Q-Parametern

Zylinder-Radius $R = Q1$
Zylinder-Höhe $H = Q2$

Zylinder Z1: $Q1 = +30$
 $Q2 = +10$

Zylinder Z2: $Q1 = +10$
 $Q2 = +50$

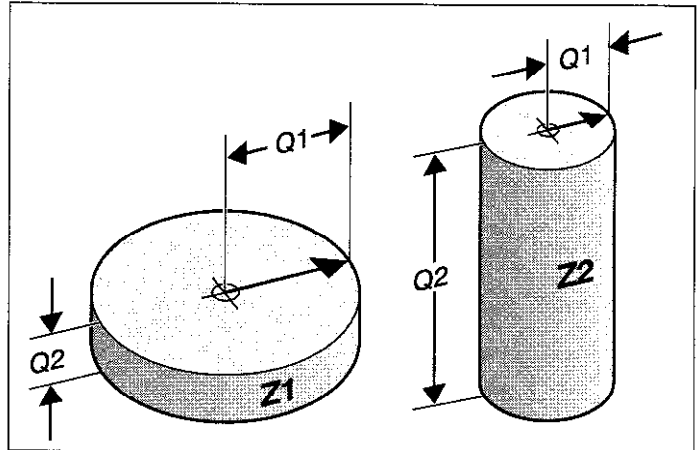
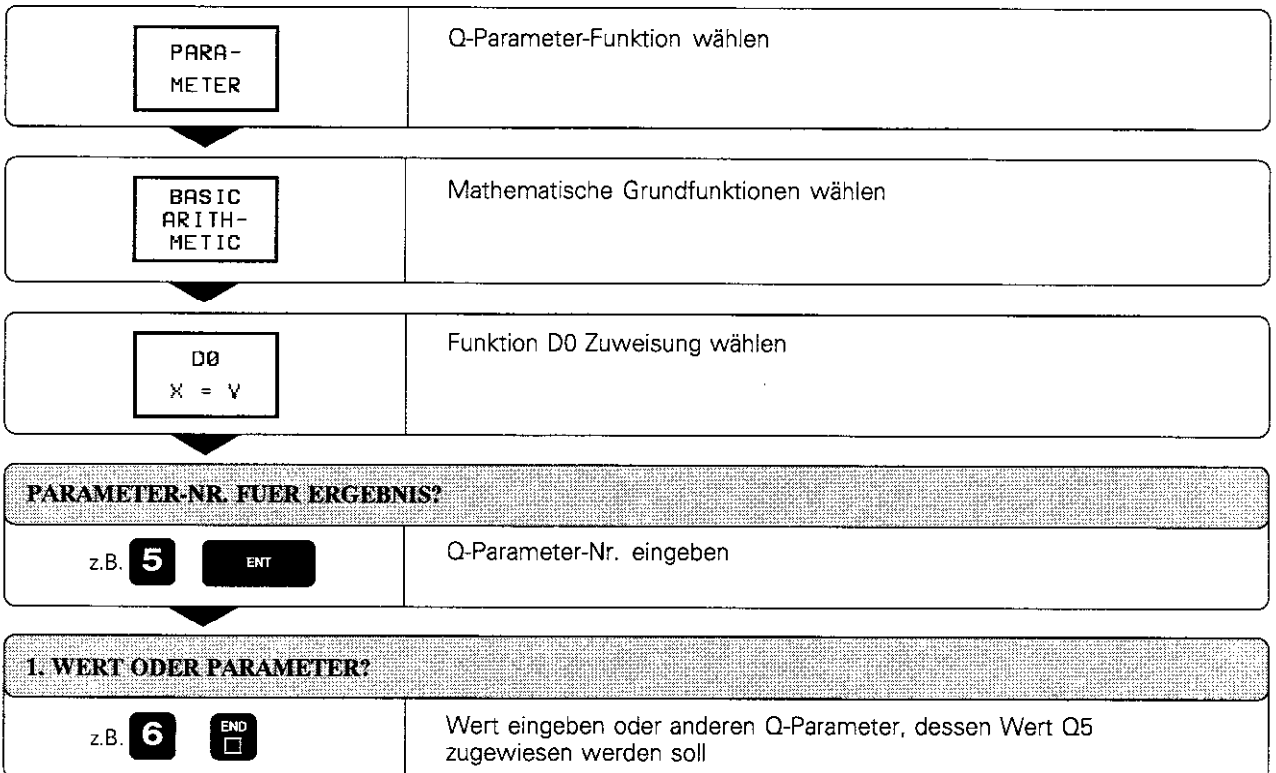


Abb. 7.2: Werkstück-Abmessungen als Q-Parameter

Zahlenwerte an Q-Parameter zuweisen



NC-Satz z.B. `D00 Q5 P01 +6 *`

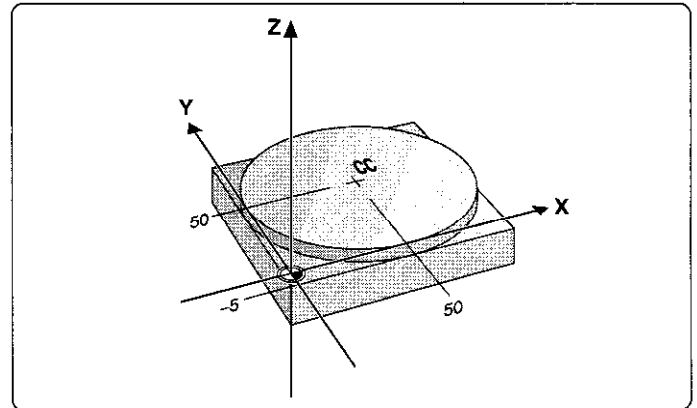
Übungsbeispiel: Vollkreis

Kreismittelpunkt I,J: X = 50 mm
Y = 50 mm

Beginn und Ende des
Kreisbogens: X = 50 mm
Y = 0 mm

Frästiefe: Z_F = -5 mm

Werkzeug-Radius: R = 15 mm

**Bearbeitungsprogramm ohne Q-Parameter**

```
%S520I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+1 Y+1 Z-20 * ..... Rohteil MIN-Punkt
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 * ..... Rohteil MAX-Punkt
N30 G99 T6 L+0 R+15 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T6 G17 S1500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N60 X+50 Y-40 * ..... Vorpositionieren in der Bearbeitungsebene
N70 Z5 M03 * ..... Werkzeug auf Arbeitstiefe fahren
N80 I+50 J+50 * ..... Koordinaten des Kreismittelpunktes
N90 G01 G41 X+50 Y+0 F100 * ..... Ersten Konturpunkt radiuskorrigiert mit Bearbeitungs-
vorschub Anfahren
N100 G26 R10 * ..... Weiches (tangentes) Anfahren
N110 G02 X+50 Y+0 * ..... Kreisbogen um Kreismittelpunkt I,J fräsen;
Drehsinn negativ; Koordinaten des Endpunktes
X = +50mm und Y = +0
N120 G27 R10 * ..... Weiches (tangentes) Wegfahren
N130 G00 G40 X+50 Y-40 * ..... Kontur verlassen, Radiuskorrektur aufheben
N140 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren
N99999 %S520I G71 *
```

Fortsetzung nächste Seite

Bearbeitungsprogramm mit Q-Parameter

```

%S74I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 D00 Q1 P01 +100 * ..... Sichere Höhe
N20 D00 Q2 P01 +30 * ..... Start-Position X
N30 D00 Q3 P01 -20 * ..... Start- End-Position Y
N40 D00 Q4 P01 +70 * ..... End-Position X
N50 D00 Q5 P01 -5 * ..... Frästiefe
N60 D00 Q6 P01 +50 * ..... Kreismittelpunkt X
N70 D00 Q7 P01 +50 * ..... Kreismittelpunkt Y
N80 D00 Q8 P01 +50 * ..... Kreisstartpunkt X
N90 D00 Q9 P01 +0 * ..... Kreisstartpunkt Y
N100 D00 Q10 P01 +0 * ..... Werkzeug-Länge L
N110 D00 Q11 P01 +15 * ..... Werkzeug-Radius R
N120 D00 Q20 P01 +100 * ..... Fräsvorschub F
N130 G30 G17 X+1 Y+1 Z-20 *
N140 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N150 G99 T6 L+Q10 R+Q11 *
N160 T6 G17 S1000 *
N170 G00 G40 G90 Z+Q1 M06 *
N180 X+Q2 Y+Q3 *
N190 Z+Q5 M03 * ..... Satz N130 bis N260 entsprechend
N200 I+Q6 J+Q7 * ..... Satz N10 bis N140 von Programm S520I.I
N210 G01 G41 X+Q8 Y+Q9 FQ20 *
N220 G26 R10 *
N230 G02 X+Q8 Y+Q9 *
N240 G27 R10 *
N250 G00 G40 X+Q4 Y+Q3 *
N260 Z+Q1 M02 *
N99999 %S74I G71 *

```

7.2 Konturen durch mathematische Funktionen beschreiben

Nach anwählen der mathematischen Grundfunktionen steht folgende Softkey-Leiste zur Verfügung:

D0 X = Y	D1 X + Y	D2 X - Y	D3 X * Y	D4 X / Y	D5 SQRT		END
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	--	-----

Funktions-Übersicht

Die mathematischen Funktionen weisen einem Q-Parameter das Ergebnis einer der folgenden Berechnungen zu:

	Softkey
D0: ZUWEISUNG z.B. D00 Q5 P01 +60 * Wert direkt zuweisen	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D0 X = Y </div>
D1: ADDITION z.B. D01 Q1 P01 -Q2 P02 -5 * Summe aus zwei Werten bilden und zuweisen	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D1 X + Y </div>
D2: SUBTRAKTION z.B. D02 Q1 P01 +10 P02 +5 * Differenz aus zwei Werten bilden und zuweisen	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D2 X - Y </div>
D3: MULTIPLIKATION z.B. D03 Q2 P01 +3 P02 +3 * Produkt aus zwei Werten bilden und zuweisen	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D3 X * Y </div>
D4: DIVISION z.B. D04 Q4 P01 +8 P02 +Q2 * Quotient aus zwei Werten bilden und zuweisen Verboten: Division durch 0!	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D4 X / Y </div>
D5: WURZEL z.B. D05 Q20 P01 4 Wurzel aus einer Zahl ziehen und zuweisen Verboten: Wurzel aus negativem Wert!	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D5 SQRT </div>

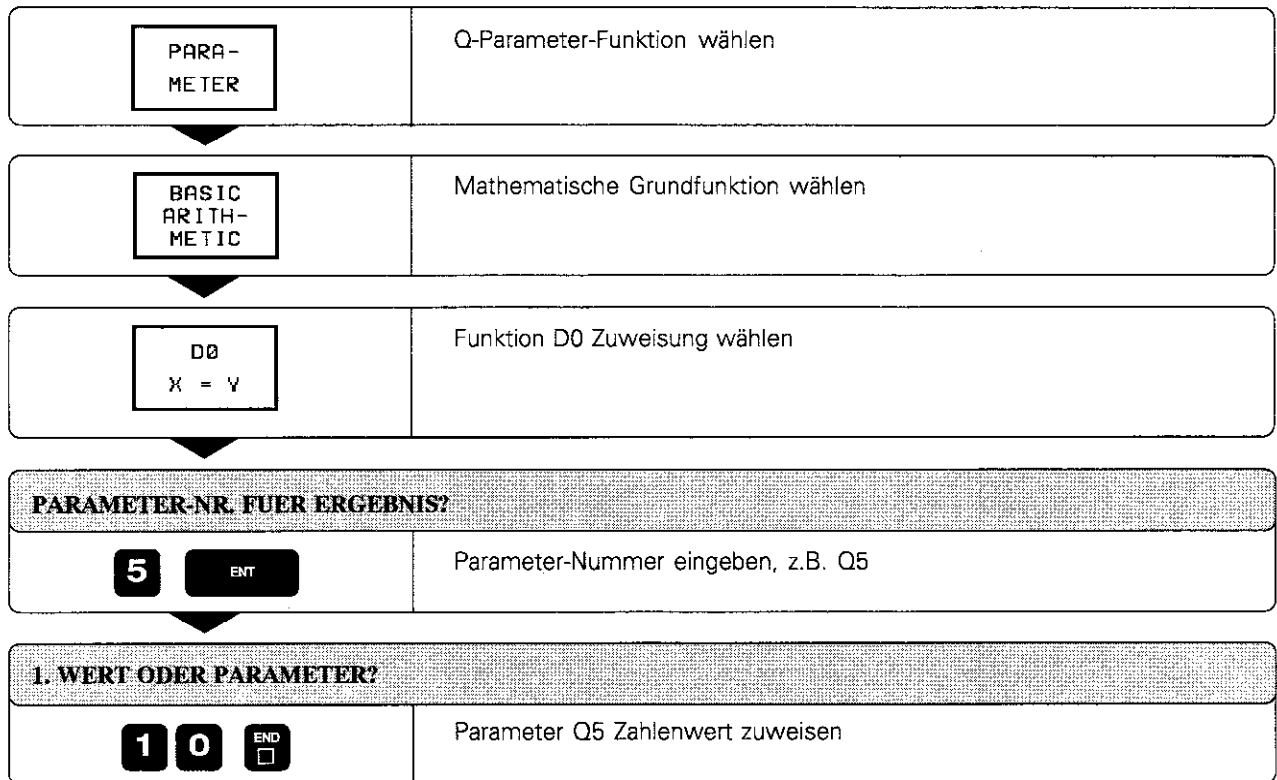
Die TNC rechnet dabei jeweils mit

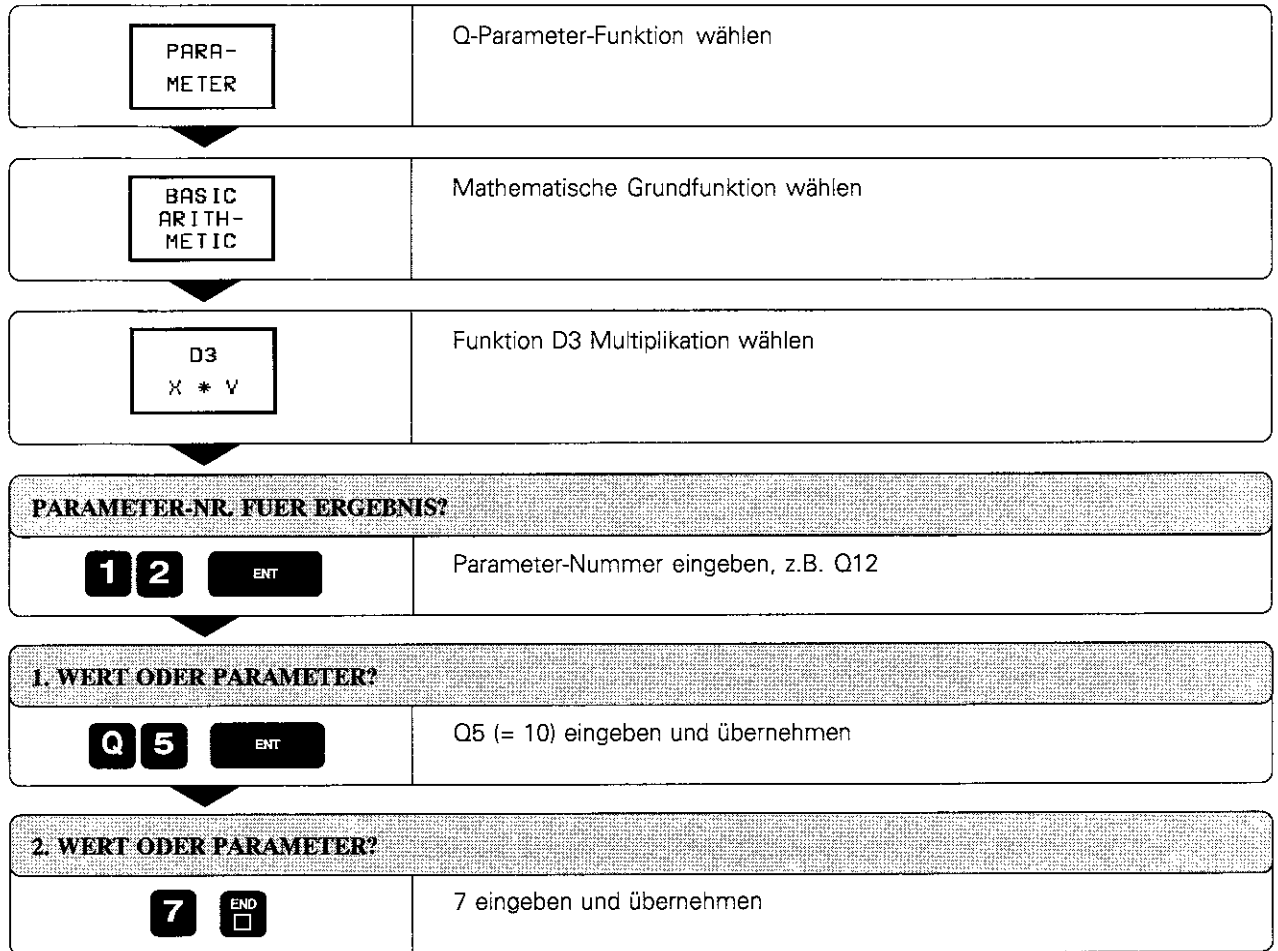
- zwei Zahlen
- zwei Q-Parametern
- einer Zahl und einem Q-Parameter

Diese werden in der Übersicht vereinfacht als Werte bezeichnet. Die Q-Parameter und Zahlenwerte in den Gleichungen können beliebig mit Vorzeichen versehen werden.

Programmier-Beispiel für Grundrechenarten

Parameter Q5 Wert 10 zuweisen und Parameter Q12 Produkt aus Q5 und 7 zuweisen.





NC-Sätze FN0: Q5 = +10
FN3: Q12 = +Q5 * +7

7.3 Winkelfunktionen (Trigonometrie)

Sinus, Cosinus und Tangens entsprechen den Seitenverhältnissen bei einem rechtwinkligen Dreieck und erleichtern viele Berechnungen.

Bei einem rechtwinkligen Dreieck gilt:

Sinus: $\sin \alpha = a / c$

Cosinus: $\cos \alpha = b / c$

Tangens: $\tan \alpha = a / b = \sin \alpha / \cos \alpha$

Dabei ist:

- c die Seite gegenüber dem rechten Winkel
- a die Seite gegenüber dem Winkel α
- b die dritte Seite

Aus dem Tangens kann der Winkel wieder bestimmt werden:

$\alpha = \arctan \alpha = \arctan (a / b) = \arctan (\sin \alpha / \cos \alpha)$

Beispiel: a = 10 mm

b = 10 mm

$\alpha = \arctan (a / b) = \arctan 1 = 45^\circ$

Weiterhin gilt: $a^2 + b^2 = c^2$ ($a^2 = a \cdot a$)
 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

Nach anwählen der Winkelfunktionen steht folgende Softkey-Leiste zur Verfügung:

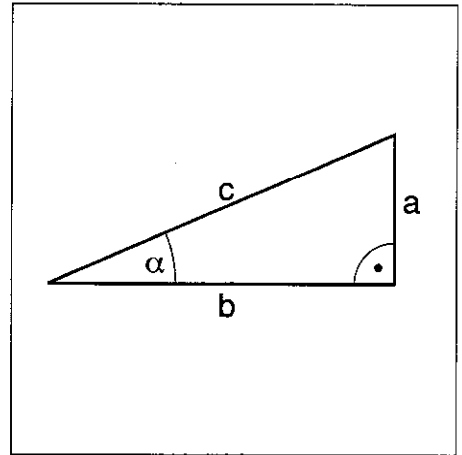


Abb. 7.3: Seiten und Winkel am rechtwinkligen Dreieck

D6 SIN(X)	D7 COS(X)	D8 X LEN Y	D13 X ANG Y				END
--------------	--------------	---------------	----------------	--	--	--	-----

Funktions-Übersicht

	Softkey
<p>D6: SINUS z.B. D06 Q20 P01 -Q5 * Sinus eines Winkels in Grad (°) bestimmen und zuweisen</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D6 SIN(X) </div>
<p>D7: COSINUS z.B. D07 Q21 P01 -Q5 * Cosinus eines Winkels in Grad (°) bestimmen und zuweisen</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D7 COS(X) </div>
<p>D8: WURZEL AUS QUADRATSUMME z.B. D08 Q10 P01 +5 P02 +4 * Wurzel aus Summe der Quadrate zweier Zahlen ziehen und zuweisen</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D8 X LEN Y </div>
<p>D13: WINKEL z.B. D13 Q20 P01 +10 P02 -Q1 Winkel mit arctan aus zwei Seiten oder sin und cos des Winkels bestimmen und zuweisen 0 - Winkel - 360°</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> D13 X ANG Y </div>

7.4 Wenn/dann-Entscheidungen mit Q-Parametern

Bei Wenn/dann-Entscheidungen vergleicht die TNC einen Q-Parameter mit einem anderen Q-Parameter oder einem Zahlenwert.

Sprünge

In den Entscheidungssatz wird die Nummer eines Labels als Sprungziel eingegeben.

Ist die programmierte Bedingung erfüllt, setzt die TNC das Programm am angegebenen Label fort. Ist sie nicht erfüllt, wird der nächste Satz ausgeführt.

Um in ein anderes Programm zu springen, wird hinter das Label ein Programm-Aufruf mit % (siehe S. 6-8) programmiert.

Unbedingte Sprünge

Unbedingte Sprünge sind Sprünge, deren Bedingung immer erfüllt ist, z.B.

wenn 10 gleich 10, Sprung zu Label 1

D09 P01+10 P02+10 P03 1

Nach anwählen der Sprung-Funktionen steht folgende Softkey-Leiste zur Verfügung:

D9 IF X EQ Y GOTO	D10 IF X NE Y GOTO	D11 IF X GT Y GOTO	D12 IF X LT Y GOTO				END
-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--	--	--	-----

Funktions-Übersicht

	Softkey
D9: WENN GLEICH, SPRUNG z.B. D09 P01 +Q1 P02 +Q3 P03 5 * Wenn beide Werte oder Parameter gleich, Sprung zum angegebenen Label.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> D9 IF X EQ Y GOTO </div>
D10: WENN UNGLEICH, SPRUNG z.B. D10 P01 +10 P02 -Q5 P03 10 * Wenn beide Werte oder Parameter ungleich, Sprung zu angegebenem Label.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> D10 IF X NE Y GOTO </div>
D11: WENN GROESSER, SPRUNG z.B. D11 P01 +Q1 P02 +10 P03 5 * Wenn erster Wert oder Parameter größer als zweiter Wert oder Parameter, Sprung zu angegebenem Label.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> D11 IF X GT Y GOTO </div>
D12: WENN KLEINER, SPRUNG z.B. D12 P01 +Q5 P02 +0 P03 1 * Wenn erster Wert oder Parameter kleiner als zweiter Wert oder Parameter, Sprung zu angegebenem Label.	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> D12 IF X LT Y GOTO </div>

Beispiel

Sobald Q5 negativ wird, soll ein Sprung in das Programm 100.H erfolgen.

```
.  
. .  
N5 D00 Q5 P01+10 * ..... Parameter Q5 Wert, z.B. +10, zuweisen  
. .  
N9 D02 Q5 P01+Q5 P02+12 * ..... Q5 verkleinern  
N10 D12 P01+Q5 P02+0 P03 5 * ..... Sprung zu Label 5, wenn +Q5 < 0  
. .  
N15 G98 L5 * ..... Label 5  
N16 % 100.H * ..... Sprung ins Programm 100.H  
. .  
.
```

7.5 Q-Parameter kontrollieren und ändern

Q-Parameter lassen sich während eines Programmlaufs oder Programm-Tests kontrollieren und - falls nötig - ändern.

Vorbereitung:

- Programmlauf abbrechen (z.B. externe STOP-Taste und Softkey INTERNAL STOP drücken)
- Programm-Test anhalten

Q-Parameter aufrufen

Q ▶

Q =	
z.B. 1 0 ENT	Q-Parameter auswählen, z.B. Q10
Q10 = + 100	
Anzeige des aktuellen Werts, z.B. Q10 = 100	
z.B. 0 ENT	Q-Parameter ändern, z.B. Q10 = 0
ENT	Q-Parameter nicht ändern

7.6 Sonstige Funktionen

Nach anwählen der sonstigen Funktionen steht folgende Softkey-Leiste zur Verfügung:

D14 ERROR=	D15 PRINT	D19 PLC=					END
---------------	--------------	-------------	--	--	--	--	-----

Meldungen ausgeben

D14 ERROR=

Mit der Funktion D14: FEHLER werden vorprogrammierte Meldungen des Maschinen-Herstellers aufgerufen.

Kommt die TNC im Programmablauf oder Programm-Test zu einem Satz mit D 14, so unterbricht sie und gibt eine Meldung aus. Anschließend muß das Programm neu gestartet werden.

Eingabe:

z.B. D14 P01 254

Die TNC gibt dann den unter Fehler-Nummer 254 gespeicherten Text am Bildschirm aus.

Eingabe Fehler-Nummer	Vorgegebener Dialog
0 ... 299	D14: FEHLER-NUMMER 0 299
300 ... 399	PLC: FEHLER 0 ... 99
400 ... 499	HERSTELLER-ZYKLUS 0 99



Der Maschinen-Hersteller kann einen Dialog eingeben, der vom vorgegebenen Dialog abweicht

Ausgaben über eine externe Datenschnittstelle

D15 PRINT

Mit der Funktion D15: PRINT werden Werte von Q-Parametern und Fehlermeldungen über die Datenschnittstelle ausgegeben, zum Beispiel an einen Drucker.

- D15: PRINT mit Zahlenwert bis zu 200
z.B. D15: PRINT 20
Die Fehlermeldung wird ausgegeben (siehe Übersicht bei FN14).
- D 15: PRINT mit Q-Parameter
z.B. D15: PRINT Q20
Der Wert des Q-Parameters wird ausgegeben.

Es lassen sich bis zu sechs Q-Parameter und Zahlenwerte gleichzeitig ausgeben.

z.B. D15 P01 1 P02 Q1 P03 2 P04 Q2

Zuweisung an die PLC

D19 PLC=

Mit der Funktion D19: PLC werden bis zu zwei Zahlenwerte oder Q-Parameter an die PLC übergeben.

Schrittweiten und Einheiten: 0,1 μm bzw. 0,0001°






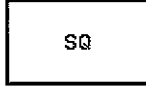

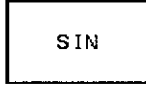
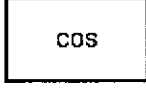

Beispiel D19 P01+10 P02+Q3

Der Zahlenwert 10 entspricht 1 μm bzw. 0,001°.

7.7 Formel direkt eingeben

Die Eingabe mathematischer Formeln, die mehrere Rechenoperationen beinhalten, erfolgt über Softkey oder direkt über die ASCII-Tastatur. Empfohlen wird die Eingabe der Verknüpfungs-Operation über Softkey, da hier Format-Fehler vermieden werden.

Funktions-Übersicht

Verknüpfungs-Funktion	Softkey
Addition z.B. Q10 = Q1 + Q5	
Subtraktion z.B. Q25 = Q7 - Q108	
Multiplikation z.B. Q12 = 5 * Q5	
Division z.B. Q25 = Q1 / Q2	
Klammer Auf/Klammer Zu z.B. Q12 = Q1 * (Q2 + Q3)	
Wert quadrieren (engl. square) z.B. Q15 = SQ 5	
Wurzel ziehen (engl. square root) z.B. Q22 = SQRT 25	
Sinus eines Winkels z.B. Q44 = SIN 45	
Cosinus eines Winkels z.B. Q45 = COS 45	
Tangens eines Winkels z.B. Q46 = TAN 45	

7.7 Formel direkt eingeben

Arcus-Sinus: Umkehrfunktion des Sinus; Winkel aus dem Verhältnis Gegenkathete/Hypotenuse bestimmen z.B. Q10 = ASIN 0.75	ASIN
Arcus-Coinus: Umkehrfunktion des Cosinus; Winkel aus dem Verhältnis Ankathete Hypotenuse bestimmen z.B. Q11 = ACOS Q	ACOS
Arcus-Tangens: Umkehrfunktion des Tangens; Winkel aus dem Verhältnis Gegenkathete/Ankathete bestimmen z.B. Q12 = ATAN Q11	ATAN
Potenzieren von Werten z.B. Q15 = 3^3	^
Konstante PI (3.14159)	PI
Logarithmus Naturalis (LN) einer Zahl bilden, Basiszahl 2.7183 z.B. Q15 = LN Q11	LN
Logarithmus einer Zahl bilden; Basiszahl 10 z.B. Q33 = LOG 022	LOG
Exponentialfunktion (2.7183 hoch n) z.B. Q1 = EXP Q12	EXP
Negieren (mal -1 nehmen) von Werten z.B. Q2 = NEG Q1	NEG
Nachkomma Stellen abschneiden, Integer-Zahl bilden z.B. Q3 = INT Q42	INT
Absolutwert einer Zahl bilden z.B. Q4 = ABS Q22	ABS
Vorkomma-Stellen einer Zahl abschneiden; Fraktionieren z.B. Q5 = FRAC Q23	FRAC

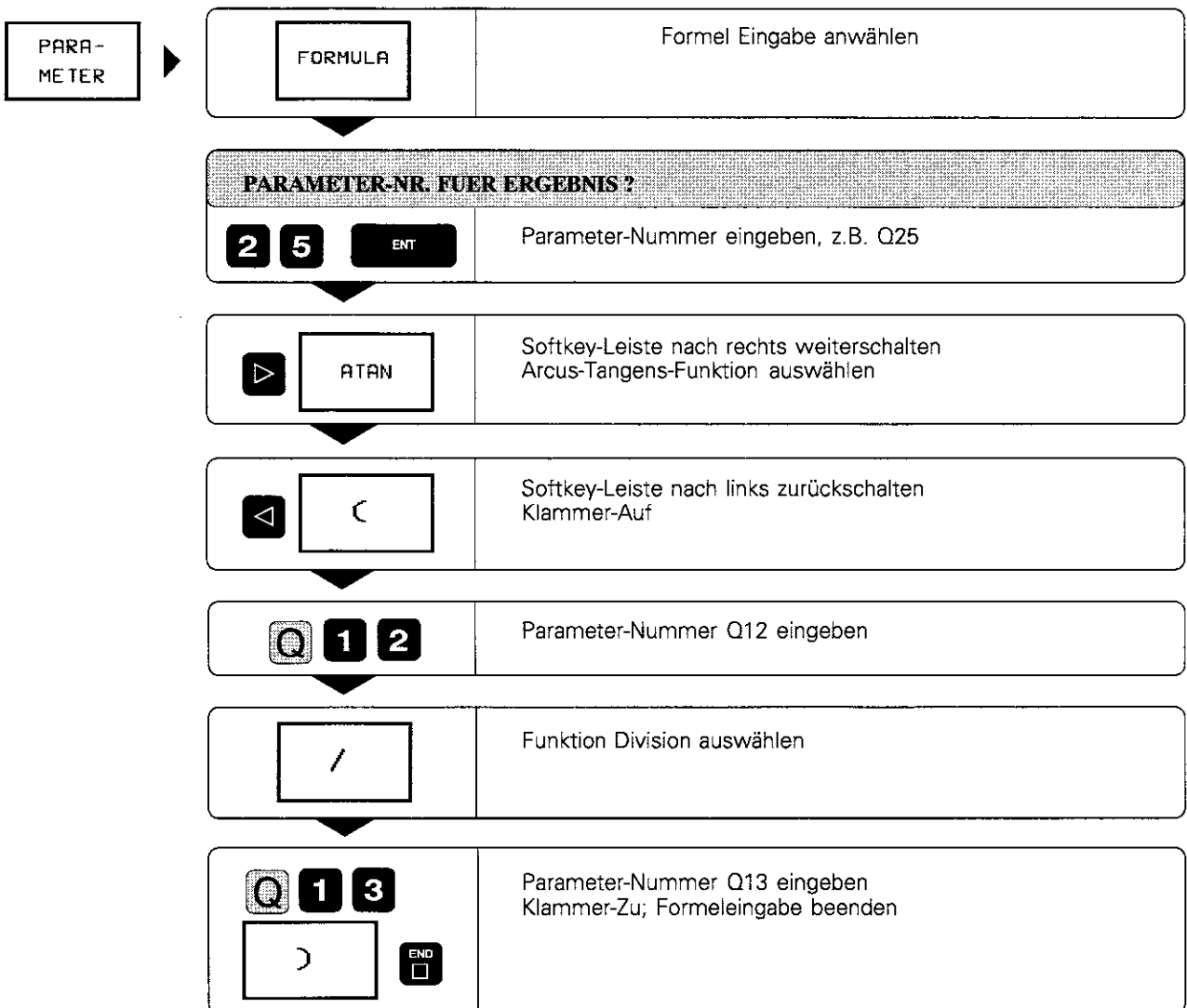
7.7 Formel direkt eingeben

Rechenregeln

- Rechenoperationen höherer Stufe werden zuerst ausgeführt (Punktrechnung vor Strichrechnung)
 z.B. $Q1 = 5 * 3 + 2 * 10 = 35 \Rightarrow$
 1. Rechenschritt $5 * 3 = 15$
 2. Rechenschritt $2 * 10 = 20$
 3. Rechenschritt $15 + 20 = 35$
- z.B. $Q2 = SQ\ 10 - 3^3 = 73 \Rightarrow$
 1. Rechenschritt 10 quadrieren = 100
 2. Rechenschritt 3 mit 3 potenzieren = 27
 3. Rechenschritt $100 - 27 = 73$
- Distributivgesetz (Gesetz der Verteilung) beim Rechnen mit Klammern
 $a * (b + c) = a * b + a * c$

Eingabe-Beispiel

Winkel berechnen mit arctan als Gegenkathete (Q12) und Ankathete (Q13) und in Q25 abspeichern.



NC-Satz $Q25 = ATAN(Q12 / Q13)$

7.8 Messen mit dem 3D-Tastsystem während des Programmlaufs

Mit dem 3D-Tastsystem lassen sich auch während eines Programmlaufs Positionen am Werkstück erfassen.

Anwendungen:

- Höhenunterschiede bei Gußflächen ermitteln
- Toleranzabfragen während der Bearbeitung

Der Tastsystem-Einsatz wird mit **TOUCH PROBE** ins Programm einprogrammiert.

Das Tastsystem wird vorpositioniert und tastet automatisch die vorgegebene Position an. Die für den Antastpunkt ermittelte Koordinate wird in einem Q-Parameter abgelegt.

Der Antastvorgang wird abgebrochen, wenn das Tastsystem innerhalb eines bestimmten Bereichs (über MP6130 wählbar) nicht ausgelenkt wird. Die Koordinaten der Position, an der sich das Tastsystem beim Antasten befindet, sind nach dem Antastvorgang in den Parametern Q115 bis Q119 gespeichert. Für die Werte in diesen Parametern werden Taststift-Länge und -Radius nicht berücksichtigt.

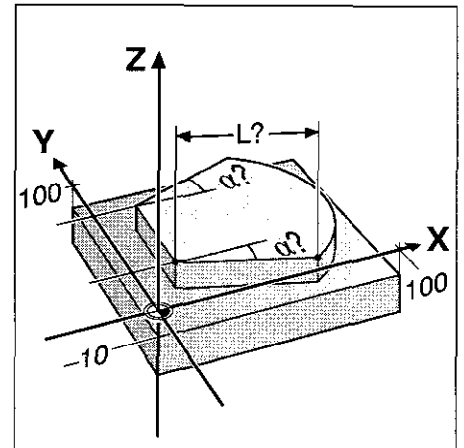


Abb. 7.4: Meßgrößen am Werkstück



Tastsystem manuell so vorpositionieren, daß eine Kollision beim Anfahren der programmierten Vorposition vermieden wird.
Es ist darauf zu achten, daß die Werkzeug-Daten (Länge, Radius, Achse) entweder aus den kalibrierten Daten oder aus dem letzten TOOL CALL-Satz verwendet werden. Die Auswahl erfolgt über Maschinen-Parameter 7411 (siehe S. 11-12).

Tastsystem-Einsatz programmieren



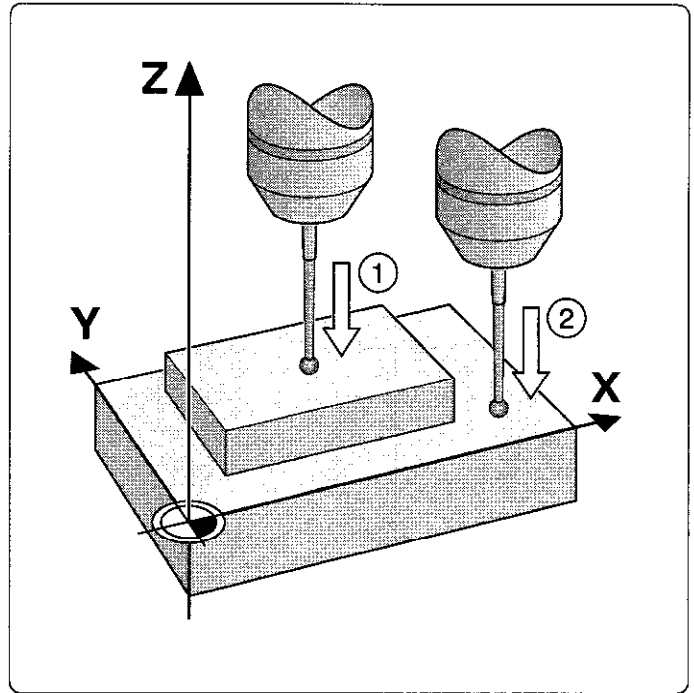
PARAMETER-NR. FUER ERGEBNIS?	
z.B. 5 ENT	Nummer des Q-Parameters eingeben, dem die Koordinate zugewiesen werden soll, z.B. Q5
ANTAST-ACHSE/ANTAST-RICHTUNG?	
z.B. X	Antast-Achse eingeben, ihre Koordinate wird Q5 zugewiesen, z.B. X
z.B. -/+ ENT	Antast-Richtung anwählen und übernehmen
z.B. X 5 z.B. Y 0 z.B. Z -/+ 5	Alle Koordinaten für die Vorposition des Tastsystems eingeben, z.B. X = 5 mm, Y = 0, Z = -5 mm
END □	Eingaben abschließen

NC-Programmsatz: G55 P01 Q5 P02 X- X+5 Y+0 Z-5 *

Übungsbeispiel: Höhe einer Insel auf dem Werkstück bestimmen

Koordinaten für die Vorpositionierung des 3D-Tastsystems

Antastpunkt 1:	X = 20 mm	(Q11)
	Y = 50 mm	(Q12)
	Z = 10 mm	(Q13)
Antastpunkt 2:	X = 50 mm	(Q21)
	Y = 10 mm	(Q22)
	Z = 0 mm	(Q23)

**Bearbeitungsprogramm:**

```

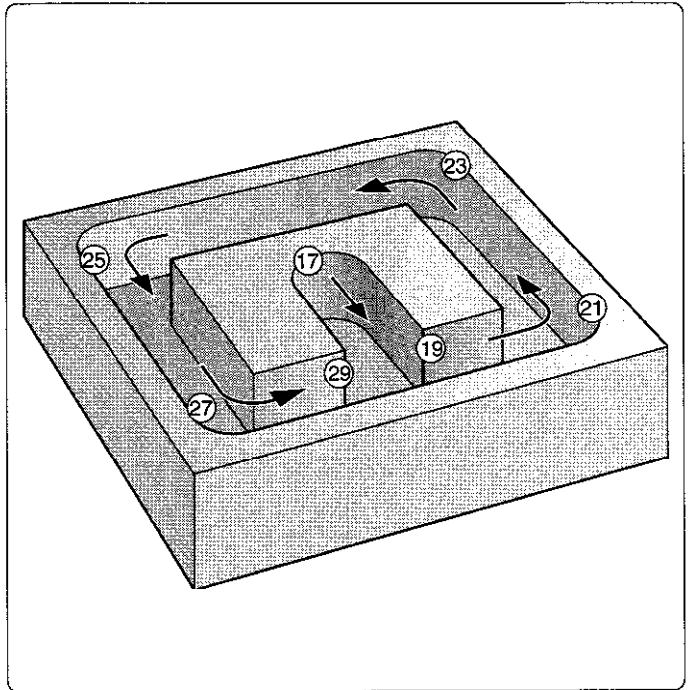
%S717I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 D00 Q11 P01 +20 *
N20 D00 Q12 P01 +50 *
N30 D00 Q13 P01 +10 * ..... Parametern koordinaten zum Vorpositionieren des
N40 D00 Q21 P01 +50 * ..... Tastsystems zuweisen
N50 D00 Q22 P01 +10 *
N60 D00 Q23 P01 +0 *
N70 T0 G17 *
N80 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Tastsystem einwechseln
N90 G55 P01 10 P02 Z- X+Q11 Y+Q12 Z+Q13 * ... In negative Richtung antasten; Z-Koordinate in Q10 speichern
(1. Punkt)
N100 X+Q21 Y+Q22 * ..... Zwischenpositionierung für zweite Messung
N110 G55 P01 20 P02 Z- X+Q21 Y+Q22 Z+Q23 * ... In negative Richtung antasten; Z-Koordinate in Q20 speichern
(2. Punkt)
N120 D02 Q1 P01 +Q20 P02 +Q10 * ..... Höhe der Insel ermitteln und Q1 zuweisen
N130 G38 * ..... Programmlauf-STOP; Q1 kann kontrolliert werden
(siehe auch S.7-14)
N140 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren und Programm beenden
N99999 %S717I G71 *

```

7.9 Programm-Beispiele

Rechtecktaschen-Rahmen mit Ecken-Runden und weichem Anfahren

Taschenzentrums-Koordinaten:	X	=	50 mm (Q1)
	Y	=	50 mm (Q2)
Taschenlänge	X	=	90 mm (Q3)
Taschenbreite	Y	=	70 mm (Q4)
Arbeitstiefe	Z _F	=	(-) 15 mm (-Q5)
Ecken-Radius	R	=	10 mm (Q6)
Fräs-Vorschub	F	=	200 mm/min (Q7)



Bearbeitungsprogramm

```

%S77I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 D00 Q1 P01 +50 *
N20 D00 Q2 P01 +50 *
N30 D00 Q3 P01 +90 * ..... Q-Parametern Rechtecktaschen-Daten zuweisen
N40 D00 Q4 P01 +70 *
N50 D00 Q5 P01 +15 *
N60 D00 Q6 P01 +10 *
N70 D00 Q7 P01 +200 *
N80 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N90 G31 X+100 Y+100 Z+0 *
N100 G99 T1 L+0 R+5 * ..... Werkzeug-Definition
N110 T1 G17 S1000 * ..... Werkzeug-Aufruf
N120 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N130 D04 Q13 P01 +Q3 P02 +2 * ..... Länge des Taschenrahmens halbieren für Verfahrweg
in Satz N200
N140 D04 Q14 P01 +Q4 P02 +2 * ..... Breite des Taschenrahmens halbieren für Verfahrwege
in Satz N220, N300
N150 D04 Q16 P01 +Q6 P02 +4 * ..... Rundungsradius für weiches Anfahren
N160 D04 Q17 P01 +Q7 P02 +2 * ..... Vorschub an Ecken soll halb so groß sein wie bei
Linearbewegungen

```

Fortsetzung nächste Seite

N170 X+Q1 Y+Q2 M03 *	.....	Vorpositionieren in XY (Taschenmitte), Spindel „Ein“
N180 Z+2 *	.....	Über Werkstück vorpositionieren
N190 G01 Z-Q5 FQ7 *	.....	Mit Vorschub Q7 (= 100) auf Arbeitstiefe -Q5 (= -15mm) fahren
N200 G41 G91 X+Q13 G90 Y+Q2 *	.....	Erster Konturpunkt auf dem Rahmen
N210 G26 RQ16 *	.....	Weiches (tangentes) Anfahren mit Radius Q16 (= 5 mm)
N220 G91 Y+Q14 *		
N230 G25 RQ6 *		
N240 X-Q3 *		
N250 G25 RQ6 *		
N260 Y-Q4 *	.....	Rechtecktaschen-Rahmen fräsen (inkremental)
N270 G25 RQ6 *		
N280 X+Q3 *		
N290 G25 RQ6 *		
N300 Y+Q14 *		
N310 G27 RQ16 *	.....	Weiches (tangentes) Wegfahren
N320 G00 G40 G90 X+Q1 Y+Q2 *	.....	Kontur verlassen (absolut zur Taschenmitte), Radius- korrektur aufheben
N330 Z+100 M02 *	.....	Zustellachse freifahren
N99999 %S771 G71 *		

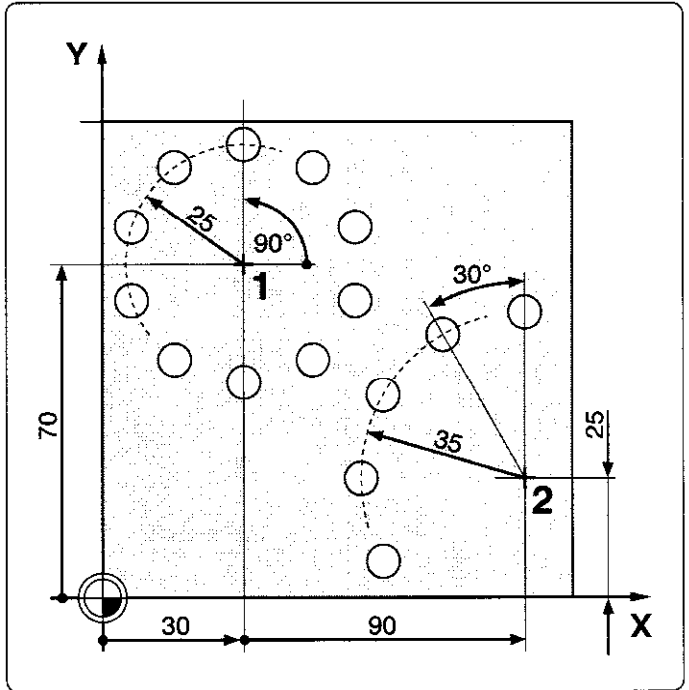
Übungsbeispiel: Lochkreise**Bohrbild auf Vollkreis verteilt:**

Eingabewerte sind aus den Programm-Kommentaren, Sätze N10 - N80 ersichtlich

Bewegungen in der Ebene werden mit Polarkoordinaten programmiert

Bohrbild auf Teilkreis verteilt:

Eingabewerte siehe Sätze N150 - N190, Q5, Q7 und Q8 bleiben gleich

**Bearbeitungsprogramm**

% LOCHKR G71 *	Ladedaten für Lochkreis 1
N10 D00 Q1 P01 +30 *	Lochkreis-Mitte X
N20 D00 Q2 P01 +70 *	Lochkreis-Mitte Y
N30 D00 Q3 P01 +11 *	Anzahl der Bohrungen
N40 D00 Q4 P01 +25 *	Lochkreis-Radius
N50 D00 Q5 P01 +90 *	Start-Winkel
N60 D00 Q6 P01 +0 *	Fortschalt-Winkel (0: Bohrungen auf 360° verteilen)
N70 D00 Q7 P01 +2 *	Sicherheits-Abstand
N80 D00 Q8 P01 +15 *	Bohrtiefe
N90 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	
N100 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *	
N110 G99 T1 L+0 R+4 *	
N120 T1 G17 S2500 *	
N130 G83 P01 +Q7 P02 -Q8 P03 +5	
P04 0 P05 250 *	Definition Tiefbohr-Zyklus
N140 L1,0 *	Aufruf Lochkreis 1
	Ladedaten für Lochkreis 2 (nur geänderte Ladedaten neu eingeben)
N150 D00 Q1 P01 +90 *	Neue Mitte X
N160 D00 Q2 P01 +25 *	Neue Mitte Y
N170 D00 Q3 P01 5 *	Neue Anzahl Bohrungen
N180 D00 Q4 P01 +35*	Neuer Lochkreis-Radius
N190 D00 Q6 P01 +30*	Neuer Fortschalt-Winkel (kein Vollkreis, 5 Bohrungen mit 30° Abstand)
N200 L1,0 *	Aufruf Lochkreis 2
N210 G00 G40 G90 Z+200 M2 *	

Fortsetzung nächste Seite

N220 G98 L1 *	.....	Unterprogramm Lochkreis
N230 D00 Q10 P01 +0 *	.....	Zähler für fertige Bohrungen vorbelegen
N240 D10 P01 +Q6 P07+QP03 10 *	.....	Wenn Fortschalt-Winkel eingegeben, dann Sprung auf LBL 10
N250 D04 Q6 P01 +360 P02 +Q3 *	.....	Fortschalt-Winkel berechnen, Bohrungen auf 360° verteilen
N260 G98 L10 *		
N270 D01 Q11 P01 +Q5 P02 +06 *	.....	Zweite Bohrposition berechnen aus Start-Winkel und Fortschalt-Winkel
N280 G90 I+Q1 J+Q2 G00 G40 *	.....	Pol ins Lochkreis-Zentrum
N290 G10 R+Q4 H+Q5 M3 *	.....	1. Bohrung anfahren in der Ebene
N300 G00 Z+Q7 M99 *	.....	Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus aufrufen
N310 D01 Q10 P01 +Q10 P02 +1 *	.....	Gefertigte Bohrung zählen
N320 D09 +Q10 P02 +Q3 P03 99 *	.....	Schon fertig?
N330 G98 L2 *		
N340 G10 G40 G90 R+Q4 H+Q11 M99 *	.....	Zweite und weitere Bohrungen machen
N350 D01 Q10 P01 +Q10 P02 +1 *	.....	Gefertigte Bohrung zählen
N360 D01 Q11 P01 +Q11 P02 +Q6 *	.....	Winkel für nächste Bohrung berechnen
N370 D12 P01 +Q10 P02 +Q3 P03 2 *	.....	Unfertig?
N380 G98 L99 *		
N390 G00 Z+200 *	.....	Z freifahren
N400 G98 L0 *	.....	Unterprogramm-Ende
N99999 % LOCHKR G71 *		

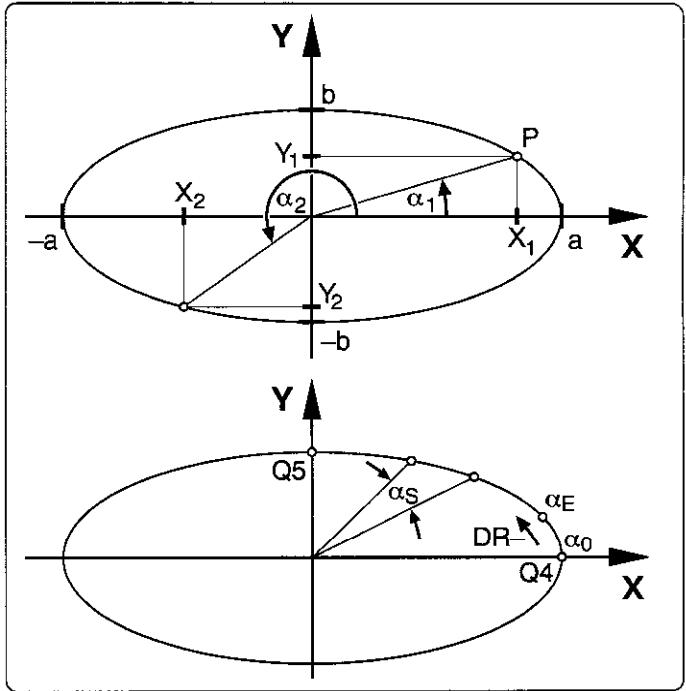
Übungsbeispiel: Ellipse

X-Koordinaten-Berechnung: $X = a \times \cos \alpha$
 Y-Koordinaten-Berechnung: $Y = b \times \sin \alpha$

a, b : Halbachsen der Ellipse
 α : Winkel zwischen führender Achse und Verbindungslinie von P zum Mittelpunkt der Ellipse.
 X_0, Y_0 : Ellipsen-Zentrum

Ablauf:
 Die Punkte auf der Ellipse werden berechnet und durch viele kleine Geradenstücke miteinander verbunden. Je mehr Punkte berechnet werden und je kürzer die Geradenstrecken sind, um so glatter wird die Kurve.

Durch entsprechende Eingabe von Anfangs- und Endwinkel läßt sich die Bearbeitungsrichtung variieren.
 Die Eingabe-Parameter sind in den Sätzen N10 - N120 des Programms beschrieben.
 Berechnungen sind mit der Funktion FORMULA programmiert.

**Bearbeitungsprogramm**

% Ellipse G71 *	Ladedaten
N10 D00 Q1 P01 +50 *	Ellipsen-Zentrum X
N20 D00 Q2 P01 +50 *	Ellipsen-Zentrum Y
N30 D00 Q3 P01 +50 *	X-Halbachse
N40 D00 Q4 P01 +20 *	Y-Halbachse
N50 D00 Q5 P01 +0 *	Start-Winkel
N60 D00 Q6 P01 +360 *	End-Winkel
N70 D00 Q7 P01 +40 *	Anzahl der Berechnungs-Schritte
N80 D00 Q8 P01 +0 *	Drehlage
N90 D00 Q9 P01 +10 *	Tiefe
N100 D00 Q10 P01 +100 *	Eintauch-Vorschub
N110 D00 Q11 P01 +350 *	Fräs-Vorschub
N120 D00 Q12 P01 +2 *	Sicherheits-Abstand Z
N130 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	
N140 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *	
N150 G99 T1 L+0 R+2,5 *	
N160 T1 G17 *	
N170 G00 G40 G90 Z+200 *	
N180 L10,0 *	Unterprogramm Ellipse aufrufen
N190 G00 Z+200 M2*	

Fortsetzung nächste Seite

N200 G98 L10 *	
N210 G54 X+Q1 Y+Q2 *	Nullpunkt ins Ellipsen-Zentrum verschieben
N220 G73 G90 H+Q8 *	Drehung aktivieren, falls Q8 geladen
N230 Q35 = (Q6-Q5)/Q7	Winkelschritt berechnen (End-Winkel minus Start-Winkel dividiert durch Anzahl der Schritte)
N240 Q36 = Q5	Aktueller Winkel für Berechnungen gleich Start-Winkel setzen
N250 Q37 = 0	Zähler für gefräste Schritte setzen
N260 Q21 = Q3 * COS Q36	X-Koordinate für Startpunkt berechnen
N270 Q22 = Q4 * SIN Q36	Y-Koordinate für Startpunkt berechnen
N280 G00 G40 G90 X+Q21 Y+Q22 M3 *	Startpunkt anfahren in der Ebene
N290 Z+Q12 *	Z auf Sicherheits-Abstand im Eilgang
N300 G01 Z-Q9 FQ10 *	Eintauchen auf Frästiefe im Eintauch-Vorschub
N310 G98 L1 *	
N320 Q36 = Q36 + Q35	Winkel aktualisieren
N330 Q37 = Q37 + 1	Zähler aktualisieren
N340 Q21 = Q3 * COS Q36	nächste X-Koordinate berechnen
N350 Q22 = Q4 * SIN Q36	nächste Y-Koordinate berechnen
N360 G01 X+Q21 Y+Q22 FQ11	nächsten Punkt anfahren
N370 D12 P01+Q37 P02+Q7 P031 *	Unfertig?
N380 G73 G90 H+0 *	Drehung rücksetzen
N390 G54 *	Nullpunkt-Verschiebung rücksetzen
N400 G00 G40 G90 Z+Q12 *	Z auf Sicherheits-Abstand
N410 G98 L0 *	Unterprogramm-Ende
N99999 % ELLIPSE G71 *	

Übungsbeispiel: Räumliche Bearbeitung (Kugel mit Schafffräser bearbeiten)

Erklärungen zum Programm

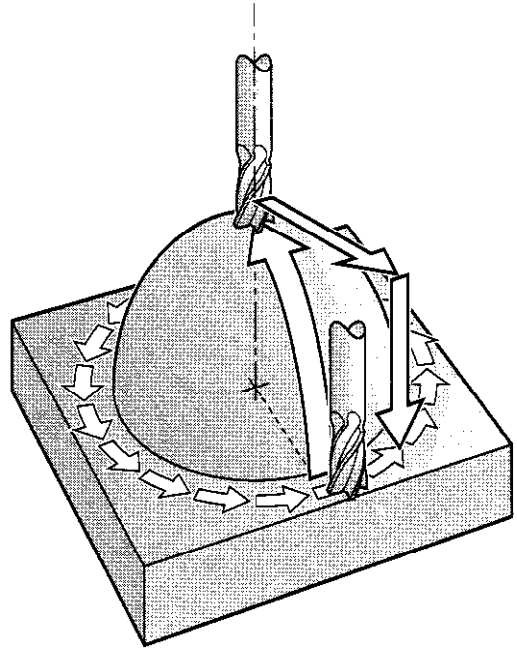
- Das Werkzeug verfährt in der Z/X - Ebene von unten nach oben.
- In Satz 12 (Q12) kann ein Aufmaß eingegeben werden, falls die Kontur in mehreren Schritten gefertigt werden soll.
- Der Werkzeug-Radius wird mit dem Parameter Q108 automatisch berücksichtigt.

Das Programm arbeitet mit den folgenden Größen:

- Raumwinkel: Startwinkel Q1
Endwinkel Q2
Schrittweite Q3
- Kugelradius Q4
- Sicherheitsabstand Q5
- Ebenenwinkel: Startwinkel Q6
Endwinkel Q7
Schrittweite Q8
- Kugel-Mittelpunkt: X-Koordinate Q9
Y-Koordinate Q10
- Fräsvorschub Q11
- Aufmaß Q12

Die zusätzlich im Programm definierten Parameter haben folgende Bedeutung:

- Q15: Sicherheitsabstand über Kugel
- Q21: Raumwinkel während Bearbeitung
- Q24: Abstand Kugelmittelpunkt - Werkzeugmittelpunkt
- Q26: Ebenenwinkel während Bearbeitung
- Q108: TNC-Parameter mit Werkzeug-Radius

**Bearbeitungsprogramm**

```

%S712I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 D00 Q1 P01 +90 *
N20 D00 Q2 P01 +0 *
N30 D00 Q3 P01 +5 *
N40 D00 Q4 P01 +45 *
N50 D00 Q5 P01 +2 *
N60 D00 Q6 P01 +0 *
N70 D00 Q7 P01 +360 *
N80 D00 Q8 P01 +5 *
N90 D00 Q9 P01 +50 *
N100 D00 Q10 P01 +50 *
N110 D00 Q11 P01 +500 *
N120 D00 Q12 P01 +0 * ..... Parametern Kugeldaten zuweisen
N130 G30 G17 X+0 Y+0 Z-50 * ..... Rohteil-Definition
N140 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N150 G99 T1 L+0 R+5 * ..... Werkzeug-Definition
N160 T1 G17 S2500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N170 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Freifahren und Werkzeug einwechseln
N180 L10,0 * ..... Unterprogramm-Aufruf
N190 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren; Rücksprung zum Programm-Beginn

```

Fortsetzung nächste Seite

```

N200 G98 L10 *
N210 D01 Q15 P01 +Q5 P02 +Q4 *
N220 D00 Q21 P01 +Q1 * ..... Start- und Rechenwerte bestimmen
N230 D01 Q24 P01 +Q4 P02 +Q108 *
N240 D00 Q26 P01 +Q6 *
N250 G54 X+Q9 Y+Q10 Z-Q4 * ..... Nullpunkt ins Kugelzentrum verschieben
N260 G73 G90 H+Q6 * ..... Rotation für Programmstart (Start-Ebenenwinkel)
N270 I+0 J+0 *
N280 G11 R+Q24 H+Q6 FQ11 * ..... Vorpositionierung vor der Bearbeitung
N290 G98 L1 *
N300 I+Q108 K+0 * ..... Pol setzen (Ebene X/Z)
N310 G01 Y+0 Z+0 FQ11 * ..... Vorpositionierung an jedem Kreisbogenanfang
N320 G98 L2 *
N330 G11 R+Q4 H+Q21 FQ11 *
N340 D02 Q21 P01 +Q21 P02 +Q3 * ..... An der Kugelwand hochfräsen, bis höchster Punkt erreicht ist
N350 D11 P01 +Q21 P02 +Q2 P03 2 *
N360 G11 R+Q4 H+Q2 * ..... Höchsten Kugelpunkt anfahren
N370 G00 Z+Q15 * ..... Z freifahren
N380 X+Q24 * ..... X freifahren
N390 D01 Q26 P01 +Q26 P02 +Q8 * ..... Nächsten Drehschritt vorbereiten
N400 D00 Q21 P01 +Q1 * ..... Raumwinkel für Kugelaußenwand wieder auf Startwert
setzen
N410 G73 G90 H+Q26 * ..... Rotation für nächste Bearbeitung aktivieren
N420 D12 P01 +Q26 P02 +Q7 P03 1 *
N430 D09 P01 +Q26 P02 +Q7 P03 1 * ..... Koordinatensystem um Z-Achse drehen, bis Ebenen-
Endwinkel erreicht ist
N440 G73 G90 H+0 * ..... Drehung zurücksetzen
N450 G54 X+0 Y+0 Z+0 * ..... Nullpunkt-Verschiebung zurücksetzen
N460 G98 L0 * ..... Unterprogramm-Ende
N99999 %S712! G71 *

```

8 Zyklen

8

8.1 Allgemeines zu den Zyklen	8-2
Zyklus programmieren	8-2
Maßangaben in der Werkzeug-Achse	8-3
8.2 Einfachere Bearbeitungszyklen	8-4
TIEFBOHREN G83	8-4
GEWINDEBOHREN MIT AUSGLEICHSFUTTER G84	8-6
GEWINDEBOHREN OHNE AUSGLEICHSFUTTER G85	8-8
GEWINDESCHNEIDEN G86	8-8
NUTENFRAESEN G74	8-9
TASCHENFRAESEN G75/G76	8-11
KREISTASCHE G77/G78	8-13
8.3 SL-Zyklen (Gruppe I)	8-15
KONTUR G37	8-16
AUSRAEUMEN G57	8-17
ÜBERLAGERTE KONTUREN	8-19
VORBOHREN G56	8-25
KONTURFRAESEN G58/G59	8-26
8.4 SL-Zyklen (Gruppe II)	8-29
KONTUR-DATEN G120	8-30
VORBOHREN G121	8-31
RAEUMEN G122	8-32
SCHLICHTEN TIEFE G123	8-32
SCHLICHTEN SEITE G124	8-33
Übungsbeispiel: Rechtecktasche mit runder Insel	8-33
KONTUR-ZUG G125	8-35
8.5 Zyklen zur Koordinaten-Umrechnung	8-37
NULLPUNKT-Verschiebung G54	8-38
NULLPUNKT-Verschiebung mit Nullpunkt-Tabellen G53	8-40
SPIEGELN G28	8-42
DREHUNG G73	8-44
MAßFAKTOR G72	8-45
8.6 Sonstige Zyklen	8-47
VERWEILZEIT G04	8-47
PROGRAMM-AUFRUF G39	8-47
SPINDEL-ORIENTIERUNG G36	8-48

8.1 Allgemeines zu den Zyklen

Häufig wiederkehrende Bearbeitungen, die mehrere Bearbeitungsschritte umfassen, sind in der TNC als Zyklen gespeichert. Auch Koordinaten-Umrechnungen und einige Sonderfunktionen stehen als Zyklen zur Verfügung.







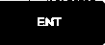









Die Zyklen sind in folgende Gruppen unterteilt:

- Die **einfacheren Bearbeitungszyklen** wie Tiefbohren und Gewindebohren, sowie die Fräsbearbeitungen Nut, Kreis- und Rechtecktasche.
- **SL(Subkontur-Liste)-Zyklen, Gruppe I**, mit denen aufwendigere Konturen bearbeitet werden, die sich aus mehreren überlagerten Teilkonturen zusammensetzen.
- **SL-Zyklen, Gruppe II**, für konturorientierte Bearbeitung, mit denen die TNC das Werkzeug beim Ausräumen und Schlichten an der Kontur entlang verfährt. Dabei bestimmt die TNC die Fräser-Einstichpositionen selbsttätig.
- **Zyklen zur Koordinaten-Umrechnung**, mit denen beliebige Konturen verschoben, gedreht, gespiegelt, vergrößert und verkleinert werden.
- **Sonder-Zyklen** Verweilzeit, Programm-Aufruf, Spindel-Orientierung.

Zyklus programmieren

Zyklus definieren

Mit der entsprechenden G-Funktion wird der gewünschte Zyklus angewählt und im Dialog definiert. Das folgende Beispiel zeigt, wie ein beliebiger Zyklus definiert wird:

   	z.B. Zyklus Gewindebohren ohne Ausgleichfutter wählen.
SICHERHEITS-ABSTAND?	
z.B.   	Sicherheitsabstand eingeben, z.B. -2mm
BOHRTIEFE?	
z.B.    	Bohrtiefe eingeben, z.B. -30mm
GEWINDESTEIGUNG?	
z.B.     	Gewindesteigung eingeben, z.B. +0,75mm

NC-Satz: G85 P01-2 P02-30 P03+0.75 *

Zyklus aufrufen

Folgende Zyklen wirken ab ihrer Definition im Bearbeitungsprogramm:

- Zyklen zur Koordinaten-Umrechnung,
- der Zyklus Verweilzeit und
- die SL-Zyklen, die die Kontur und die globalen Parameter festlegen.

Alle übrigen Zyklen müssen separat aufgerufen werden. Die nachfolgenden Beschreibungen der einzelnen Zyklen enthalten hierzu Hinweise.

Soll der Zyklus nach dem Satz ausgeführt werden, in dem er aufgerufen wurde, den Zyklusaufruf

- mit G79
- mit der Zusatz-Funktion M99 programmieren.

Soll der Zyklus nach jedem Positioniersatz ausgeführt werden, so wird er mit der Zusatzfunktion M89 aufgerufen (maschinenparameterabhängig).

Die Wirkung von M89 wird aufgehoben durch:

- M99
- G79
- eine neue Zyklus-Definition

**Voraussetzungen:**

Vor einem Zyklus-Aufruf müssen bereits programmiert sein:

- Rohteil zur grafischen Darstellung
- Werkzeug-Aufruf
- Positioniersatz zur Start-Position X, Y
- Positioniersatz zur Start-Position Z (Sicherheits-Abstand)
- Drehsinn der Spindel (Zusatz-Funktion M3/M4)
- Zyklus-Definition

Maßangaben in der Werkzeug-Achse

Die Zustellungen in der Werkzeug-Achse beziehen sich immer auf die Position des Werkzeugs zum Zeitpunkt des Zyklus-Aufrufs; die TNC interpretiert die Koordinaten inkremental. G91 muß dazu nicht programmiert werden.



Die TNC geht bei Zyklen davon aus, daß sich das Werkzeug zu Beginn im Sicherheitsabstand über der Werkstück-Oberfläche befindet (außer bei SL-Zyklen der Gruppe II).

8.2 Einfachere Bearbeitungszyklen

TIEFBOHREN G83

Zyklus-Ablauf:

- Das Werkzeug bohrt mit dem eingegebenen Vorschub bis zur ersten Zustell-Tiefe
- Danach wird das Werkzeug im Eilgang zurückgezogen und wieder bis zur ersten Zustell-Tiefe verfahren, verringert um den Vorhalte-Abstand t (siehe Berechnungen)
- Anschließend bohrt das Werkzeug mit eingegebenem Vorschub um eine weitere Zustell-Tiefe
- Dieser Ablauf wird wiederholt, bis die eingegebene Bohrtiefe erreicht ist
- Am Bohrungsgrund wird das Werkzeug nach der Verweilzeit zum Freischneiden im Eilgang zur Start-Position zurückgezogen

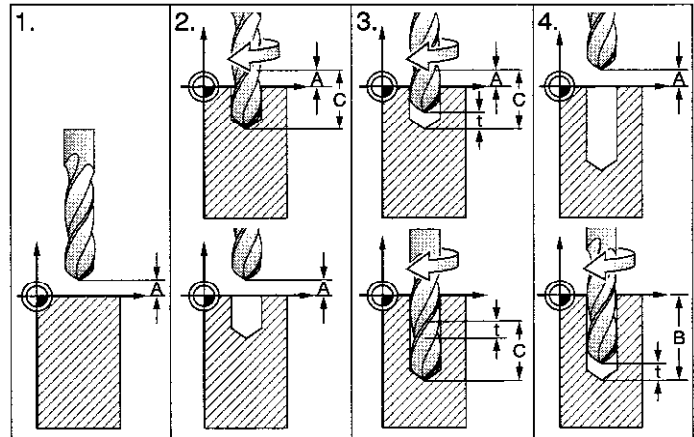


Abb. 8.1: Zyklus-Ablauf: TIEFBOHREN

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND \textcircled{A} :
Abstand zwischen Werkzeugspitze (Start-Position) und Werkstück-Oberfläche
- BOHRTIEFE \textcircled{B} :
Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Bohrungsgrund (Spitze des Bohrkegels)
Das Vorzeichen der Bohrtiefe legt die Arbeitsrichtung fest (– entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).
- ZUSTELL-TIEFE \textcircled{C} :
Maß, um welches das Werkzeug jeweils zugestellt wird.
Sind BOHRTIEFE und ZUSTELL-TIEFE gleich, so verfährt das Werkzeug in einem Arbeitsgang auf die eingegebene Bohrtiefe.
Die ZUSTELL-TIEFE muß kein Vielfaches der BOHRTIEFE sein.
Ist die ZUSTELL-TIEFE größer als die BOHRTIEFE, so wird nur bis zur BOHRTIEFE gebohrt.
- VERWEILZEIT IN SEKUNDEN:
Zeit, in der das Werkzeug am Bohrungsgrund verweilt, um freizuschneiden.
- VORSCHUB ? F =

Berechnungen

Die Steuerung ermittelt den Vorhalte-Abstand selbsttätig:

- Bohrtiefe bis 30 mm: $t = 0,6$ mm
- Bohrtiefe über 30 mm: $t = \text{Bohrtiefe}/50$
maximaler Vorhalte-Abstand: 7 mm

Übungsbeispiel: Tiefbohren

Koordinaten der Bohrungen:

① X = 20 mm Y = 30 mm

② X = 80 mm Y = 50 mm

Bohrungsdurchmesser: 6 mm

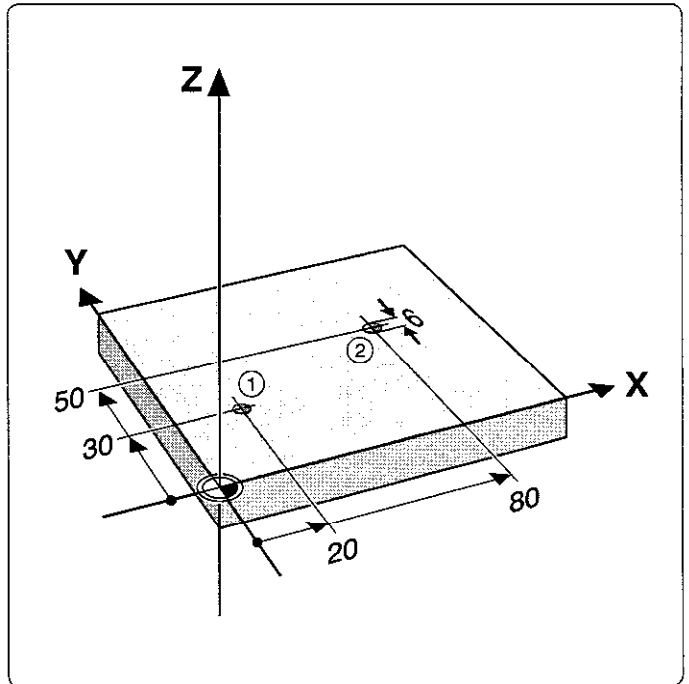
Sicherheits-Abstand: 2 mm

Bohrtiefe: 15 mm

Zustell-Tiefe: 10 mm

Verweilzeit: 1 s

Vorschub: 80 mm/min

**Zyklus TIEFBOHREN im Bearbeitungsprogramm**

%S85l G71 *	.....	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	.....	Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *		
N30 G99 T1 L+0 R+3 *	.....	Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1200 *	.....	Werkzeug-Aufruf
N50 G83 P01 -2 P02 -15 P03 -10 P04 1 P05 80 *	...	Tiefbohrzyklus definieren
N60 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	.....	Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N70 X+20 Y+30 M03 *	.....	Vorpositionieren für erste Bohrung, Spindel EIN
N80 Z+2 M99 *	.....	Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-Aufruf
N90 X+80 Y+50 M99 *	.....	2. Bohrung anfahren, Zyklus-Aufruf
N100 Z+100 M02 *	.....	Zustellachse freifahren und Programm beenden
N99999 %S85l G71 *		

GEWINDEBOHREN mit Ausgleichsfutter G84

Zyklus-Ablauf

- Das Werkzeug fährt in einem Arbeitsgang auf die Bohrtiefe
- Danach wird die Spindeldrehrichtung umgekehrt und das Werkzeug nach der Verweilzeit auf die Startposition zurückgezogen
- An der Start-Position wird die Spindeldrehrichtung erneut umgekehrt

Voraussetzung

Zum Gewindeschneiden ist ein Längenausgleichsfutter erforderlich. Das Längenausgleichsfutter kompensiert Toleranzen von Vorschub und Drehzahl während der Bearbeitung.

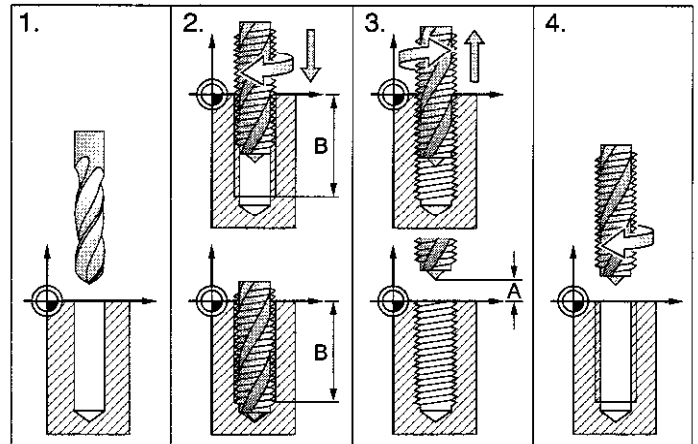


Abb. 8.2: Zyklus-Ablauf Gewindebohren

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND (A): Abstand zwischen Werkzeugspitze (Start-Position) und Werkstück-Oberfläche. Richtwert: 4x Gewindesteigung
- BOHRTIEFE (B) (Gewindelänge): Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Gewindeende
Das Vorzeichen der Bohrtiefe legt die Arbeitsrichtung fest (– entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).
- VERWEILZEIT IN SEKUNDEN: Wert zwischen 0 und 0,5 Sekunden eingeben, um ein Verkeilen des Werkzeugs beim Rückzug zu vermeiden (genauere Angaben erteilt der Maschinen-Hersteller).
- VOSCHUB F: Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Gewindebohren.

Berechnung

Vorschub ermitteln:

$$F = S \times p$$

F: Vorschub (mm/min)

S: Spindel-Drehzahl (U/min)

p: Gewindesteigung (mm)



- Während der Zyklus abgearbeitet wird, ist der Drehknopf für den Drehzahl-Override unwirksam. Der Drehknopf für den Vorschub-Override ist noch begrenzt aktiv (vom Maschinen-Hersteller festgelegt).
- Für Rechtsgewinde wird die Spindel mit M3 aktiviert, für Linksgewinde mit M4.

Übungsbeispiel: Gewindebohren mit Ausgleichsfutter

Gewinde M6 mit Drehzahl 100 U/min fertigen

Koordinaten der Gewindebohrung:

X = 50 mm Y = 20 mm

Steigung p = 1 mm

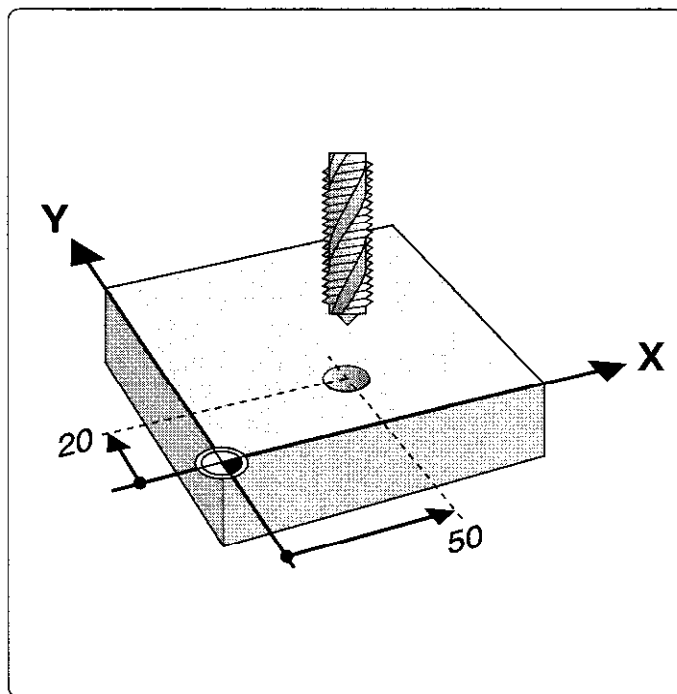
$F = S \times p \quad F = 100 \cdot 1 = 100 \text{ mm/min}$

Sicherheits-Abstand: 3 mm

Gewindetiefe: 20 mm

Verweilzeit: 0,4 s

Vorschub: 100 mm/min

**Zyklus GEWINDEBOHREN im Bearbeitungsprogramm**

%S87I G71 *	.....	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	.....	Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *		
N30 G99 T1 L+0 R+3 *	.....	Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S100 *	.....	Werkzeug-Aufruf
N50 G84 P01 -5 P02 -20 P03 0,4 P04 100 *	.....	Gewindebohrzyklus definieren
N60 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	.....	Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N70 X+50 Y+20 M03 *	.....	Vorpositionieren in der Ebene, Spindel EIN
N80 Z+3 M99 *	.....	Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-Aufruf
N90 Z+100 M02 *	.....	Zustellachse freifahren und Programm beenden
N99999 %S87I G71 *		

GEWINDEBOHREN ohne Ausgleichsfutter G85

Zyklus-Ablauf

Das Gewinde wird entweder in einem oder in mehreren Arbeitsgängen ohne Längenausgleichsfutter geschnitten.

Vorteile gegenüber dem Zyklus Gewindebohren mit Ausgleichsfutter:

- Höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit
- Gleiches Gewinde wiederholbar, da sich die Spindel beim Zyklus-Aufruf auf die 0°-Position ausrichtet (abhängig von Maschinen-Parameter 7160; siehe S. 11-12)
- Größerer Verfahrensbereich der Spindelachse, da das Ausgleichsfutter entfällt



Maschine und TNC müssen vom Hersteller für das Gewindebohren ohne Ausgleichsfutter vorbereitet sein.

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND (A): Abstand zwischen Werkzeugspitze (Start-Position) und Werkstück-Oberfläche.
- BOHRTIEFE (B): Abstand zwischen Werkstück-Oberfläche (Gewindebeginn) und Gewindeende
Das Vorzeichen der Bohrtiefe legt die Arbeitsrichtung fest (- entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).
- GEWINDESTEIGUNG (C): Das Vorzeichen legt Rechts- und Linksgewinde fest:
+ = Rechtsgewinde
- = Linksgewinde

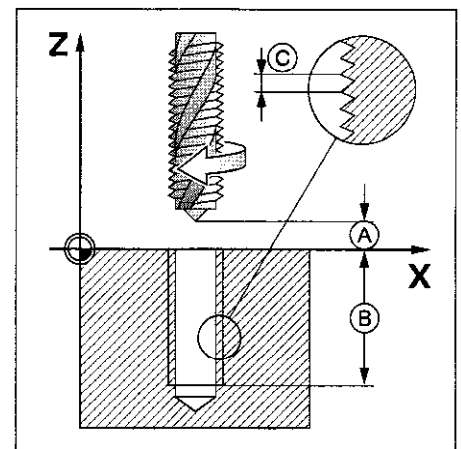


Abb. 8.3: Eingaben für Zyklus GEWINDEBOHREN ohne Ausgleichsfutter



Die TNC errechnet den Vorschub in Abhängigkeit von der Drehzahl. Wird während des Gewindebohrens der Drehknopf für den Drehzahl-Override betätigt, wird der Vorschub automatisch angepaßt. Der Drehknopf für den Vorschub-Override ist nicht aktiv.

GEWINDESCHNEIDEN G86

Zyklusablauf

Diese Bearbeitung wird mit geregelter Spindel ausgeführt. Der Spindeldrehung wird eine Bewegung in der Werkzeug-Achse überlagert; so lassen sich schraubenlinienförmige Schnitte am Werkstück anbringen.



Der Zyklus G86 GEWINDESCHNEIDEN wird vom Maschinen-Hersteller an TNC und Maschine angepaßt. Er gibt zu diesem Zyklus nähere Informationen.

Anwendungsbeispiel

- Innengewinde mit Meißel schneiden

Der Gewindedurchmesser hängt vom verwendeten Meißel ab.

Eingaben

- BOHRTIEFETIEFE: Abstand zwischen Werkstück-Oberfläche und Gewinde-Ende
- GEWINDESTEIGUNG:

NUTENFRAESEN G74

Zyklus-Ablauf

Schruppvorgang:

- Das Werkzeug sticht von der Start-Position aus um das Aufmaß versetzt in das Werkstück ein und fräst in Längsrichtung der Nut. Das Aufmaß ergibt sich aus: $(\text{Nutbreite} - \text{Werkzeug-Durchmesser}) \div 2$.
- Am Ende der Nut erfolgt eine Tiefenzustellung und das Werkzeug fräst in Gegenrichtung. Diese Schritte wiederholen sich, bis die programmierte Frästiefe erreicht ist.

Schlichtvorgang:

- Am Fräsgrund wird das Werkzeug in einer Kreisbahn tangential an die Außenkontur geführt. Danach wird die Kontur im Gleichlauf (bei M3) abgefahren.
- Abschließend verfährt das Werkzeug im Eilgang auf den Sicherheits-Abstand zurück. Bei einer ungeraden Anzahl von Zustellungen verfährt das Werkzeug im Sicherheitsabstand zur Start-Position.

Voraussetzungen

Der Zyklus erfordert einen Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844). Der Fräserdurchmesser darf nicht größer als die Nutbreite und nicht kleiner als die Hälfte der Nutbreite sein. Die Nut muß parallel zu einer Achse des aktuellen Koordinatensystems liegen.

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND (A)
- FAESTIEFE (B): Tiefe der Nut

Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest (- entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).

- ZUSTELL-TIEFE (C)
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen
- 1. SEITEN-LÄNGE (D):
Länge der Nut, 1. Schnittrichtung durch Vorzeichen festlegen
- 2. SEITEN-LÄNGE (E):
Breite der Nut
- VORSCHUB F:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene

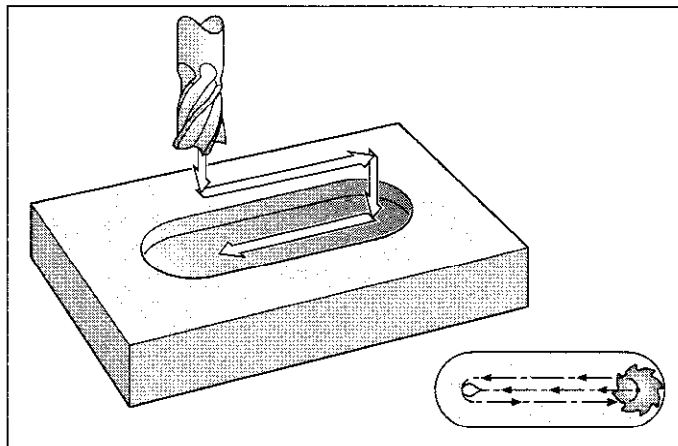


Abb. 8.4: Zyklus-Ablauf NUTENFRAESEN

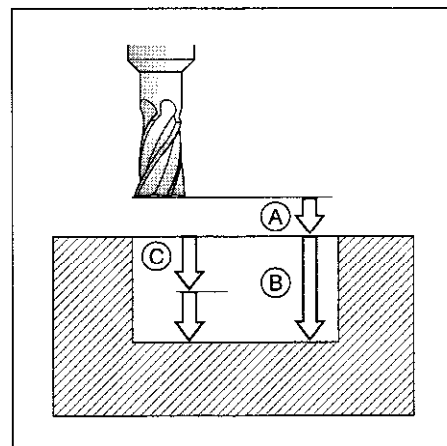


Abb. 8.5: Zustellungen und Abstände für den Zyklus NUTENFRAESEN

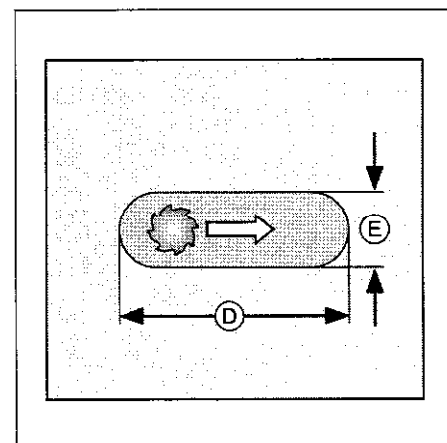


Abb. 8.6: Seitenlängen der Nut

Übungsbeispiel: Nuten fräsen

Eine waagrecht liegende Nut mit Länge 50 mm und Breite 10 mm sowie eine senkrechte Nut mit Länge 80 mm und Breite 10 mm fräsen.

Für die Startposition wird der Werkzeugradius in Längsrichtung der Nut berücksichtigt.

Startposition Nut ①:
X = 76 mm Y = 15 mm

Startposition Nut ②:
X = 20 mm Y = 14 mm

NUTTIEFE: 15 mm

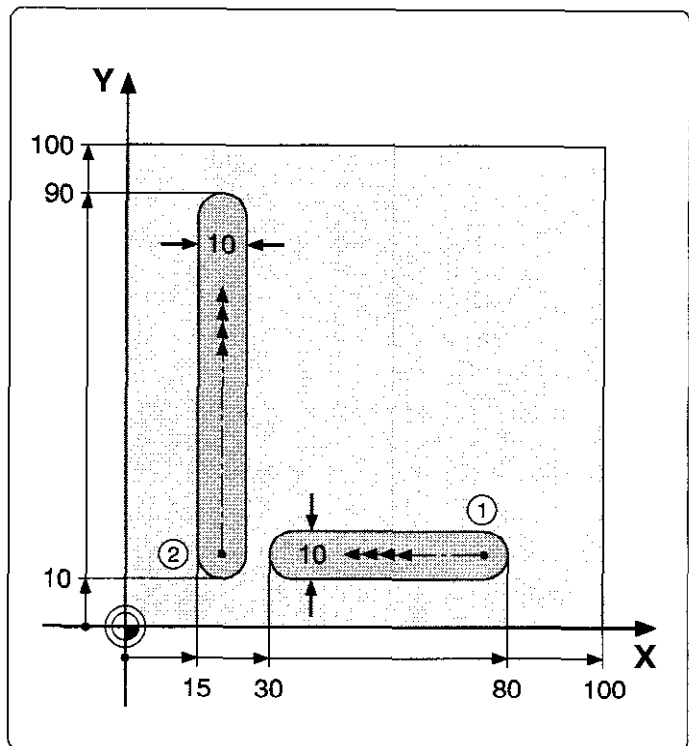
Sicherheits-Abstände: 2 mm

Frästiefen: 15 mm

Zustell-Tiefen: 5 mm

Vorschub Tiefenzustellung: 80 mm/min

	①	②
Nut-Länge	50 mm	80 mm
Richtung 1. Schnitt	-	+
Nut-Breiten:	10 mm	
Vorschub:	120 mm/min	

**Zyklus NUTENFRAESEN im Bearbeitungsprogramm**

```

%S810I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+4 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S2000 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G74 P01 -2 P02 -15 P03 -5 P04 80 P05 X-50
P06 Y+10 P07 120 * ..... Nut parallel zur X-Achse definieren
N60 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N70 X+76 Y+15 M03 * ..... Anfahren der Startposition, Spindel EIN
N80 Z+2 M99 * ..... Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-
Aufruf ①
N90 G74 P01 -2 P02 -15 P03 -5 P04 80 P05 Y+80
P06 X+10 P07 120 * ..... Nut parallel zur Y-Achse definieren
N100 X+20 Y+14 M99 * ..... Startposition anfahren, Zyklus-Aufruf ②
N110 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren und Programm beenden
N99999 %S810I G71 *

```

TASCHENFRAESEN G75/G76

Zyklus-Ablauf

Beim Schrupp-Zyklus Rechtecktasche

- sticht das Werkzeug an der Startposition (Taschenmitte) in das Werkstück ein
- beschreibt das Werkzeug anschließend mit dem eingegebenen Vorschub die dargestellte Bahn (siehe Abb. 8.9)

Der Fräser beginnt mit der positiven Achsrichtung der längeren Seite. Bei quadratischen Taschen beginnt der Fräser in positiver Y-Richtung. Am Ende wird das Werkzeug auf die Start-Position zurückgezogen.

Voraussetzungen/Einschränkungen

Der Zyklus erfordert einen Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844), oder Vorbohren in der Taschenmitte. Die Seiten der Tasche liegen parallel zu den Achsen des Koordinatensystems.

Drehrichtung beim Ausräumen

Drehrichtung im Uhrzeigersinn G76

Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn G75

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND \textcircled{A}
- FRAESTIEFE \textcircled{B}
Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest (- entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).
- ZUSTELL-TIEFE \textcircled{C}
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen.
- 1. SEITEN-LAENGE \textcircled{D} :
Länge der Tasche, parallel zur ersten Hauptachse der Bearbeitungsebene.
- 2. SEITEN-LAENGE \textcircled{E} :
Breite der Tasche
Die Vorzeichen der Seitenlängen sind stets positiv
- VORSCHUB F:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene.

Berechnungen

Seitliche Zustellung k

$$k = K \times R$$

K: Überlappungs-Faktor, vom Maschinen-Hersteller festgelegt
R: Radius des Fräasers

Eckenradius

Der Eckenradius ergibt sich aus dem Radius des Fräsers.

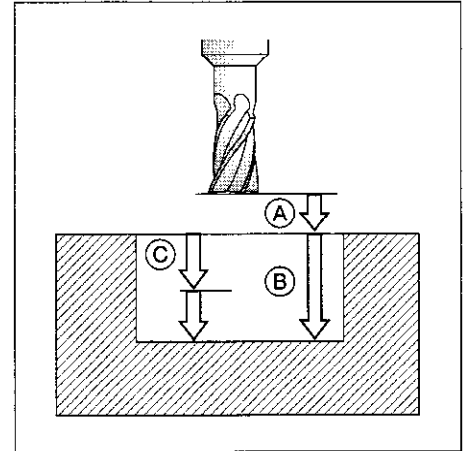


Abb. 8.7: Zustellungen und Abstände beim Zyklus TASCHENFRAESEN

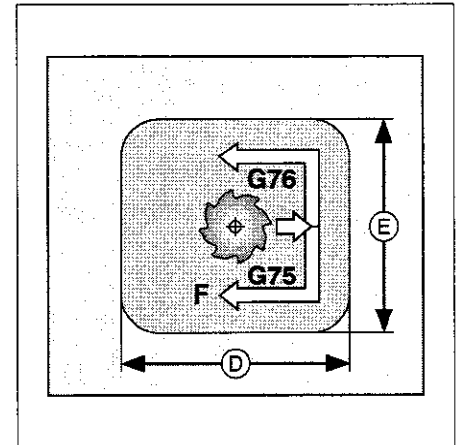


Abb. 8.8: Seitenlängen der Tasche

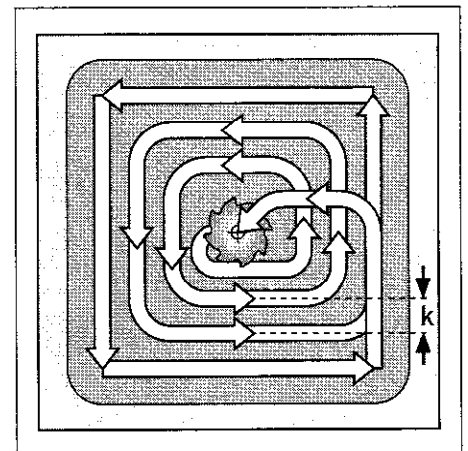


Abb. 8.9: Werkzeug-Bahn beim Ausräumen

Übungsbeispiel: Rechtecktasche fräsen

Koordinaten der Taschenmitte:

X = 60 mm Y = 35 mm

Sicherheits-Abstand: 2 mm

Frästiefe: 10 mm

Zustell-Tiefe: 4 mm

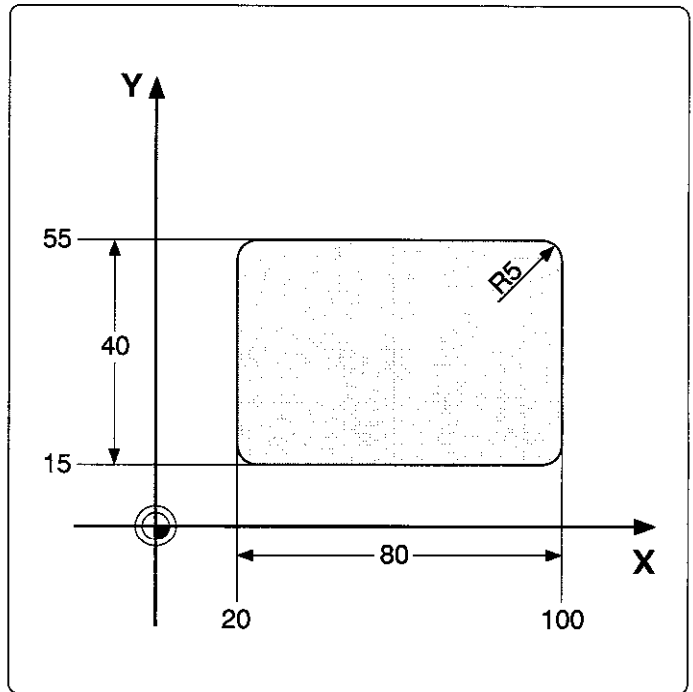
Vorschub Tiefenstellung: 80 mm/min

1. Seitenlänge: 80 mm

2. Seitenlänge: 40 mm

Fräsvorschub: 100 mm/min

Umlaufsinn der Fräserbahn: +

**Zyklus TASCHEFRAESEN im Bearbeitungsprogramm**

```

%S812I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+110 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+5 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S2000 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G76 P01 -2 P02 -10 P03 -4 P04 80 P05 X+80
P06 Y+40 P07 100 * ..... Rechtecktaschen-Zyklus definieren
N60 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N70 X+60 Y+35 M03 * ..... Anfahren der Startposition (Taschenmitte, Spindel EIN
N80 Z+2 M99 * ..... Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-
Aufruf
N90 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren und Programm beenden
N99999 %S812I G71 *

```

KREISTASCHE G77/G78**Zyklus-Ablauf**

- Beim Schrapp-Zyklus Kreistasche sticht das Werkzeug aus der Startposition (Taschenmitte) in das Werkstück ein
- Danach beschreibt es eine spiralförmige Bahn mit dem eingegebenen Vorschub (siehe Abb. 8.10). Die seitliche Zustellung erfolgt um den Betrag k (siehe TASCHEFRÄSEN Zyklus G75/G76: Berechnungen)
- Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die eingegebene Frästiefe erreicht ist
- Am Ende verfährt das Werkzeug wieder zur Start-Position

Voraussetzungen

Der Zyklus erfordert einen Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844) oder Vorbohren in der Taschenmitte.

Drehrichtung beim Ausräumen

Drehrichtung im Uhrzeigersinn G77

Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn G78

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND \textcircled{A}
- FRAESTIEFE \textcircled{B} : TIEFE der Tasche

Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest (– entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).

- ZUSTELL-TIEFE \textcircled{C}
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen
- KREISRADIUS \textcircled{R} :
Radius der Kreistasche
- VORSCHUB F :
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene

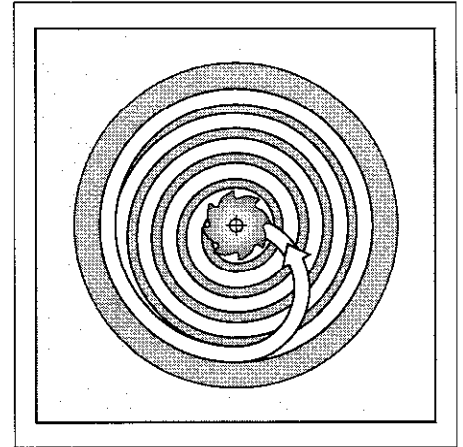


Abb. 8.10: Werkzeug-Bahn beim Ausräumen

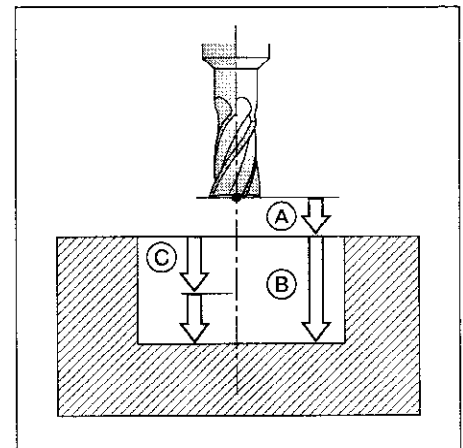


Abb. 8.11: Abstände und Zustellungen beim Zyklus KREISTASCHE

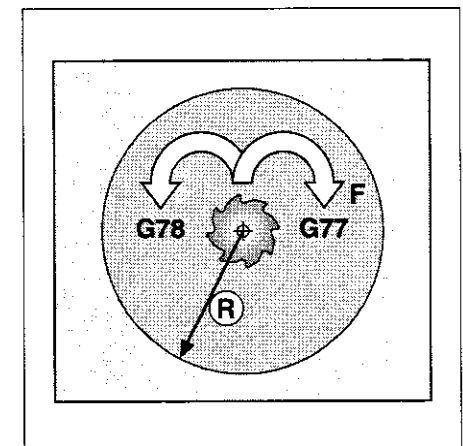


Abb. 8.12: Umlaufsinn der Fräserbahn

Übungsbeispiel: Kreistasche fräsen

Koordinaten der Taschenmitte:

$X = 60 \text{ mm}$ $Y = 50 \text{ mm}$

Sicherheits-Abstand: 2 mm

Frästiefe: 12 mm

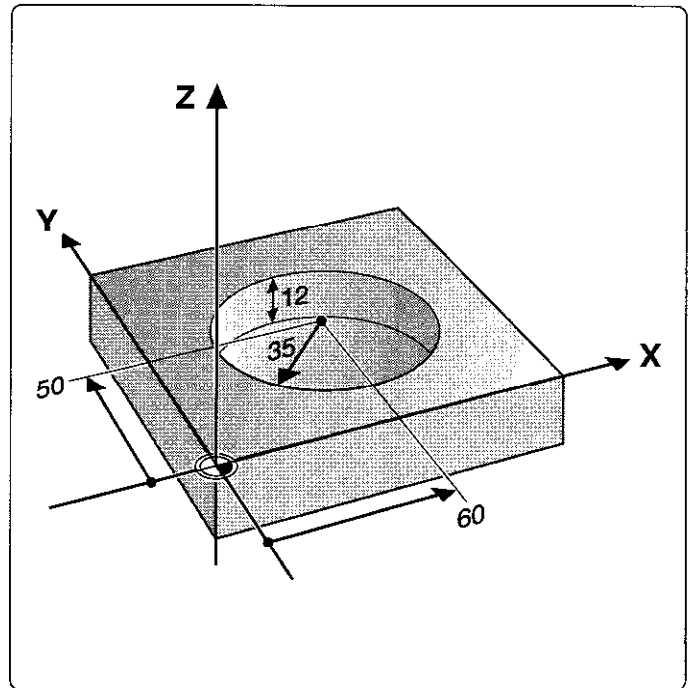
Zustell-Tiefe: 6 mm

Vorschub Tiefenzustellung: 80 mm/min

Kreis-Radius: 35 mm

Fräsvorschub: 100 mm/min

Umlaufsinn der Fräserbahn: -

**Zyklus KREISTASCHE in Bearbeitungsprogramm**

```

%S814I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+4 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S2000 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G77 P01 -2 P02 -12 P03 -6 P04 80 P05 35
P06 100 * ..... Kreistaschen-Zyklus definieren
N60 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N70 X+60 Y+50 M03 * ..... Anfahren der Startposition (Taschenmitte), Spindel EIN
N80 Z+2 M99 * ..... Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-
Aufruf
N90 Z+100 M02 * ..... Zustellachse freifahren und Programm beenden
N999999 %S814I G71 *

```

8.3 SL-Zyklen (Gruppe I)

SL-Zyklen sind sehr leistungsfähige Zyklen, mit denen sich beliebige Konturen herstellen lassen. Sie besitzen folgende Eigenschaften:

- Eine Gesamtkontur kann aus überlagerten Teilkonturen zusammengesetzt werden.
Beliebige Taschen und Inseln bilden dabei die Teilkonturen.
- Die Teilkonturen werden als Unterprogramme eingegeben.
- Die TNC überlagert die Teilkonturen automatisch und berechnet die Schnittpunkte, die die Teilkonturen miteinander bilden.

Zyklus G37 KONTUR enthält die Teilkonturen-Liste (**S**ubkontur-Liste, daher auch der Name **SL**-Zyklen) und ist ein reiner Geometrie-Zyklus, in dem keine Schnittdaten oder Zustellwerte definiert sind.

Die Bearbeitungsdaten werden in folgenden Zyklen festgelegt:

- VORBOHREN G56
- AUSRAEUMEN G57
- KONTURFRÄSEN G58/G59

Die SL-Zyklen der Gruppe II bieten weitere, konturorientierte Bearbeitungsmöglichkeiten und werden im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

In jedem Unterprogramm wird die Radiuskorrektur G41 bzw. G42 und der Umlaufsinn durch die Reihenfolge der Punkte angegeben. Die TNC erkennt aus diesen Angaben, ob eine Tasche oder Insel beschrieben ist:

- Die TNC erkennt eine Tasche, wenn die Kontur innen umlaufen wird
- und eine Insel, wenn die Kontur außen umlaufen wird



- Die Bearbeitung der SL-Kontur wird vom Maschinen-Parameter MP 7420 festgelegt.
- Vor dem Programmlauf wird eine grafische Simulation empfohlen.
Sie zeigt, ob alle Konturen richtig definiert wurden.
- In den Unterprogrammen für die Teilkonturen sind alle Koordinaten-Umrechnungen erlaubt.
- In den Unterprogrammen für die Teilkonturen werden F- und M-Wörter ignoriert.

Zum Einarbeiten wird bei den nachfolgenden Bearbeitungsbeispielen zunächst nur der Zyklus AUSRAEUMEN verwendet.

Danach wird mit aufbauenden Beispielen der volle Leistungsumfang dieser Zyklen-Gruppe gezeigt.

Parallelachsen programmieren

Bearbeitungen lassen sich auch in Parallelachsen als SL-Zyklen programmieren. (Für die Parallelachsen steht keine grafische Simulation zur Verfügung).

Die Parallelachsen müssen in der Bearbeitungsebene liegen.

Eingabe

Parallelachsen werden programmiert im ersten Koordinaten-Satz (Positionier-Satz, I,J,K-Satz) des ersten Unterprogramms, das mit Zyklus G37 KONTUR aufgerufen wird.

Andere Koordinaten-Achsen, die später eingegeben werden, werden nicht mehr berücksichtigt.

KONTUR G37**Anwendung**

In Zyklus G37 KONTUR werden die Unterprogramme aufgelistet, die zu einer Gesamtkontur überlagert werden.

Eingaben

Eingegeben werden die LABEL-Nummern der Unterprogramme. Es können maximal 12 Unterprogramme aufgelistet werden.

Wirkung

G37 ist ab seiner Definition wirksam.

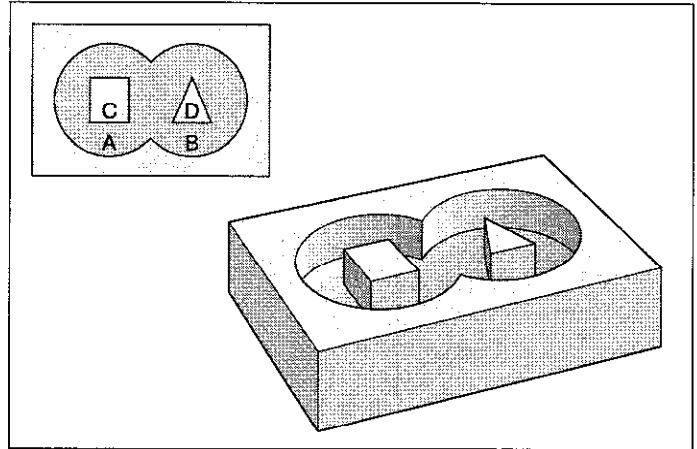


Abb. 8.13: Beispiel einer SL-Kontur: A, B = Taschen; C, D = Inseln

Beispiel:

```

G99 T3 L+0 R+3,5 *
T3 G17 S1500 * ..... Bearbeitungsebene senkrecht zur Z-Achse
G37 P01 1 P02 2 P03 3 *
.
.
.
G00 G40 Z+100 M2 *
.
.
.
G98 L1 ..... Erstes Konturlabel zu Zyklus G37 KONTUR
G01 G42 X+0 Y+10 ..... Bearbeitung in der X/Y-Ebene
X+20 Y+10
I+50 J+50
.
.
.

```

AUSRAEUMEN G57**Zyklus-Ablauf**

G57 bestimmt die Schnittführung und -Aufteilung.

- Das Werkzeug wird in der Werkzeugachse über den ersten Einstichpunkt positioniert; dabei wird das Schlicht-Aufmaß berücksichtigt.
- Danach sticht das Werkzeug mit dem Vorschub für die Tiefenzustellung ein.

Kontur umfräsen:

- Das Werkzeug fräst mit dem eingegebenen Vorschub die erste Teilkontur; dabei wird das Schlichtaufmaß berücksichtigt.
- Am Einstichpunkt wird um die nächste Zustell-Tiefe zugestellt.

Dieser Vorgang wird wiederholt, bis die eingegebene Frästiefe erreicht ist.

- Weitere Teilkonturen werden ebenso gefräst

Tasche ausräumen:

- Nach dem Umräsen wird die Tasche ausgeräumt. Die seitliche Zustellung entspricht dem Werkzeug-Radius. Inseln werden übersprungen.
- Wenn nötig, wird die Tasche mit mehreren Tiefen-Zustellungen ausgeräumt.
- Beim Beenden des Zyklus wird das Werkzeug auf den Sicherheitsabstand zurückgezogen.

Voraussetzung

Der Zyklus verlangt einen Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844), wenn nicht vorgebohrt wird oder Konturen bei der Bearbeitung übersprungen werden.

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND **(A)**
- FRAESTIEFE **(B)**

Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest (– entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).

- ZUSTELL-TIEFE **(C)**
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen
- SCHLICHT-AUFMAß **(D)**:
Aufmaß in der Bearbeitungsebene (positiver Zahlenwert)
- AUSRAEUM-WINKEL **(α)**:
Richtung des Vorschubs für die Ausräumbewegung.
Der Ausräumwinkel bezieht sich auf die Winkelbezugsachse und kann so eingestellt werden, daß sich möglichst lange Schnitte mit wenigen Schnittbewegungen ergeben.
- VORSCHUB F:
Verfahrgeschwindigkeit in der Bearbeitungsebene

Mit Maschinen-Parametern kann festgelegt werden, ob

- zuerst die Kontur umfräst wird und dann ausgeräumt wird, oder umgekehrt
- die Kontur im Gleich- oder Gegenlauf umfahren wird
- zuerst alle Taschen ausgeräumt werden und dann für alle Zustellungen umfräst wird (bzw. umgekehrt)
- Umräsen und Ausräumen für jede Zustellung gemeinsam erfolgen

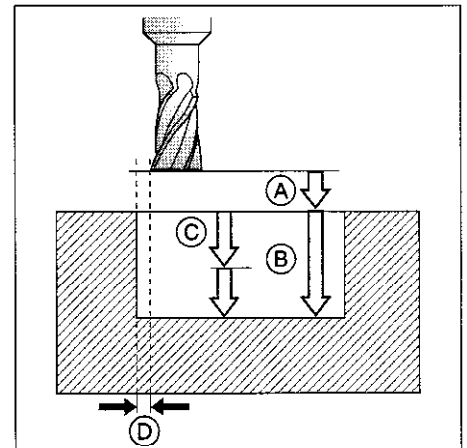


Abb. 8.14: Zustellungen und Abstände beim Zyklus AUSRAEUMEN

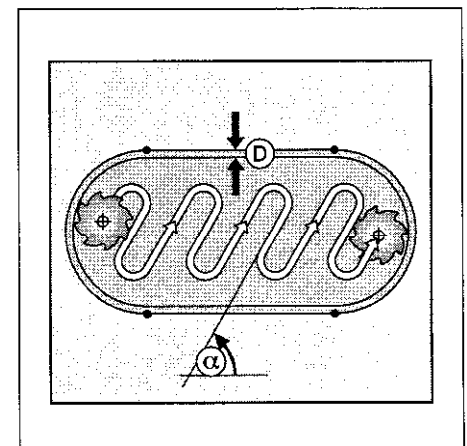


Abb. 8.15: Werkzeug-Bahn beim Ausräumen

Übungsbeispiel: Ausräumen Rechteckinsel**Rechteckinsel mit Rundungsradius**

Werkzeug: Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844), Radius 5 mm

Koordinaten der Eckpunkte der Insel:

	X	Y
①	70 mm	60 mm
②	15 mm	60 mm
③	15 mm	20 mm
④	70 mm	20 mm

Koordinaten der Eckpunkte der Hilfstasche:

	X	Y
⑥	-5 mm	-5 mm
⑦	105 mm	-5 mm
⑧	105 mm	105 mm
⑨	-5 mm	105 mm

Startpunkt für Bearbeitung:

⑤ X = 40 mm Y = 60 mm

Sicherheits-Abstand: 2 mm

Frästiefe: 15 mm

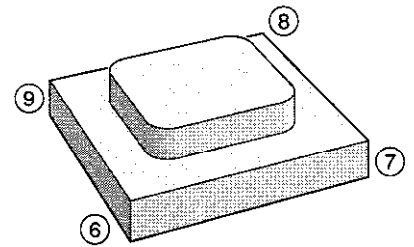
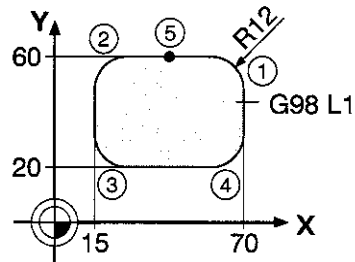
Zustellung: 8 mm

Vorschub Tiefenzustellung: 100 mm/min

Schlichtaufmaß: 0

Ausräumwinkel: 0°

Fräsvorschub: 500 mm/min



G98 L2

Zyklus im Bearbeitungsprogramm

%S8181 G71 *	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *	
N30 G99 T1 L+0 R+3 *	Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S2500 *	Werkzeug-Aufruf
N50 G37 P01 2 P02 1 *	In Zyklus KONTUR festlegen, daß die Konturelemente in den Unterprogrammen 2 und 1 beschrieben sind
N60 G57 P01 -2 P02 -15 P03 -8 P04 100 P05 +0 P06 +0 P07 500 *	Zyklus-Definition Ausräumen
N70 G00 G40 G90 Z+100 M06 *	Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N80 X+40 Y+50 M03 *	Vorpositionieren in X/Y, Spindel EIN
N90 Z+2 M99 *	Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-Aufruf
N100 Z+100 M02 *	
N110 G98 L1 *	Unterprogramm 1:
N120 G01 G42 X+40 Y+60 *	Geometrie der Insel
N130 X+15 *	(Radiuskorrektur G42 und Umlauf im Gegen-Uhrzeigersinn: Konturelement ist eine Insel)
N150 Y+20 *	
N160 G25 R12 *	
N170 X+70 *	
N180 G25 R12 *	
N190 Y+60 *	
N200 G25 R12 *	
N210 X+40 *	
N220 G98 L0 *	
N230 G98 L2 *	Unterprogramm 2:
N240 G01 G41 X-5 Y-5 *	Geometrie der Hilfstasche:
N250 X+105 *	Äußere Begrenzung der zu bearbeitenden Fläche
N260 Y+105 *	
N270 X-5 *	(Radiuskorrektur G41 und Umlauf im Gegen-Uhrzeigersinn: Konturelement ist Tasche)
N280 Y-5 *	
N290 G98 L0 *	
N99999 %S8181 G71 *	

Überlagerte Konturen

Taschen und Inseln können zu einer neuen Kontur überlagert werden. Damit kann die Fläche einer Tasche durch eine überlagerte Tasche vergrößert oder eine Insel verkleinert werden.

Startposition

Die Bearbeitung beginnt an der Start-Position der ersten Tasche in Zyklus G37 KONTUR. Die Startposition sollte möglichst weit von den überlappenden Zonen entfernt sein.

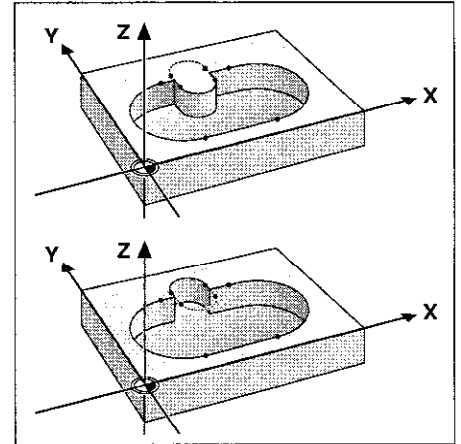


Abb. 8.16: Beispiele für überlagerte Konturen

Übungsbeispiel: Überlagerte Taschen

Die Bearbeitung beginnt mit dem ersten in Satz 6 genannten Kontur-Label.

Die erste Tasche muß außerhalb der zweiten Tasche beginnen.

Innen-Bearbeitung bei Verwendung eines Fräasers mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844), Werkzeug-Radius 3 mm

Koordinaten der Kreismittelpunkte:

- ① $X = 35 \text{ mm}$ $Y = 50 \text{ mm}$
 ② $X = 65 \text{ mm}$ $Y = 50 \text{ mm}$

Kreisradien

$$R = 25 \text{ mm}$$

Sicherheits-Abstand: 2 mm

Frästiefe: 10 mm

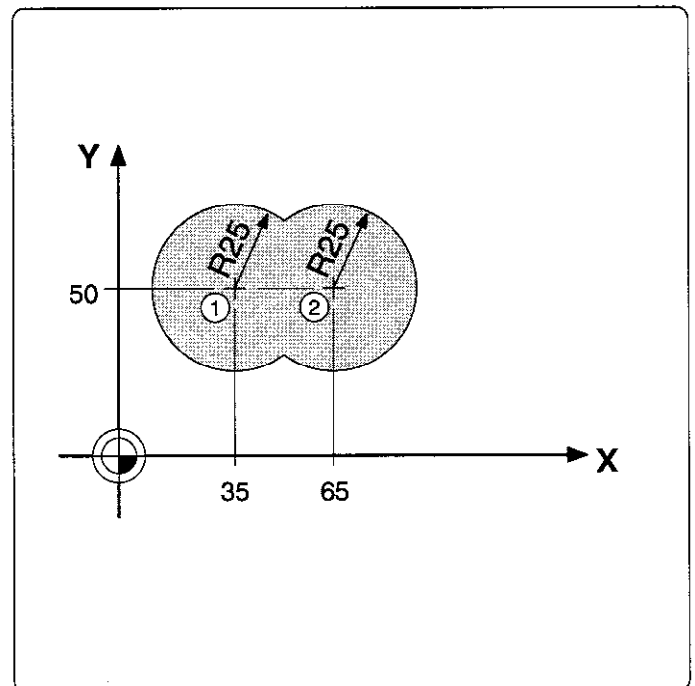
Zustellung: 5 mm

Vorschub Tiefenzustellung: 500 mm/min

Schlichtaufmaß: 0

Ausräumwinkel: 0

Fräsvorschub: 500 mm/min



Seite

Fortsetzung nächste

Zyklus im Bearbeitungsprogramm

```

%S820I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+3 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S2500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G37 P01 1 P02 2 * ..... In Zyklus KONTUR festlegen, daß die Konturelemente in den
                               Unterprogrammen 1 und 2 beschrieben sind

N60 G57 P01 -2 P02 -15 P03 -8 P04 100 P05 +0
P06 +0 P07 500 * ..... Zyklus-Definition Ausräumen
N70 G00 G40 G90 Z+100 M06 * ..... Zustellachse freifahren, Werkzeug einwechseln
N80 X+50 Y+50 M03 * ..... Vorpositionieren in X/Y, Spindel EIN
N90 Z+2 M99 * ..... Vorpositionieren in Z auf Sicherheits-Abstand, Zyklus-Aufruf
N100 Z+100 M02 *

N110 G98 L1 *
.
.
.
N140 G98 L0 *
N150 G98 L2 *
.
.
.
N180 G98 L0 *
N99999 %S820I G71 *
    
```

Unterprogramme: Überlagerte Taschen

Die Taschenelemente A und B überlagern sich.
 Die TNC berechnet die Schnittpunkte S1 und S2 automatisch, sie müssen nicht programmiert werden.
 Die Taschen werden als Vollkreise programmiert.

```

N110 G98 L1 *
N120 G01 G41 X+10 Y+50 *
N130 I+35 J+50 G03 X+10 Y+50 * } A Tasche links
N140 G98 L0 *

N150 G98 L2 *
N160 G01 G41 X+90 Y+50 *
N170 I+65 J+50 G03 X+90 Y+50 * } B Tasche rechts
N180 G98 L0 *
N99999 % S820I G71 *
    
```

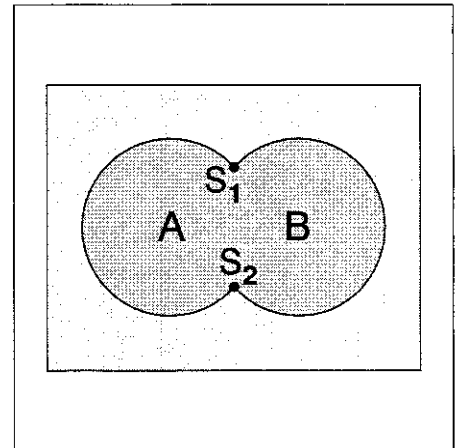


Abb. 8.17: Schnittpunkte S₁ und S₂ der Taschen A und B

Je nach Einstellung der TNC (Maschinen-Parameter) beginnt die Fertigung mit der Bearbeitung der Umrißlinien oder mit der Flächenbearbeitung:

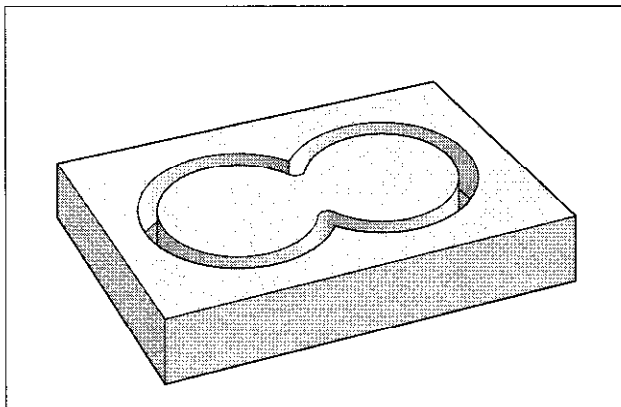


Abb. 8.18: Beginn mit Bearbeitung der Umrißlinien

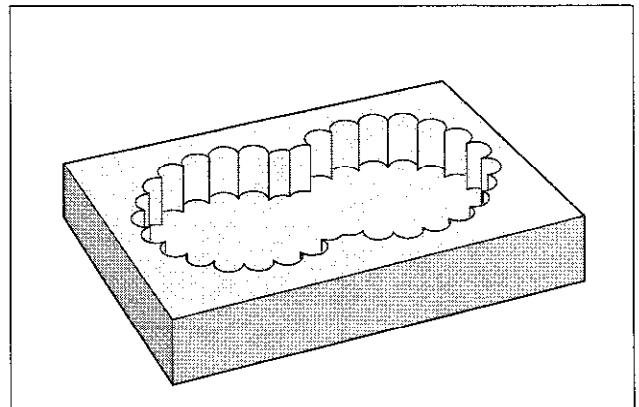


Abb. 8.19: Beginn mit Flächenbearbeitung

„Summen“-Fläche

Beide Teilflächen (Element A und Element B) inklusive der gemeinsam überdeckten Fläche sollen bearbeitet werden.

- A und B müssen Taschen sein.
- Die erste Tasche G37 muß außerhalb der zweiten beginnen.

- | | |
|------|---------------------------|
| N110 | G98 L1 * |
| N120 | G01 G41 X+10 Y+50 * |
| N130 | I+35 J+50 G03 X+10 Y+50 * |
| N140 | G98 L0 * |
| | |
| N150 | G98 L2 * |
| N160 | G01 G41 X+90 Y+50 * |
| N170 | I+65 J+50 G03 X+50 Y+50 * |
| N180 | G98 L0 * |

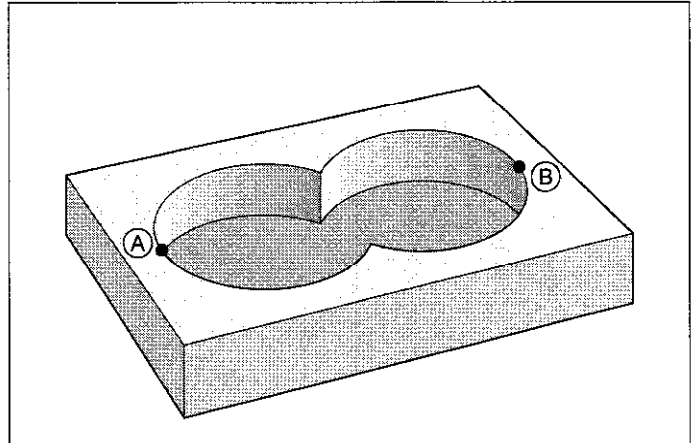


Abb. 8.20: Überlagerte Taschen: Summen-Fläche

„Differenz“-Fläche

Fläche A soll ohne den von B überdeckten Anteil bearbeitet werden:

- A muß Tasche und B muß Insel sein.
- A muß außerhalb B beginnen.

- | | |
|------|---------------------------|
| N110 | G98 L1 * |
| N120 | G01 G41 X+10 Y+50 * |
| N130 | I+35 J+50 G03 X+10 Y+50 * |
| N140 | G98 L0 * |
| | |
| N150 | G98 L2 * |
| N160 | G01 G42 X+90 Y+50 * |
| N170 | I+65 J+50 G03 X+90 Y+50 * |
| N180 | G98 L0 * |

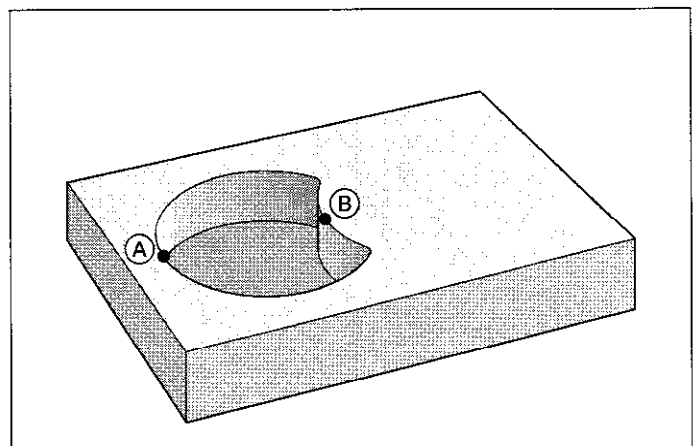


Abb. 8.21: Überlagerte Taschen: Differenz-Fläche

„Schnitt“-Fläche

Die von A und B gemeinsam überdeckte Fläche soll bearbeitet werden.

- A und B müssen Taschen sein.
- A muß innerhalb B beginnen.

- | | |
|------|---------------------------|
| N110 | G98 L1 * |
| N120 | G01 G41 X+60 Y+50 * |
| N130 | I+35 J+50 G03 X+60 Y+50 * |
| N140 | G98 L0 * |
| | |
| N150 | G98 L2 * |
| N160 | G01 G41 X+90 Y+50 * |
| N170 | I+65 J+50 G03 X+90 Y+50 * |
| N180 | G98 L0 * |

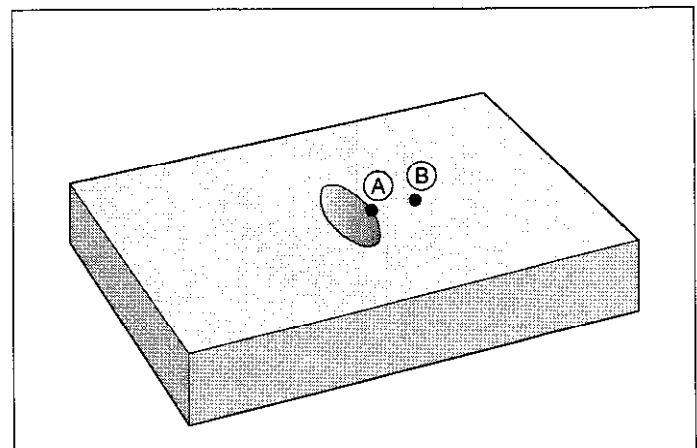


Abb. 8.22: Überlagerte Taschen: Schnitt-Fläche



Die Unterprogramme werden vom Hauptprogramm auf Seite 8-20 verwendet.

Unterprogramme: Überlagerte Inseln

Eine Insel benötigt immer eine Tasche als zusätzliche äußere Begrenzung (hier G98 L1). Eine Tasche kann auch mehrere Inseln verkleinern. Der Anfang dieser Tasche muß innerhalb der ersten Insel liegen. Die Anfangspunkte der weiteren geschnittenen Inselkonturen müssen außerhalb der Tasche liegen.

```
%S822I G71 *
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+2,5 *
N40 T1 G17 S2500 *
N50 G37 P01 2 P02 3 P03 1 *
N60 G57 P01 -2 P02 -10 P03 -5 P04 100
    P05 +0 P06 +0 P07 500 *
N70 G00 G40 G90 Z+100 M06 *
N80 X+50 Y+50 M03 *
N90 Z+2 M99 *
N100 Z+100 M02 *
N110 G98 L1 *
N120 G01 G41 X+5 Y+5 *
N130 X+95 *
N140 Y+95 *
N150 X+5 *
N160 Y+5 *
N170 G98 L0 *
N180 G98 L2 *
.
.
.
N210 G98 L0 *
N220 G98 L3 *
.
.
.
N250 G98 L0 *
N99999 %S822I G71 *
```

„Summen“- Fläche

Element A und B inklusive der gemeinsam überdeckten Fläche sollen unbearbeitet bleiben:

- A und B müssen Inseln sein.
- Die erste Insel muß außerhalb der zweiten beginnen.

```
N180 G98 L2 *
N190 G01 G42 X+10 Y+50 *
N200 I+35 Y+50 G03 X+10 Y+50 *
N210 G98 L0 *
N220 G98 L3 *
N230 G01 G42 X+90 Y+50 *
N240 I+65 J+50 G03 X+90 Y+50 *
N250 G98 L0 *
N99999 % S822 I G71
```

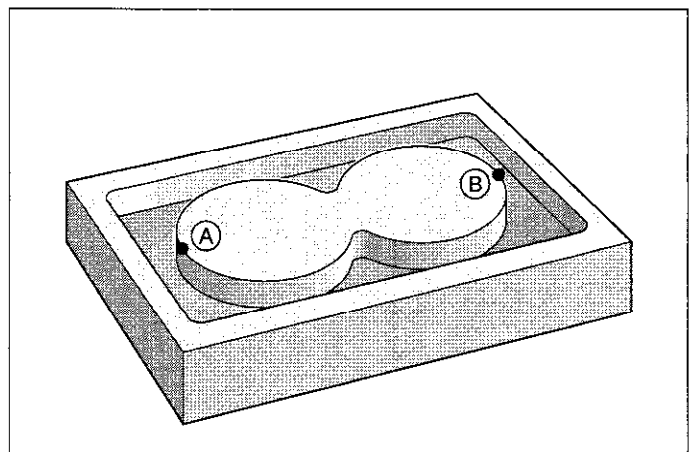


Abb. 8.23: Überlagerte Inseln: Summen-Fläche



Die Ergänzungen und Unterprogramme werden ins Hauptprogramm auf Seite 8-22 eingetragen.

„Differenz“- Fläche

Fläche A soll ohne den von B überdeckten Anteil unbearbeitet bleiben:

- A muß Insel und B muß Tasche sein.
- B muß innerhalb A beginnen.

N180 G98 L2 *
 N190 G01 G42 X+10 Y+50 *
 N200 I+35 J+50 G03 X+10 Y+50 *
 N210 G98 L0 *
 N220 G98 L3 *
 N230 G01 G41 X+40 Y+50 *
 N240 I+65 J+50 G03 X+40 Y+50 *
 N250 G98 L0 *
 N99999 S822I G71*

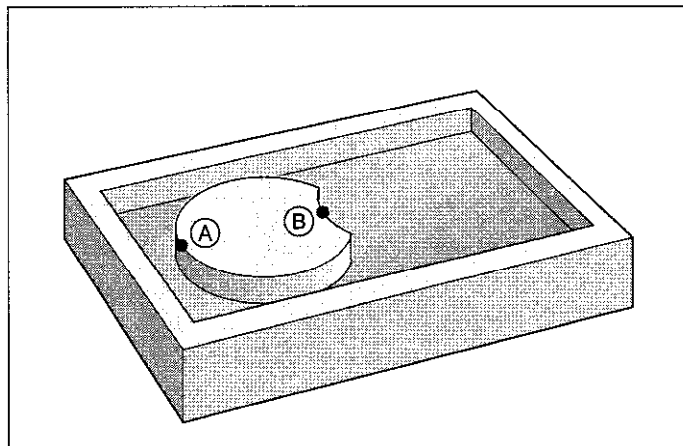


Abb. 8.24: Überlagerte Inseln: Differenz-Fläche

„Schnitt“- Fläche

Die von A und B überdeckte Fläche soll unbearbeitet bleiben.

- A und B müssen Inseln sein.
- A muß innerhalb B beginnen.

N180 G98 L2 *
 N190 G01 G42 X+60 Y+50 *
 N200 I+35 J+50 G03 X+60 Y+50 *
 N210 G98 L0 *
 N220 G98 L3 *
 N230 G01 G42 X+90 Y+50 *
 N240 I+65 J+50 G03 X+90 Y+50 *
 N250 G98 L0 *
 N99999 % S822I G71

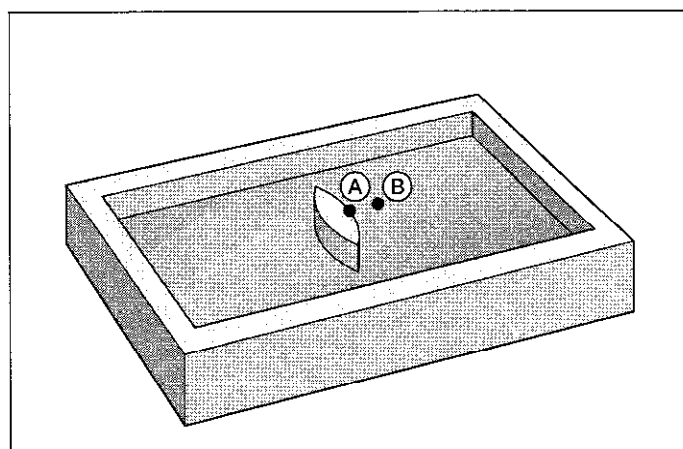


Abb. 8.25: Überlagerte Inseln: Schnitt-Fläche

Übungsbeispiel: Überlagerte Taschen mit Inseln

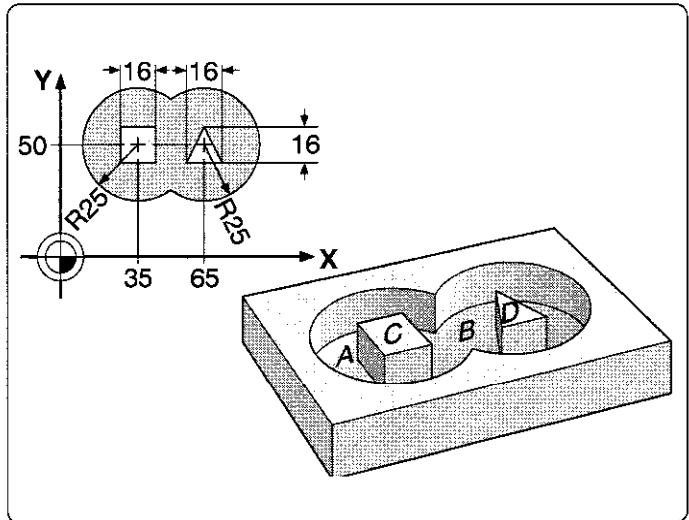
PGM S824I erweitert PGM S820I um die innenliegenden Inseln C und D

Werkzeug: Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844), Radius 3 mm

Die Kontur besteht aus den Elementen

A und B, also zwei sich überlagernden Taschen, C und D, also zwei Inseln,

die sich innerhalb dieser Taschen befinden.

**Zyklus im Bearbeitungsprogramm**

```
%S824I G71 *
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+3 *
N40 T1 G17 S2500 *
N50 G37 P01 1 P02 2 P03 3 P04 4 *
N60 G57 P01 -2 P02 -10 P03 -5 P04 100 P05 +2 P06 +0 P07 500 *
N70 G00 G40 G90 Z+100 M06 *
N80 X+50 Y+50 M03 *
N90 Z+2 M99 *
N100 Z+100 M02 *

N110 G98 L1 *
N120 G01 G41 X+10 Y+50 *
N130 I+35 J+50 G03 X+10 Y+50 *
N140 G98 L0 *

N150 G98 L2 *
N160 G01 G41 X+90 Y+50 *
N170 I+65 J+50 G03 X+90 Y+50 *
N180 G98 L0 *

N190 G98 L3 *
N200 G01 G41 X+27 Y+42 *
N210 Y+58 *
N220 X+43 *
N230 Y+42 *
N240 X+27 *
N250 G98 L0 *

N260 G98 L4 *
N270 G01 G42 X+57 Y+42 *
N280 X+73 *
N290 X+65 Y+58 *
N300 X+57 Y+42 *
N310 G98 L0 *
N99999 %S824I G71 *
```

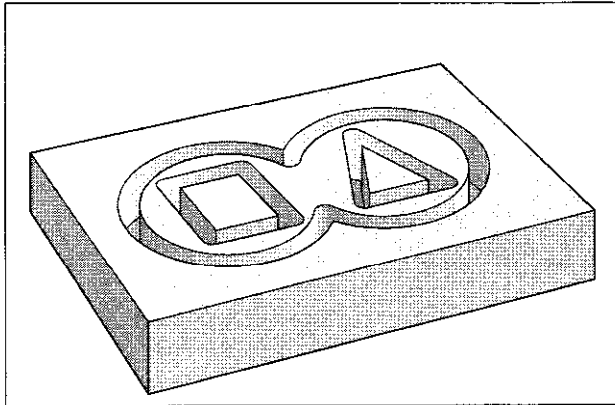


Abb. 8.26: Umfräsen der Umrißlinien

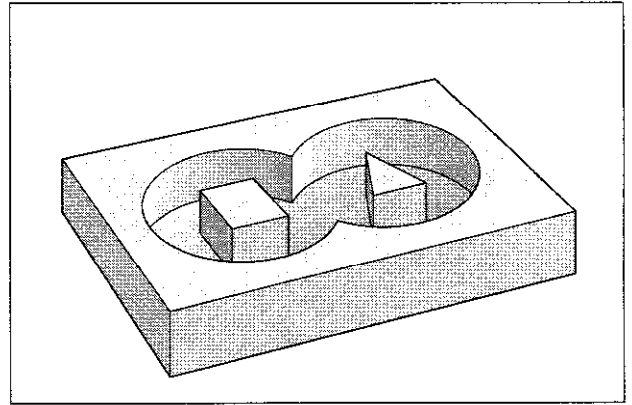


Abb. 8.27: Fertiggestellte Bearbeitung

VORBOHREN G56

Zyklus-Ablauf

Vorbohren der Fräser-Einstichpunkte an den Startpunkten der Teilkonturen.

Bei SL-Konturen, die aus mehreren überlagerten Taschen und Inseln bestehen, wird am Startpunkt der ersten Teilkontur vorgebohrt:

- Das Werkzeug wird über den ersten Einstichpunkt positioniert.
- Danach wird wie beim TIEFBOHREN G83 gebohrt.
- Anschließend wird das Werkzeug über dem nächsten Einstichpunkt positioniert und der Bohrvorgang wiederholt.

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND
 - BOHRTIEFE
 - ZUSTELL-TIEFE
 - VERWEILZEIT IN SEKUNDEN
 - VORSCHUB F
- } wie bei G83 TIEFBOHREN
- SCHLICHT-AUFMASS
Aufmaß für das Bohren (siehe Abb. 8.29)
Die Summe aus Werkzeug-Radius und Schlicht-Aufmaß soll bei Vorbohren und Ausräumen gleich sein.

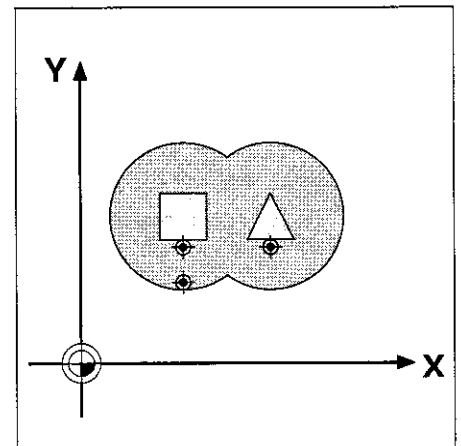


Abb. 8.28: Beispiel für Einstichpunkte beim VORBOHREN

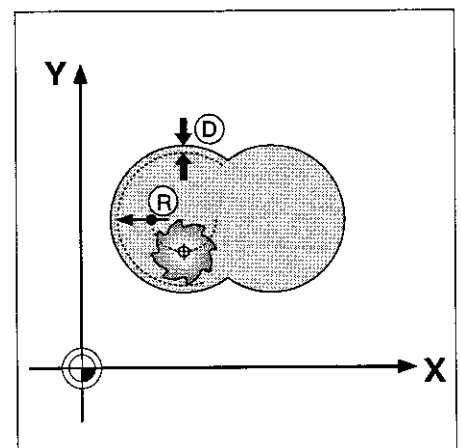


Abb. 8.29: Schlichtaufmaß

KONTURFRAESEN G58/G59

Die Zyklen G58/G59 dienen zum Schlichten der Konturtasche.
Mit den Zyklen können auch allgemeine Konturen gefräst werden.

Zyklus-Ablauf

- Das Werkzeug wird über den ersten Konturpunkt positioniert
- Danach sticht das Werkzeug mit dem eingegebenen Vorschub bis zur ersten Zustell-Tiefe ein
- Mit der ersten Zustell-Tiefe fräst das Werkzeug mit dem eingegebenen Vorschub und Drehsinn die erste Kontur
- Am Einstichpunkt wird das Werkzeug auf die nächste Zustell-Tiefe zugestellt

Der Vorgang wiederholt sich, bis die eingegebene Frästiefe erreicht ist.
Alle Teilkonturen werden auf diese Weise gefräst.

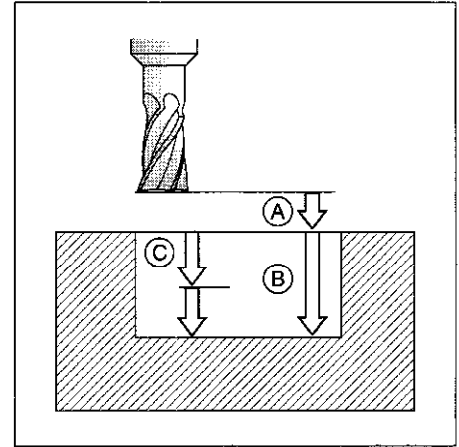


Abb. 8.30: Zustellungen und Abstände beim KONTURFRAESEN

Voraussetzung

Der Zyklus erfordert einen Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844).

Drehrichtung beim Konturfraesen

Drehrichtung im Uhrzeigersinn G58

- Für M3 gilt: Gegenlauf-Fräsen für Tasche und Insel

Drehrichtung im Gegenuhrzeigersinn G59

- Für M3 gilt: Gleichlauf-Fräsen für Tasche und Insel

Eingaben

- SICHERHEITS-ABSTAND (A)
- FRAESTIEFE (B)

Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest
(- entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).

- ZUSTELL-TIEFE (C)
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG:
Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen
- VORSCHUB F:
Verfahrensgeschwindigkeit des Werkzeugs in der Bearbeitungsebene

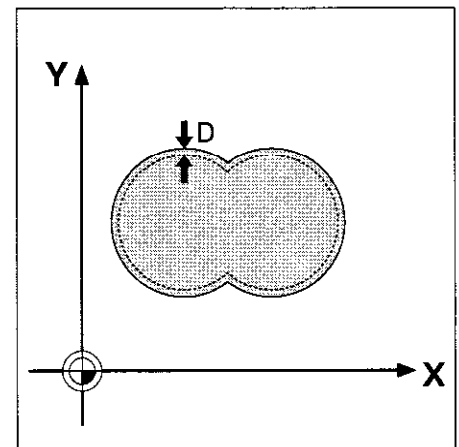


Abb. 8.31: Schlichtaufmaß

Das folgende Schema zeigt die Anwendung der Zyklen Vorbohren, Ausräumen und Konturfräsen im Bearbeitungsprogramm:

1. Liste der Kontur-Unterprogramme

G37
Kein Aufruf!

2. Bohren

Bohrer definieren und aufrufen
G56
Vor-Positionieren
Zyklus-Aufruf!

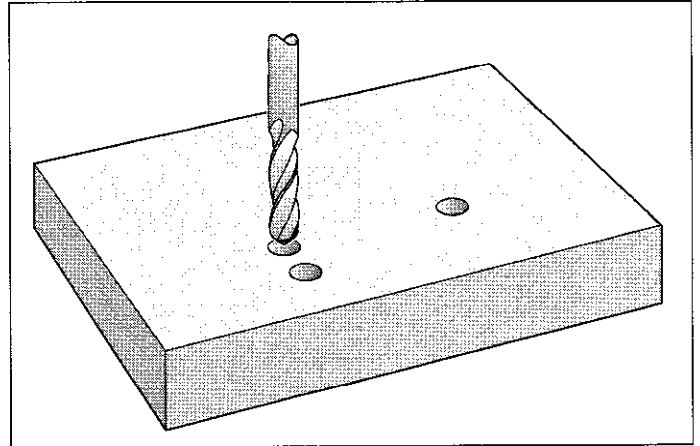


Abb. 8.32: Zyklus VORBOHREN

3. Schruppen

Schruppfräser definieren und aufrufen
G57
Vor-Positionieren
Zyklus-Aufruf!

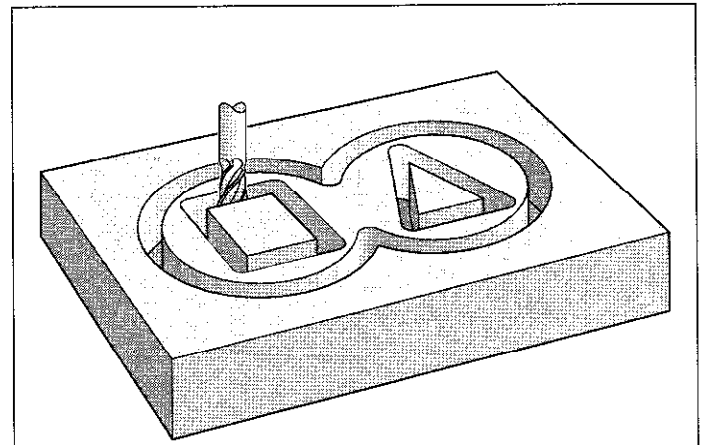


Abb. 8.33: Zyklus AUSRAEUMEN

4. Schlichten

Schlichtfräser definieren und aufrufen
G58/G59
Vor-Positionieren
Zyklus-Aufruf!

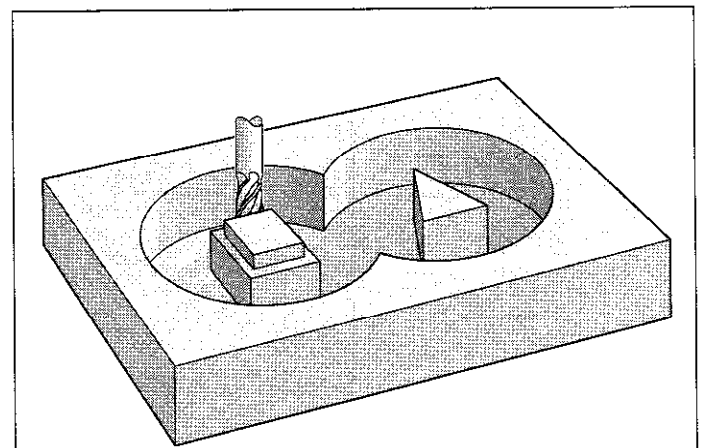


Abb. 8.34: Zyklus KONTURFRAESEN

5. Kontur-Unterprogramme

M02 *
Unterprogramme für die Teilkonturen

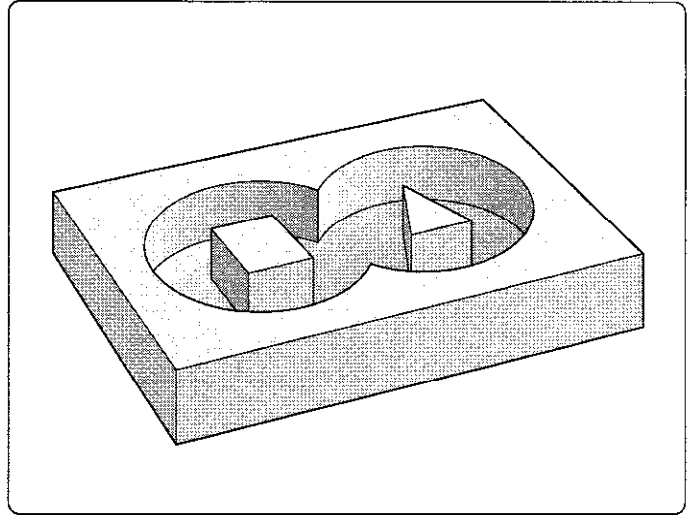
Übungsbeispiel: Überlagerte Taschen mit Inseln

Innenbearbeitung mit Vorbohren, Schruppen, Schlichten.

PGM S829I baut auf S824I auf:

Der Hauptprogrammteil ist um die Zyklus-Definition und -Aufrufen zum Vorbohren und Schlichten erweitert.

Die Kontur-Unterprogramme 1 bis 4 sind identisch zu denen aus PGM S824I (siehe S. 8-24 und 8-25) und hinter Satz N300 anzufügen.



```

%S829I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+2,5 * ..... Werkzeug-Definition Bohrer
N40 G99 T2 L+0 R+3 * ..... Werkzeug-Definition Schruppfräser
N50 G99 T3 L+0 R+2,5 * ..... Werkzeug-Definition Schlichtfräser
N60 L10,0 * ..... Unterprogramm-Aufruf für Werkzeug-Wechsel
N70 G38 M06 * ..... Programmlauf-STOP
N80 T1 G17 S2500 * ..... Werkzeug-Aufruf Bohrer
N90 G37 P01 1 P02 2 P03 3 P04 4 * ..... Zyklus-Definition Kontur
N100 G56 P01 -2 P02 -10 P03 -5 P04 500 P05 +2 * Zyklus-Definition Vorbohren
N110 Z+2 M03 *
N120 G79 * ..... Zyklus-Aufruf Vorbohren
N130 L10,0 *
N140 G38 M06 * ..... Werkzeug-Wechsel
N150 T2 G17 S1750 * ..... Werkzeug-Aufruf Schruppfräser
N160 G57 P01 -2 P02 -10 P03 -5 P04 100 P05+2
P06+0 P07 500 * ..... Zyklus-Definition Ausräumen
N170 Z+2 M03 *
N180 G79 * ..... Zyklus-Aufruf Ausräumen
N190 L10,0 *
N200 G38 M06 * ..... Werkzeug-Wechsel
N210 T3 G17 S2500 * ..... Werkzeug-Aufruf Schlichtfräser
N220 G58 P01 -2 P02 -10 P03 -10 P04 100
P05 500 * ..... Zyklus-Definition Konturfräsen
N230 Z+2 M03 *
N240 G79 * ..... Zyklus-Aufruf Konturfräsen
N250 Z+100 M02 *
N260 G98 L10 * ..... Unterprogramm für Werkzeug-Wechsel
N270 T0 G17 *
N280 G00 G40 G90 Z+100 *
N290 X-20 Y-20 *
N300 G98 L0 *

Ab Satz N310: Unterprogramme von Seite 8-24 und 8-25 anhängen
N99999 %S829I G71 *

```

8.4 SL-Zyklen (Gruppe II)

Die SL-Zyklen der Gruppe II bieten die Möglichkeit, komplexe zusammengesetzte Konturen **konturorientiert** zu bearbeiten, um eine besonders hohe Oberflächengüte zu erhalten.

Unterschiede zu den Zyklen der Gruppe I:

- Die TNC positioniert vor dem Zyklus automatisch auf den Sicherheits-Abstand.
- Jedes Tiefen-Niveau wird ohne Werkzeug-Abheben gefräst; Insein werden seitlich umfahren.
- Der Radius von „Innen-Ecken“ ist programmierbar – das Werkzeug bleibt nicht stehen, Freischneide-Markierungen werden verhindert (gilt für die äußerste Bahn in den Zyklen G123 und G124).
- Beim Seiten-Schlichten wird die Kontur auf einer tangentialen Kreisbahn angefahren.
- Beim Tiefen-Schlichten wird das Werkzeug ebenfalls auf einer tangentialen Kreisbahn an das Werkstück verfahren (z.B: Werkzeug-Achse Z; Kreisbahn in Ebene Z/X).
- Die Kontur wird durchgehend im Gleichlauf bzw. Gegenlauf bearbeitet.
- MP 7420 wird ersetzt durch DREHSINN Q9.

Die Maßangaben für die Bearbeitung, wie Frästiefe, Aufmaße und Sicherheitsabstand werden in Zyklus G120 als KONTUR-DATEN eingegeben.

Für die Bearbeitung stehen folgende Zyklen zur Verfügung:

- VORBOHREN G121
- RAEUMEN G122
- TIEFEN-SCHLICHTEN G123
- SEITEN-SCHLICHTEN G124

KOINTUR-DATEN G120

Anwendung

In Zyklus G120 werden Bearbeitungsinformationen für die Unterprogramme mit den Teilkonturen angegeben. Diese Bearbeitungsinformationen gelten für die Zyklen G121 bis G124.

Eingaben

- **FRAESTIEFE Q1:**
Abstand zwischen Werkstückoberfläche und Taschengrund.
Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest
(- entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).
- **BAHN-UEBERLAPPUNG FAKTOR Q2:**
Q2 * Werkzeug-Radius ergibt die seitliche Zustellung k.
- **SCHLICHT-AUFMASS SEITE Q3:**
Schlicht-Aufmaß in der Bearbeitungs-Ebene.
- **SCHLICHT-AUFMASS TIEFE Q4:**
Schlicht-Aufmaß für die Tiefe.
- **KOORD: WERKSTUECK-OBERFLAECHE Q5:**
Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche bezogen auf den Werkstück-Nullpunkt.
- **SICHERHEITS-ABSTAND Q6:**
Abstand zwischen Werkzeug-Stirnfläche und Werkstück-Oberfläche.
- **SICHERE HOEHE Q7:**
Absolute Höhe, in der keine Kollision mit dem Werkstück erfolgen kann (für Zwischenpositionierung und Rückzug am Zyklus-Ende).
- **INNEN-RUNDUNGSRADIUS Q8:**
Verrundungs-Radius an Innen- „Ecken“.
- **DREHSINN UHRZEIGERSINN = -1 Q9:**
Bearbeitungsrichtung für Taschen - im Uhrzeigersinn (Q9 = -1)
Gegenlauf für Tasche und Insel
- im Gegenuhrzeigersinn (Q9 = +1)
Gleichlauf für Tasche und Insel

Wirkung

G120 wirkt ab seiner Definition.

Die Bearbeitungs-Parameter können bei einer Programm-Unterbrechung überprüft und ggf. überschrieben werden.

Werden die SL-Zyklen in Q-Parameter-Programmen angewendet, dürfen die Zyklus-Parameter Q1 bis Q14 nicht als Programm-Parameter benutzt werden.

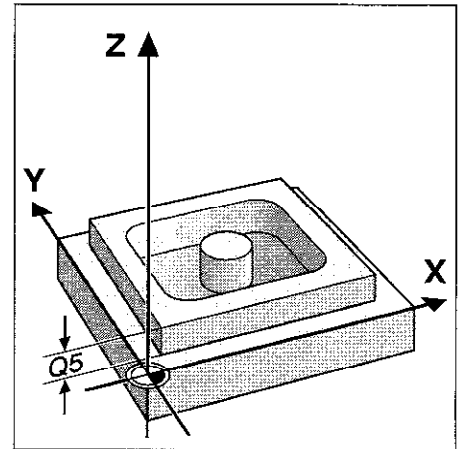


Abb. 8.35: Koordinate der Werkstück-Oberfläche Q5

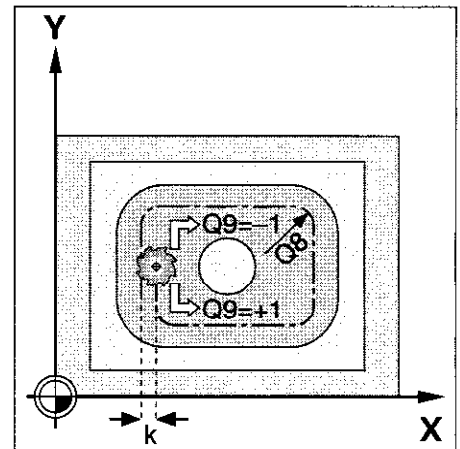


Abb. 8.36: Drehsinn Q9 und seitliche Zustellung k

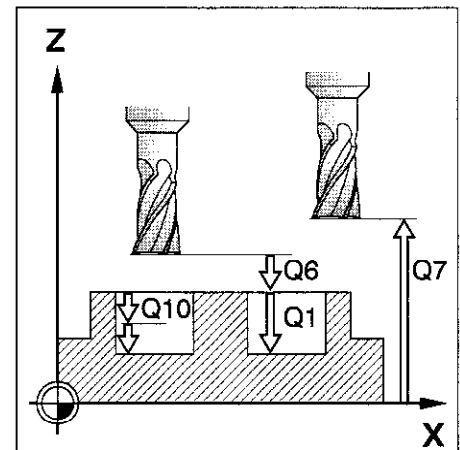


Abb. 8.37: Parameter für Abstände und Zustellungen

VORBOHREN G121

Anwendung

Zyklus G121 VORBOHREN berücksichtigt für die Einstichpunkte das AUFMASS SEITE und das AUFMASS TIEFE, sowie den Radius des Ausräum-Werkzeugs.
Der Einstichpunkt entspricht dem Startpunkt für die Fräsbearbeitung.

Zyklus-Ablauf

Wie Zyklus TIEFBOHREN G83

Eingaben

- ZUSTELL-TIEFE Q10:
Maß, um das das Werkzeug jeweils zugestellt wird
(Vorzeichen bei negativer Arbeitsrichtung -)
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG Q11:
Bohrvorschub in mm/min.
- AUSRAEUM-WERKZEUG NUMMER Q13:
Werkzeug-Nummer des Ausräum-Werkzeugs

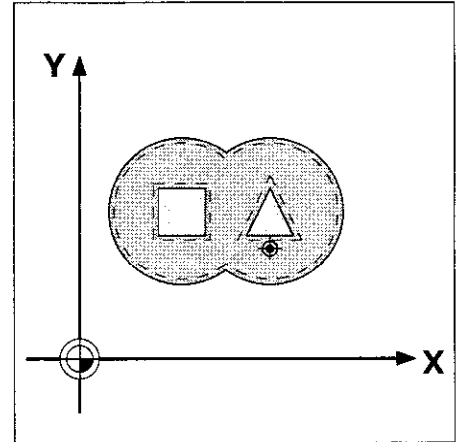


Abb. 8.38: Möglicher Einstichpunkt beim VORBOHREN

RAEUMEN G122**Zyklus-Ablauf**

- Das Werkzeug über den Einstichpunkt positionieren.
- AUFMASS SEITE wird berücksichtigt.
- In der ersten Zustell-Tiefe fräst das Werkzeug mit dem Fräsvorschub Q12 die Kontur von innen nach außen.
- Dabei werden die Inselkonturen (hier: C/D) mit einer Annäherung an die Taschenkontur (hier: A/B) freigefräst.
- Anschließend wird die Taschenkontur fertiggestellt und das Werkzeug auf die SICHERE HOEHE zurückgezogen.

Eingaben

- ZUSTELL-TIEFE Q10:
Maß, um das das Werkzeug jeweils zugestellt wird (Vorzeichen bei negativer Arbeitsrichtung →)
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG Q11:
Eintauchvorschub in mm/min
- VORSCHUB AUSRAEUMEN Q12:
Fräsvorschub in mm/min

Voraussetzung

Der Zyklus erfordert einen Fräser mit einem Stirnzahn über Mitte schneidend (DIN 844).

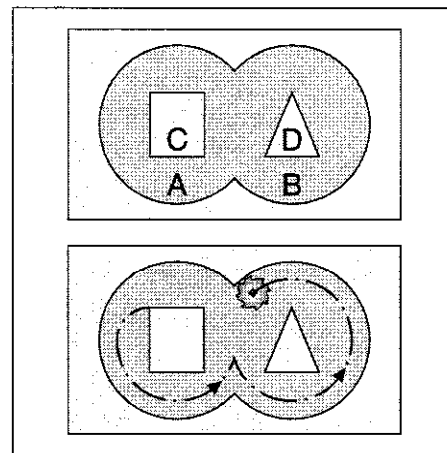


Abb. 8.39: Werkzeug-Bahn beim RAEUMEN:
A, B = Taschen; C, D = Inseln

SCHLICHTEN TIEFE G123**Zyklus-Ablauf**

SCHLICHTEN TIEFE läuft wie Zyklus G122 RAEUMEN ab. Das Werkzeug wird auf einem vertikalen Tangentialkreis auf die zu bearbeitende Ebene verfahren.

Eingaben

- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG Q11:
Verfahrgeschwindigkeit des Werkzeugs beim Einstechen
- VORSCHUB AUSRAEUMEN Q12:
Fräsvorschub

SCHLICHTEN SEITE G124

Zyklus-Ablauf

Das Werkzeug wird auf einer Kreisbahn tangential an die Teilkonturen verfahren und jede Teilkontur wird separat geschlichtet.

Eingaben

- DREHSINN ? UHRZEIGERSINN = -1 Q9:
Bearbeitungsrichtung;
+1: Drehung im Gegenuhrzeigersinn
-1: Drehung im Uhrzeigersinn
- ZUSTELL-TIEFE Q10:
Maß, um das das Werkzeug jeweils zugestellt wird.
- VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG Q11:
Eintauchvorschub
- VORSCHUB AUSRAEUMEN Q12:
Fräsvorschub
- SCHLICHT-AUFMASS SEITE Q14:
Eingabemöglichkeit eines Aufmaßes für mehrmaliges Schlichten.
Der letzte Schlicht-Rest wird ausgeräumt, wenn Q14 = 0 eingegeben wird.

Voraussetzungen

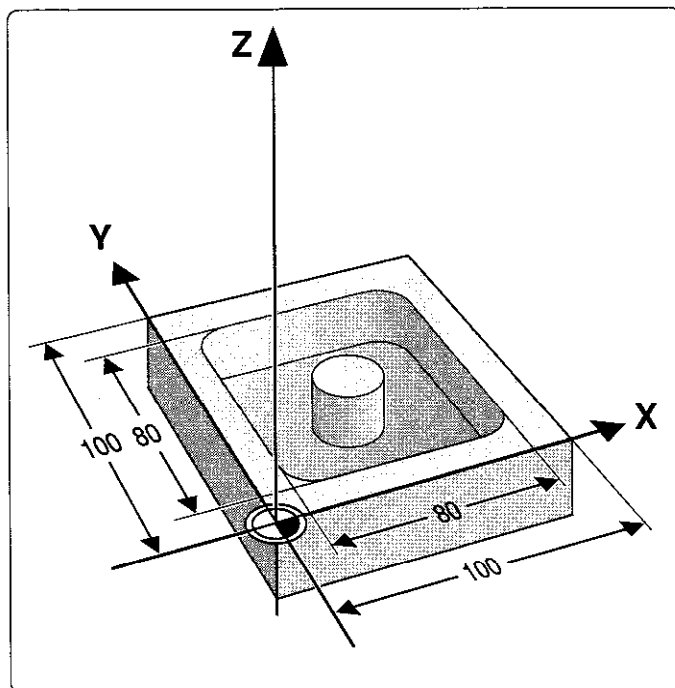
- Die Summe aus SCHLICHT-AUFMASS SEITE (Q14) und Schlichtwerkzeug-Radius muß kleiner sein als die Summe aus SCHLICHT-AUFMASS SEITE (Q3,Zyklus G120) und Räumwerkzeug-Radius.
Wird G124 abgearbeitet ohne zuvor mit G122 ausgeräumt zu haben, gilt oben erwähnt Berechnung ebenso; für den Radius des Räum-Werkzeugs ist dann 0 einzusetzen.

Übungsbeispiel: Rechtecktasche mit runder Insel

Eingabeparameter:

Frästiefe Q1:	-15 mm
Bahn-Überlappung Q2:	1
Aufmaß Seite Q3:	1 mm
Aufmaß Tiefe Q4:	1 mm
Oberkante Werkstück Q5:	0
Sicherheits-Abstand Q6:	2 mm
Sichere Höhe Q7:	50
Rundungsradius Q8:	10 mm
Drehsinn Q9:	+1

Teilkonturen sind in den Unterprogrammen 1 und 2 festgelegt.



Fortsetzung nächste Seite

Bearbeitungsprogramm

```

%S835I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+3 * ..... Werkzeug-Definitionen
N40 G99 T2 L+0 R+2,5 *
N50 G99 T3 L+0 R+2,5 *
N60 G37 P01 1 P02 2 * ..... Zyklus-Definition Kontur
N70 G120 Q1=-15 Q2=1 Q3=+1 Q4=+1 Q5=+0
Q6=-2 Q7=+50 Q8=+10 Q9=+1 * ..... Zyklus-Definition Kontur-Daten
N80 L10,0 * ..... Unterprogramm-Aufruf Werkzeug-Wechsel
N90 T1 G17 S2500 *
N100 G121 Q10=-10 Q11=100 Q13=2 * ..... Zyklus-Definition Vorbohren
N110 G79 M3 * ..... Zyklus-Aufruf Vorbohren
N120 L10,0 * ..... Unterprogramm-Aufruf Werkzeug-Wechsel
N130 T2 G17 S1500 *
N140 G122 Q10=-10 Q11=100 Q12=500 * ..... Zyklus-Definition Räumen
N150 G79 M3 * ..... Zyklus-Aufruf Räumen
N160 L10,0 * ..... Unterprogramm-Aufruf Werkzeug-Wechsel
N170 T3 G17 S3000 *
N180 G123 Q11=-80 Q12=250 * ..... Zyklus-Definition Tiefen-Schichten
N190 G79 M3 * ..... Zyklus-Aufruf Tiefen-Schichten
N200 G124 Q9=+1 Q10=-5 Q11=100 Q12=240
Q14=+0 * ..... Zyklus-Definition Seiten-Schichten
N210 G79 M3 * ..... Zyklus-Aufruf Seiten-Schichten
N220 G00 G40 Z+100 M2 *
N230 G98 L10 * ..... Unterprogramm für Werkzeug-Wechsel
N240 T0 G17 *
N250 G00 G40 G90 Z+100 *
N260 X-20 Y-20 M6 *
N270 G98 L0 *
N280 G98 L1 * ..... Kontur-Unterprogramm „Rechteck-Tasche“
N290 G01 G42 X+10 Y+50 *
N300 Y+90 *
N310 X+90 *
N320 Y+10 *
N330 X+10 *
N340 Y+50 *
N350 G98 L0 *
N360 G98 L2 * ..... Kontur-Unterprogramm „Kreis-Insel“
N370 G01 G41 X+35 Y+50 *
N380 I+50 J+50 *
N390 G02 X+35 Y+50 *
N400 G98 L0 *
N99999 %S835I G71 *

```

KONTUR-ZUG G125

Zyklus-Ablauf

Mit diesem Zyklus lassen sich auch „offene“ Konturen bearbeiten: Konturbeginn und -ende fallen nicht zusammen.

Der Zyklus G125 KONTUR-ZUG bietet gegenüber der Bearbeitung einer offenen Kontur mit Positioniersätzen erhebliche Vorteile:

- Die TNC überwacht die Bearbeitung auf Hinterschneidungen und Konturverletzungen. Kontur mit der Test-Grafik überprüfen!
- Ist der Werkzeug-Radius zu groß, so muß die Kontur an Innenecken eventuell nachbearbeitet werden.
- Die Bearbeitung läßt sich durchgehend im Gleich- oder Gegenlauf ausführen.
- Bei mehreren Zustellungen läßt sich das Werkzeug hin und her verfahren: Die Bearbeitung geht dadurch schneller.
- Aufmaße können eingegeben werden, um in mehreren Arbeitsgängen zu schrappen und zu schlichten.

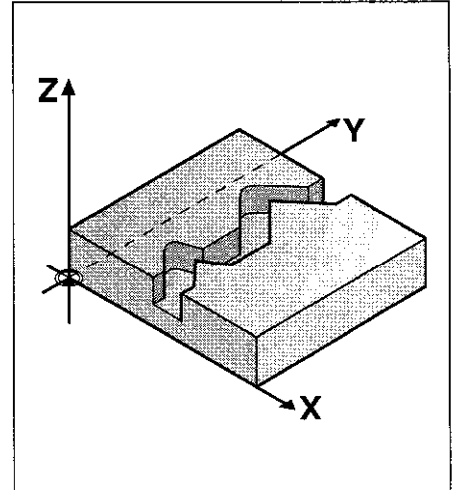


Abb. 8.40: Beispiel für eine „offene Kontur“



Zyklus G125 KONTUR-ZUG sollte nicht für geschlossene Konturen verwendet werden. Bei geschlossenen Konturen dürfen Konturbeginn und -ende nicht an einem Eckpunkt zusammenfallen.

Eingaben

FRAESTIEFE Q1:

Abstand zwischen Werkstück-Oberfläche und Konturgrund

Das Vorzeichen der Frästiefe legt die Arbeitsrichtung fest (– entspricht negativer Werkzeugachsen-Richtung).

SCHLICHT-AUFMASS SEITE Q3:

Schlichtaufmaß in der Bearbeitungsebene

KOORD. WERKSTUECK-OBERFLAECHE Q5:

Absolute Koordinate der Werkstück-Oberfläche bezogen auf den Werkstück-Nullpunkt

SICHERE HOEHE Q7:

Absolute Höhe, in der keine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück erfolgen kann

– Werkzeug-Rückzug-Position am Zyklus-Ende

ZUSTELL - TIEFE Q10:

Maß, um das das Werkzeug jeweils zugestellt wird

VORSCHUB TIEFENZUSTELLUNG Q11:

Vorschub bei Verfahrbewegungen in der Werkzeug-Achse

VORSCHUB AUSRAEUMEN Q12:

Vorschub bei Verfahrbewegungen in der Bearbeitungsebene

FRAESART : GEGENLAUF =-1 Q15:

Gleichlauf-Fräsen: Eingabe = +1

Gegenlauf-Fräsen: Eingabe = -1

Abwechselnd im Gleich- und Gegenlauf fräsen bei mehreren Zustellungen: Eingabe = 0

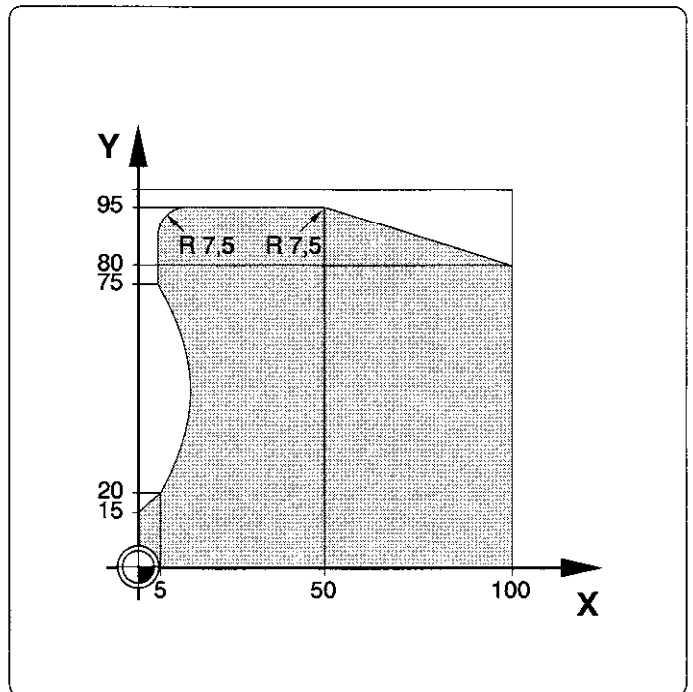


- Wenn der Zyklus G125 KONTUR-ZUG eingesetzt wird, wird nur das erste Label aus Zyklus G37 KONTUR bearbeitet.
- Das Unterprogramm darf Angaben für maximal 128 Konturelemente enthalten.
- Zyklus G120 KONTUR-DATEN wird nicht benötigt.

Beispiel:

Eingabeparameter im Zyklus G125:

Frästiefe Q1: -12 mm
 Aufmaß Seite Q3: 0
 Oberkante Werkstück Q5: 0
 Sichere Höhe Q7: 10
 Zustell-Tiefe Q10: -2 mm
 Vorschub Tiefe Q11: 100 mm/min
 Vorschub Fräsen Q12: 200 mm/min
 Fräsart Q15 (Gleichlauf): +1

**Zyklus im Bearbeitungsprogramm**

```
%S837I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+10 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G37 P01 1 * ..... Zyklus-definition Kontur
N60 G125 Q1=-12 Q3=+0 Q5=+0 Q7=+10 Q10=-2
Q11=100 Q12=200 Q15=+1 * ..... Zyklus-definition Kontur-Zug
N70 G00 G40 G90 Z+100 M3 * ..... Zustellachse freifahren, Spindel EIN
N80 G79 * ..... Zyklus-Aufruf
N90 G00 G40 Z+100 M2 *

N100 G98 L1 * ..... Kontur-Unterprogramm
N110 G01 G41 X+0 Y+15 *
N120 X+5 Y+20 *
N130 G06 X+5 Y+75 *
N140 G01 Y+95 *
N150 G25 R7,5 *
N160 G01 X+50 *
N170 G25 R7,5 *
N180 X+100 Y+80 *
N190 G98 L0 *
N99999 %S837I G71 *
```

8.5 Zyklen zur Koordinaten-Umrechnung

Mit Koordinaten-Umrechnungen kann eine einmal programmierte Kontur an verschiedenen Stellen des Werkstücks mit veränderter Lage und Größe ausgeführt werden. So läßt sich beispielsweise eine Kontur

- verschieben Zyklen G53/G54
- spiegeln Zyklus G28
- drehen Zyklus G73
- verkleinern oder vergrößern Zyklus G72

Die ursprüngliche Kontur – das Original – muß als Unterprogramm oder Programmteil gekennzeichnet sein.

Wirksamkeit der Koordinaten-Umrechnungen

Beginn der Wirksamkeit: Eine Koordinaten-Umrechnung wird ab ihrer Definition wirksam – wird also nicht aufgerufen. Sie wirkt so lange, bis sie rückgesetzt oder neu definiert wird.

Rücksetzen einer Koordinaten-Umrechnung:

- Zyklus mit Werten für das Grundverhalten erneut definieren, z.B. Maßfaktor 1
- Zusatzfunktionen M02, M30 oder den Satz N 99999 % ... ausführen (abhängig von Maschinen-Parametern)
- Neues Programm anwählen

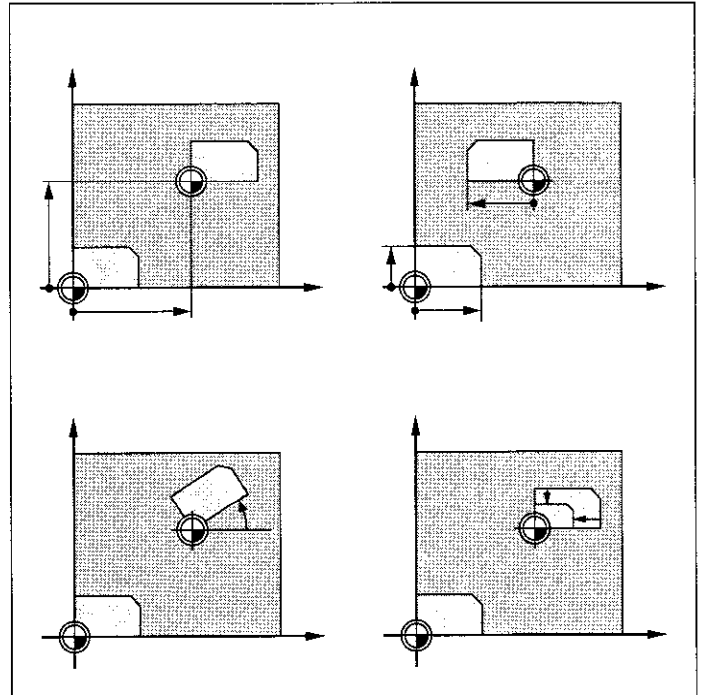


Abb. 8.41: Beispiele für Koordinaten-Umrechnungen

NULLPUNKT-Verschiebung G54

Anwendung

Bearbeitungen können mit der Nullpunkt-Verschiebung an beliebigen Stellen des Werkstücks wiederholt werden.

Wirkung

Nach einer Zyklus-Definition NULLPUNKT-Verschiebung beziehen sich alle Koordinaten-Eingaben auf den neuen Nullpunkt. Die Verschiebung wird in der zusätzlichen Status-Anzeige angezeigt.

Eingaben

Eingegeben werden die Koordinaten des neuen Nullpunkts. Absolutwerte beziehen sich auf den Nullpunkt, der durch das Bezugspunkt-Setzen festgelegt ist. Inkrementalwerte beziehen sich auf den zuletzt gültigen Nullpunkt; dieser kann bereits verschoben sein.

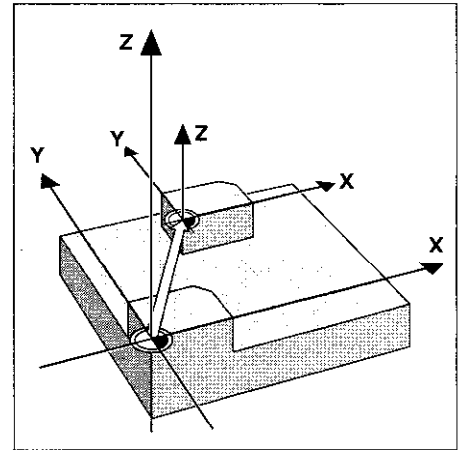


Abb. 8.42: Wirkung der Nullpunkt-Verschiebung

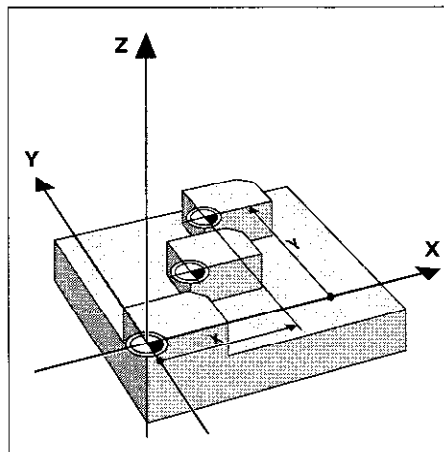


Abb. 8.43: Nullpunkt absolut verschieben

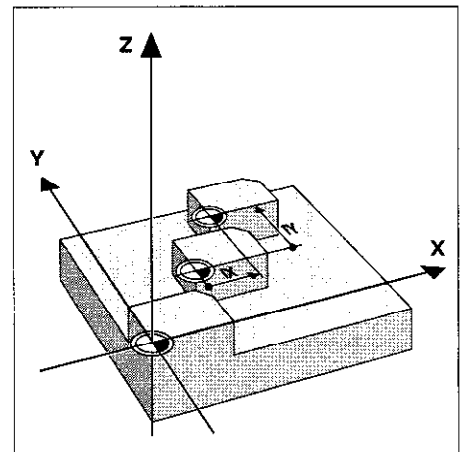


Abb. 8.44: Nullpunkt inkremental verschieben

Rücksetzen

Die Nullpunkt-Verschiebung mit den Koordinatenwerten $X = 0$, $Y = 0$ und $Z = 0$ hebt eine Nullpunkt-Verschiebung wieder auf.



Werden Koordinaten-Umrechnungen kombiniert, ist die Nullpunkt-Verschiebung zuerst durchzuführen.

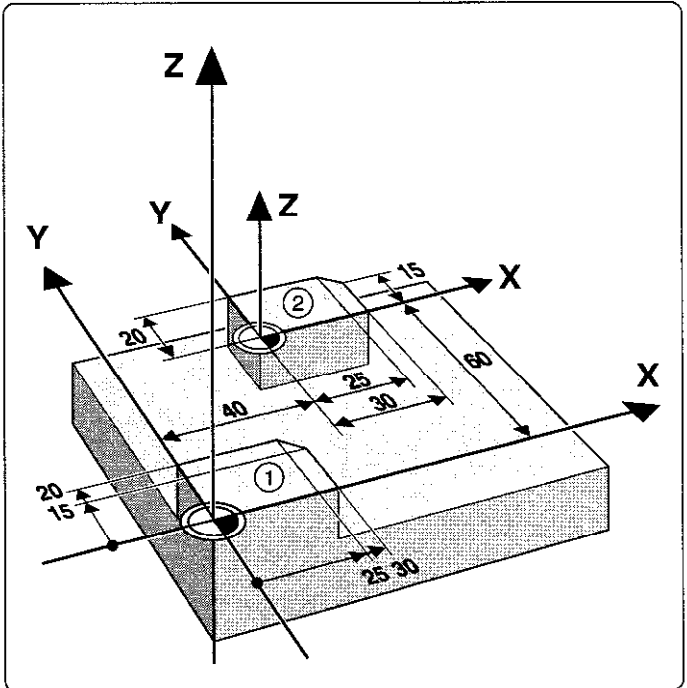
Grafik

Wird nach einer Nullpunkt-Verschiebung ein neues Rohteil definiert, kann über MP 7310 (siehe S. 11-10) entschieden werden, ob sich das Rohteil auf den neuen oder alten Nullpunkt bezieht. Bei der Bearbeitung mehrerer gleicher Teile kann dadurch jedes Teil einzeln grafisch dargestellt werden.

Übungsbeispiel: Nullpunkt verschieben

Ein als Unterprogramm geschriebener Fertigungsablauf soll

- bezogen auf den gesetzten Nullpunkt ① $X+0/Y+0$ und
- zusätzlich bezogen auf den verschobenen Nullpunkt ② $X+40/Y+60$ ausgeführt werden.

**Zyklus im Bearbeitungsprogramm**

```

%S840I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *
N30 G99 T1 L+0 R+4 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 * ..... Zustellachse freifahren
N60 L1,0 * ..... Ausführung 1 ohne Nullpunkt-Verschiebung
N70 G54 X+40 Y+60 *
N80 L1,0 * ..... Ausführung 2 mit Nullpunkt-Verschiebung
N90 G54 X+0 Y+0 * ..... Nullpunkt-Verschiebung rücksetzen
N100 Z+100 M02 *
N110 G98 L1 *
.
.
.
N230 G98 L0 *
N99999 %S840I G71 *

```

Unterprogramm:

```

N110 G98 L1 *
N120 X-10 Y-10 M03 *
N130 Z+2 *
N140 G01 Z-5 F200 *
N150 G41 X+0 Y+0 *
N160 Y+20 *
N170 X+25 *
N180 X+30 Y+15 *
N190 Y+0 *
N200 X+0 *
N210 G40 X-10 Y-10 *
N220 G00 Z+2 *
N230 G98 L0 *

```

Das Unterprogramm steht bei den unterschiedlichen Umrechnungen an folgender Stelle (NC-Satz) des Programms:

	LBL 1	LBL 0
Nullpunkt-Verschiebung	Satz N110	Satz N230
Spiegeln, Drehung, Maßfaktor	Satz N130	Satz N250

NULLPUNKT-Verschiebung mit Nullpunkt-Tabellen G53**Anwendung**

Nullpunkt-Tabellen werden eingesetzt bei

- häufig wiederkehrenden Bearbeitungsgängen an verschiedenen Werkstück-Positionen oder
- bei häufiger Verwendung derselben Nullpunktverschiebung

Die Koordinaten-Werte aus Nullpunkt-Tabellen sind ausschließlich absolut wirksam.

Innerhalb eines Programms können Nullpunkte sowohl direkt in der Zyklus-Definition programmiert werden als auch aus einer Nullpunkt-Tabelle gerufen werden.

Eingabe

Eingegeben wird die Nummer des Nullpunkts aus der Nullpunkt-Tabelle oder eine Q-Parameter-Nummer. Bei Eingabe einer Q-Parameter-Nummer aktiviert die TNC die Nullpunkt-Nummer, die im Q-Parameter steht.

Zurücksetzen

- Aus der Nullpunkt-Tabelle wird eine Verschiebung zu den Koordinaten $X = 0$; $Y = 0$ etc. aufgerufen.
- Die Verschiebung wird direkt mit einer Zyklus-Definition aufgerufen (siehe auch S. 8-38).

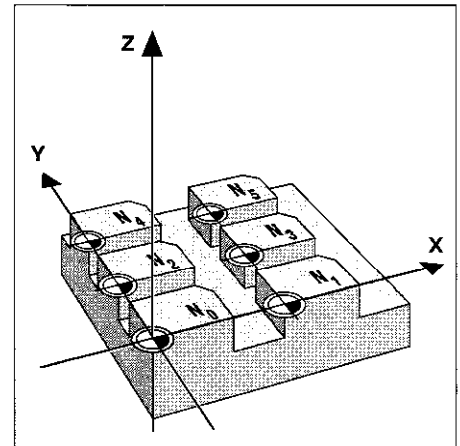


Abb. 8.45: Beispiele für gleichartige Nullpunkt-Verschiebungen

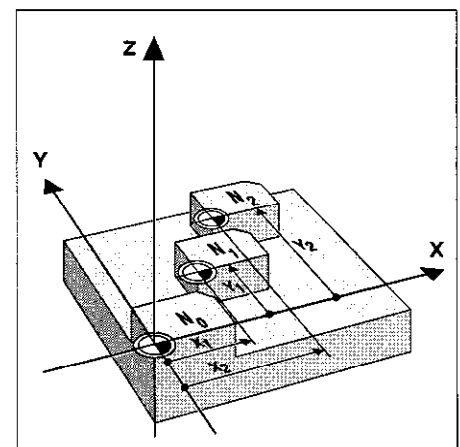
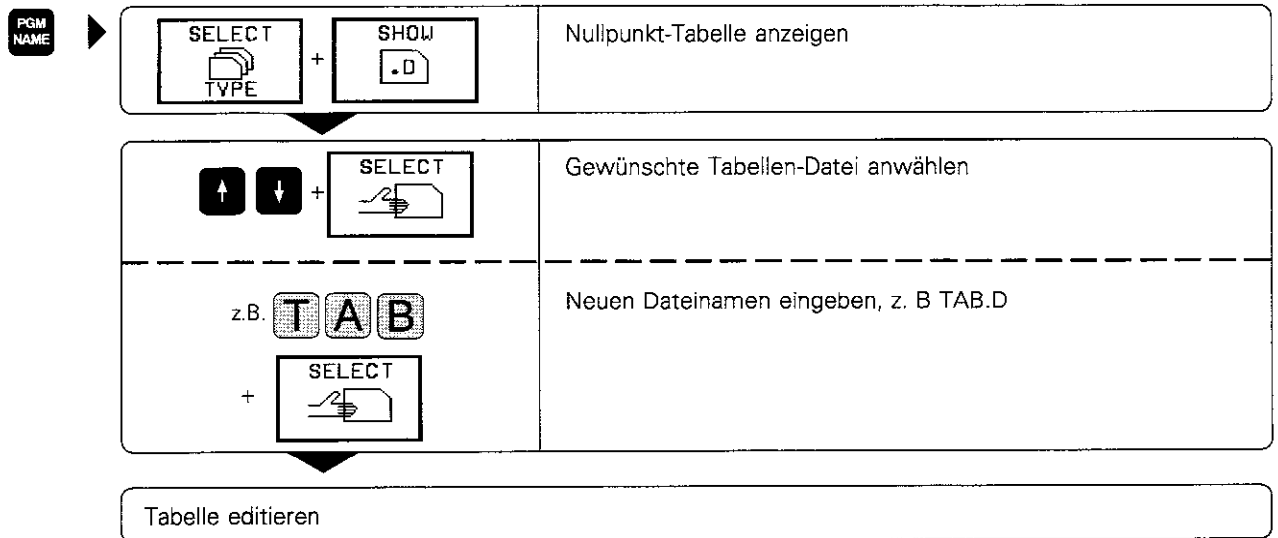


Abb. 8.46: Nur absolute Nullpunkt-Verschiebung mit Tabelle

Nullpunkt-Tabelle editieren

Die Nullpunkt-Tabelle wird in der Betriebsart PROGRAMM EINSPEICHERN/EDITIEREN editiert:



Die Softkey-Leiste stellt zum Editieren folgende Softkey-Funktionen zur Verfügung:

BEGIN TABLE	END TABLE	PAGE ↓	PAGE ↑	INSERT LINE	DELETE LINE	NEXT LINE	
-------------	-----------	--------	--------	-------------	-------------	-----------	--

Funktion	Softkey
• Tabellen-Anfang anwählen	BEGIN TABLE
• Tabellen-Ende anwählen	END TABLE
• Seitenweise blättern	PAGE ↑ / PAGE ↓
• Zeile einfügen	INSERT LINE
• Zeile löschen	DELETE LINE
• Eingegebene Zeile übernehmen, Sprung zum Anfang der nächsten Zeile	NEXT LINE



- Neue Zeilen können nur am Tabellen-Ende eingefügt werden.
- Beim Eröffnen einer neuen Nullpunkt-Tabelle darauf achten, daß die richtigen Maßangaben (mm/inch) ausgewählt werden.
- Nullpunkte aus der Nullpunkt-Tabelle können sich auf den aktuellen Bezugspunkt oder den Maschinen-Nullpunkt beziehen (abhängig von MP7475, siehe S. 11-14)

SPIEGELN G28**Anwendung**

Eine Bearbeitung kann in der Bearbeitungsebene spiegelbildlich ausgeführt werden.

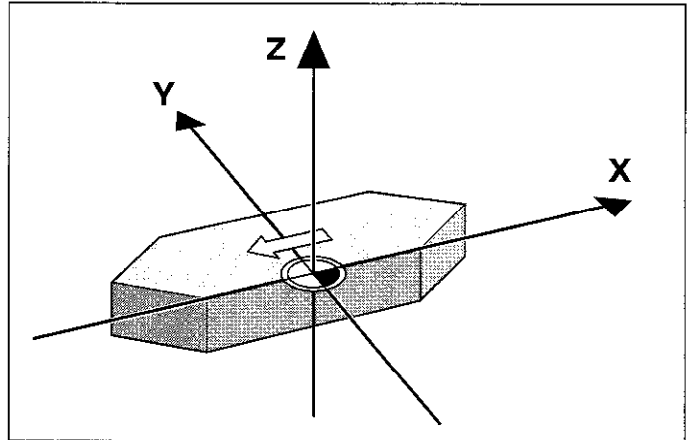


Abb. 8.47: SPIEGELN einer Kontur

Wirkung

Die Spiegelung wird ab ihrer Definition im Programm wirksam.
Eine Spiegelung wird in der zusätzlichen Status-Anzeige angezeigt.

- Wird eine Achse gespiegelt, ändert sich der Umlaufsinn des Werkzeugs.
Dies gilt nicht bei Bearbeitungszyklen.
- Werden zwei Achsen gespiegelt, bleibt der Umlaufsinn erhalten.

Die Spiegelung hängt von der Lage des Nullpunkts ab:

- Nullpunkt liegt auf der zu spiegelnden Kontur: Das Teil klappt um die Achse
- Nullpunkt liegt außerhalb der zu spiegelnden Kontur: Das Teil verlagert sich zusätzlich

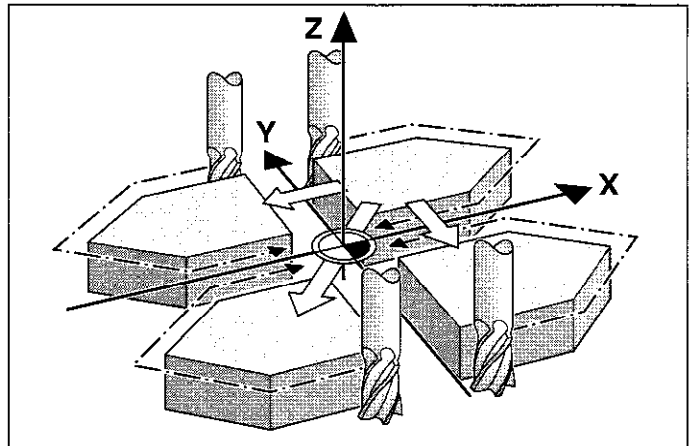


Abb. 8.48: Mehrfaches Spiegeln und Umlaufsinn

Eingabe

Eingegeben wird die Achse, die gespiegelt wird.
Die Werkzeugachse kann nicht gespiegelt werden.

Rücksetzen

Eingabe von G28 ohne Achse setzt den Zyklus zurück.

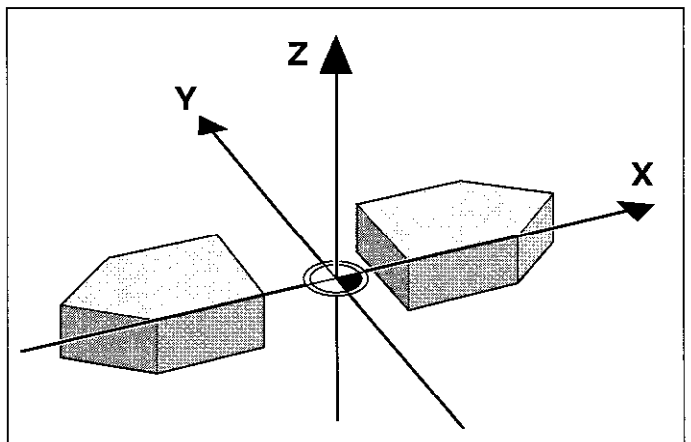
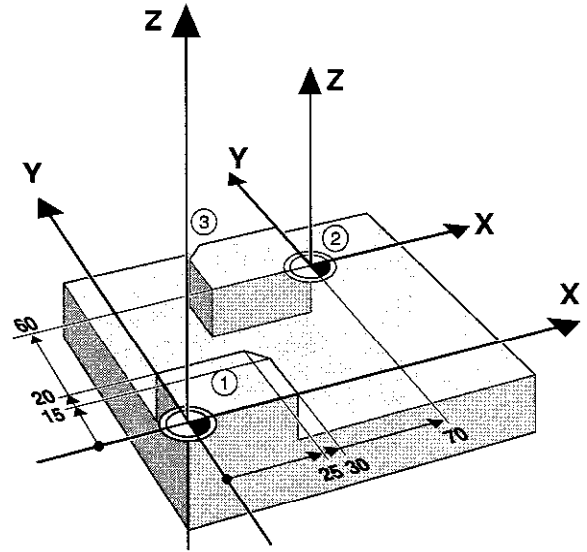


Abb. 8.49: Nullpunkt liegt außerhalb der zu spiegelnden Kontur

Übungsbeispiel: Spiegeln

Eine Bearbeitung (Unterprogramm 1) soll einmal – wie als Original programmiert – an Position X+0/Y+0 ① und einmal an Position X+70/Y+60 ② in X gespiegelt ③ ausgeführt werden.

**Zyklus SPIEGELN im Bearbeitungsprogramm**

%S844! G71 *	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *	
N30 G99 T1 L+0 R+4 *	Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1500 *	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 *	Zustellachse freifahren
N60 L1,0 *	Ausführung 1 ungespiegelt
N70 G54 X+70 Y+60 *	Nullpunkt verschieben
N80 G28 X *	Spiegeln aktivieren
N90 L1,0 *	Ausführung 2, verschoben und gespiegelt
N100 G28 *	Spiegeln rücksetzen
N110 G54 X+0 Y+0 *	Nullpunkt-Verschiebung rücksetzen
N120 Z+100 M02 *	
N130 G98 L1 *	} Das Unterprogramm ist identisch mit dem Unterprogramm auf Seite 8-40
.	
.	
N250 G98 L0 *	
N99999 %S844! G71 *	

DREHUNG G73

Anwendung

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

Wirkung

Die Drehung wird ab ihrer Definition im Programm wirksam. Sie wirkt auch in der Betriebsart POSITIONIEREN MIT HANDEINGABE.

Bezugsachse für den Drehwinkel:

- X/Y-Ebene X-Achse
- Y/Z-Ebene Y-Achse
- Z/X-Ebene Z-Achse

Der aktive Drehwinkel wird in der zusätzlichen Statusanzeige angezeigt.

Eingaben

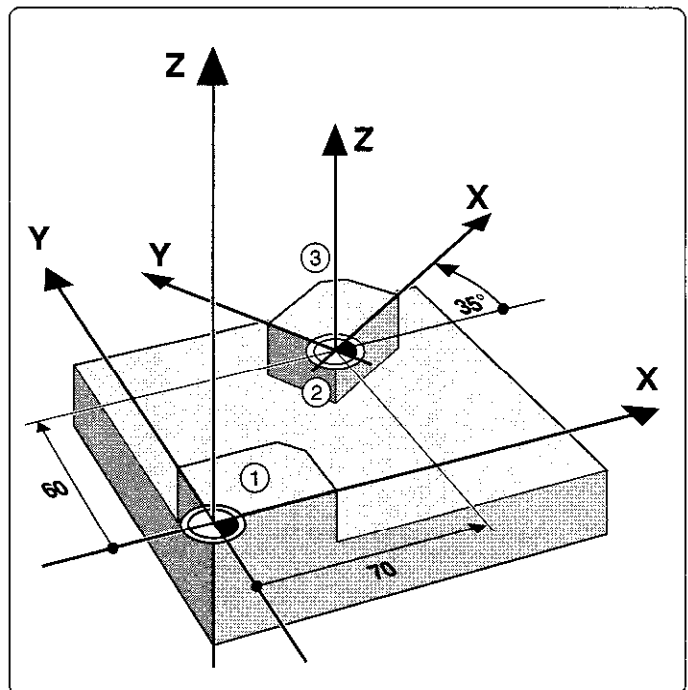
Der Drehwinkel wird in Grad (°) eingegeben.
Eingabe-Bereich: -360° bis $+360^\circ$ (absolut oder inkremental)

Rücksetzen

Eine Drehung wird mit dem Drehwinkel 0° aufgehoben

Übungsbeispiel: Drehen

Eine Kontur (Unterprogramm 1) soll einmal – wie als Original programmiert – bezogen auf Nullpunkt X+0/Y+0 und einmal bezogen auf Nullpunkt X+70 Y+60 um 35° gedreht ausgeführt werden.



Fortsetzung nächste Seite

Zyklus im Bearbeitungsprogramm

%S846I G71 *	.....	Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 *	.....	Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 *		
N30 G99 T1 L+0 R+4 *	.....	Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1500 *	.....	Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 *	.....	Zustellachse freifahren
N60 L1,0 *	.....	Ausführung 1 nicht gedreht
N70 G54 X+70 Y+60 *		
N80 G73 G90 H+35 *		
N90 L1,0 *	.....	Ausführung 2, verschoben und gedreht
N100 G73 G90 H+0 *	.....	Drehung rücksetzen
N110 G54 X+0 Y+0 *	.....	Nullpunkt-Verschiebung rücksetzen
N120 Z+100 M02 *		
N130 G98 L1 *		
·		
·		
·		
N250 G98 L0 *		
N99999 %S846I G71 *		

} Das Unterprogramm ist identisch mit dem Unterprogramm auf Seite 8-40

Zugehöriges Unterprogramm (siehe S. 8-41) wird nach M2 programmiert.

MASSFaktor G72**Anwendung**

Innerhalb eines Programms können Konturen vergrößert oder verkleinert werden. So lassen sich beispielsweise Schrumpf- und Aufmaß-Faktoren berücksichtigen.

Wirkung

Der Maßfaktor ist ab der Zyklus-Definition wirksam.
Der Maßfaktor wirkt

- in der Bearbeitungsebene, oder auf alle drei Koordinatenachsen gleichzeitig (abhängig von MP7410)
- auf Maßangaben in Zyklen
- auch auf Parallelachsen U, V, W

Eingabe

Eingegeben wird der Faktor F. Die TNC multipliziert Koordinaten und Radien mit F (wie in „Wirkung“ beschrieben).

Vergrößerung: F größer als 1 bis 99,999 999

Verkleinerung: F kleiner als 1 bis 0,000 001

Rücksetzen

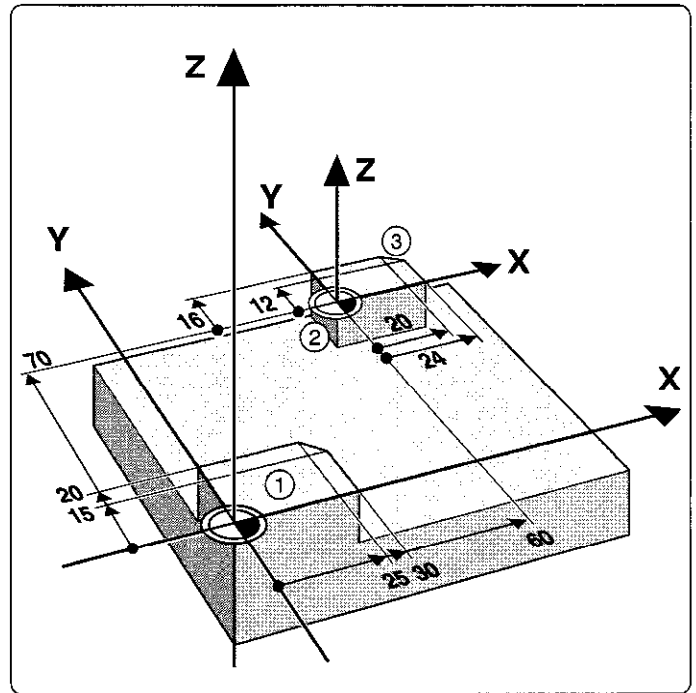
Ein Maßfaktor wird durch Zyklus MASSFAKTOR mit Faktor 1 aufgehoben.

Voraussetzung

Vor der Vergrößerung bzw. Verkleinerung sollte der Nullpunkt auf eine Kante oder Ecke der Kontur verschoben werden.

Übungsbeispiel: Maßfaktor

Eine Kontur (Unterprogramm 1) soll einmal – wie als Original programmiert – bezogen auf den ursprünglich gesetzten Nullpunkt X+0/Y+0 und einmal bei auf X+60/Y+70 mit Maßfaktor 0,8 verkleinert ausgeführt werden.

**Zyklus MASSFAKTOR im Bearbeitungsprogramm**

```

%S847I G71 * ..... Programm-Beginn
N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-20 * ..... Rohteil-Definition
N20 G31 X+100 Y+100 Z+0 * .....
N30 G99 T1 L+0 R+4 * ..... Werkzeug-Definition
N40 T1 G17 S1500 * ..... Werkzeug-Aufruf
N50 G00 G40 G90 Z+100 * ..... Zustellachse freifahren
N60 L1,0 * ..... Ausführung 1 in Originalgröße
N70 G54 X+70 Y+60 * .....
N80 G72 F0,8 * .....
N90 L1,0 * ..... Ausführung 2 verschoben und verkleinert
N100 G72 F1 * ..... Maßfaktor rücksetzen
N110 G54 X+0 Y+0 * ..... Nullpunkt-Verschiebung rücksetzen
N120 Z+100 M02 * .....
N130 G98 L1 * .....
.
.
.
N250 G98 L0 * .....
N99999 %S847I G71 * .....

```

Das Unterprogramm ist identisch mit dem Unterprogramm auf Seite 8-40

Zugehöriges Unterprogramm (siehe S. 8-40) wird nach M2 programmiert.

8.6 Sonstige Zyklen

VERWEILZEIT G04

Anwendung

In einem laufenden Programm wird der nachfolgende Satz erst nach der programmierten Verweilzeit abgearbeitet.

Eine Verweilzeit kann beispielsweise zum Spanbrechen dienen.

Wirkung

Der Zyklus wirkt ab der Definition. Modal wirkende bleibende Zustände werden dadurch nicht beeinflusst, wie z.B. die Drehung der Spindel.

Eingabe

Die Verweilzeit wird nach G04 mit F in Sekunden angegeben.
Eingabebereich 0 bis 30 000 s (etwa 8,3 Stunden) in 0,001 s-Schritten.

NC-Satz z.B.: *N135 G04 F3 **

PROGRAMM-AUFRUF G39

Anwendung und Wirkung

Bearbeitungs-Programme, wie z.B. spezielle Bohrzyklen, Fräsen von Kurven, Geometrie-Module, können als Hauptprogramme erstellt und einem Bearbeitungs-Zyklus gleichgestellt werden.
Dieses Hauptprogramm kann dann wie ein Zyklus aufgerufen werden.

Eingabe

Eingegeben wird der Name des aufzurufenden Programms

Das Programm wird mit

- G79 (separater Satz) oder
- M99 (satzweise) oder
- M89 (wird nach jedem Positioniersatz ausgeführt)

aufgerufen.

Beispiel: Programm-Aufruf

Aus einem Programm soll ein über Zyklus-Aufruf rufbares Programm 50 gerufen werden.

Bearbeitungsprogramm

•
•
•

G39 P01 50 Festlegung: „Programm 50 ist ein Zyklus“
G00 G40 X+20 Y+50 M99 Aufruf von Programm 50

•
•
•

SPINDEL-ORIENTIERUNG G36

Anwendung

Die TNC kann die Hauptspindel einer Werkzeugmaschine als 6. Achse ansteuern und in eine durch einen Winkel bestimmte Position drehen.

Die Spindel-Orientierung wird benötigt

- bei Werkzeugwechsel-Systemen mit bestimmter Wechsel-Position für das Werkzeug
- zum Ausrichten des Sende- und Empfangsfensters des 3D-Tastsystems TS 511 von HEIDENHAIN

Wirkung

Auf die im Zyklus definierte Winkelstellung wird durch Eingabe von M19 positioniert.

Wird M19 ohne Zyklus-Definition ausgeführt, so wird die Hauptspindel auf den in Maschinenparametern festgelegten Wert ausgerichtet.

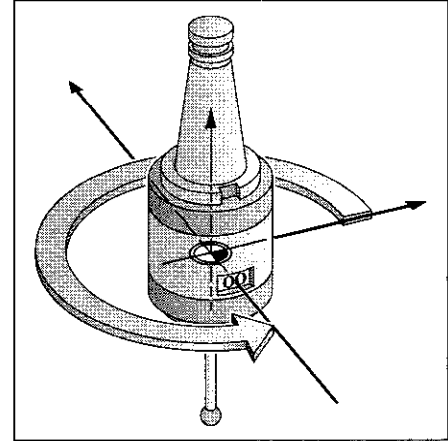


Abb. 8.50: Spindel-Orientierung



Außer durch Zyklus G36 wird die Spindel-Orientierung auch über Maschinen-Parameter festgelegt.

Voraussetzung

Die Maschine muß für eine Spindel-Orientierung vorgesehen sein.

Eingabe

Orientierungswinkel S (bezogen auf die Winkelbezugsachse der Arbeitsebene)

Eingabe-Bereich: 0 bis 360°.

Eingabe-Feinheit: 0,1°.

9 Externe Datenübertragung

9.1	Menü zur externen Datenübertragung	9-2
9.2	Dateien anwählen und übertragen	9-3
	Datei anwählen	9-3
	Datei umbenennen	9-3
	Dateien übertragen	9-3
	Blockweises Übertragen	9-4
9.3	Steckerbelegung und Anschlußkabel für Datenschnittstellen	9-5
	Schnittstelle V.24/RS-232-C	9-5
	Schnittstelle V.11/RS-422	9-6
9.4	Geräte für Datenübertragung vorbereiten	9-7
	HEIDENHAIN Geräte	9-7
	Fremdgeräte	9-7

Für die Datenübertragung zwischen der TNC und anderen Geräten stehen zwei Datenschnittstellen zur Verfügung.


Anwendungsbeispiele:

- Blockweises Übertragen (DNC-Betrieb)
 - Dateien in die TNC einlesen
 - Dateien aus der TNC auf externen Speicher übertragen
 - Dateien ausdrucken
- usw.

Die beiden Schnittstellen können dabei gleichzeitig genutzt werden.

9.1 Menü zur externen Datenübertragung

Externe Datenübertragung anwählen

	Menü zur externen Datenübertragung erscheint am Bildschirm
---	--

Der TNC-Bildschirm ist vertikal in zwei Hälften aufgeteilt:

Aktive Schnittstelle
(RS-232 oder RS-422)

Schnittstellen-Betriebsart
(FE1, FE2, ME, EXT1, EXT2);
Aufgelisteter Datei-Typ

MANUELLER BETRIEB	PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN			
TNC#	RS232/FE1#		RS232/FE1#	
DATEI-NAME	BYTENS	STATUS	DATEI-NAME	SEKTOREN STATUS
OLIVER .H 9560 S	\$MD1	.H	1	
TAB1 .T 770	1	.H	1	
TOOL .T 770 MS	11	.H	1	
ELLIPSE .I 934	111	.H	1	
LOCHKR .I 968	123456	.H	1	
LKJHF .D 462	2	.H	1	
125 .A 220	22	.H	1	
126 .A 200	3	.H	1	
3455 .A 1258	TAB1	.T	2	
T00L .A 1662	LKJHF	.D	1	
T00 .A 714	125	.A	1	
KKZ1 .C 1410 E	126	.A	1	
62 DATEI(EN) 118528 BYTE FREI	16 DATEI(EN) 735 SEKTOREN FREI			

↑

↓

TRANSFER TNC → EXT

TRANSFER TNC ← EXT

TRANSFER TNC ↔ EXT

SELECT TYPE

WINDOU

END

Dateien in der TNC

Dateien (falls vorhanden) auf externem Speicher

Wird die Datenübertragung von einer Werkzeug-Tabelle oder Platz-Tabelle aus angewählt, stehen nur die Funktionen

TRANSFER

TNC → EXT

und

TRANSFER

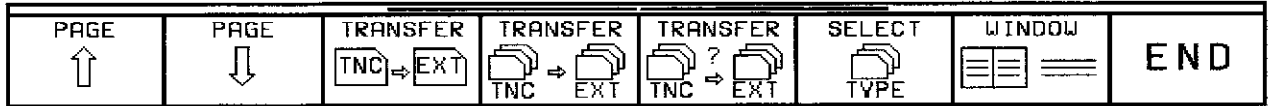
TNC ← EXT

zur Verfügung.

9.2 Dateien anwählen und übertragen

Die Funktionen für die Datenübertragung werden in der Softkey-Leiste angewählt.

Softkey-Leiste in der Betriebsart
PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN



Datei anwählen

Eine Datei wird mit Pfeiltasten angewählt.
Mit den PAGE-Softkeys wird das Datei-Verzeichnis wie in der Datei-Verwaltung seitenweise angezeigt. Auch die SHOW-Softkeys haben die gleiche Funktion, wie unter Datei-Verwaltung beschrieben (siehe S. 1-27).

Datei umbenennen

Mit dem Softkey RENAME (siehe S. 1-31) werden Dateien in der TNC umbenannt, falls beispielsweise auf einem externen Speicher schon eine Datei gleichen Namens existiert.

Dateien übertragen

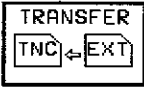
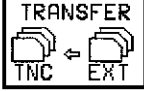

Dateien von der TNC zu externem Gerät übertragen

Das Hellfeld steht auf einer Datei, die in der TNC gespeichert ist.

Funktion	Softkey
<ul style="list-style-type: none"> • Angewählte Datei übertragen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alle Dateien übertragen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Im Menü nacheinander alle Dateien zum Übertragen anbieten. Übertragen mit ENT, sonst NO ENT 	

Dateien von externem Gerät zur TNC übertragen

Das Hellfeld steht auf einer Datei, die auf dem externen Datenträger gespeichert ist.

Funktion	Taste
<ul style="list-style-type: none"> • Angewählte Datei übertragen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alle Dateien übertragen 	
<ul style="list-style-type: none"> • Im Menü nacheinander alle Dateien zum Übertragen anbieten, übertragen mit ENT, sonst NO ENT 	

Übertragung abbrechen

Eine Datenübertragung wird mit der Taste oder dem Softkey END abgebrochen.



- Erkennt die TNC fehlerhaft übertragene Programmsätze, kennzeichnet sie diese mit ERROR =. Diese Sätze müssen in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN berichtigt werden.
- Werden Daten zwischen zwei TNCs übertragen, wird die TNC zuerst gestartet, in die Daten eingelesen werden.

Blockweises Übertragen

Für blockweises Übertragen (siehe S. 3-11) steht das nebenstehende Menü zur Verfügung. Der Name der Datei, die blockweise übertragen werden soll, wird wie gewohnt angewählt. Die Datenübertragung wird mit dem Softkey SELECT gestartet.

PROGRAMMLAUF	PROGRAMM-TEST					
SATZFOLGE	DATEI-NAME = [REDACTED].H					
RS232/FE1:						
SEKTORLISTE						
SMD1	.H 1					
1	.H 1					
11	.H 1					
111	.H 1					
123456	.H 1					
2	.H 1					
22	.H 1					
3	.H 1					
TAB1	.T 2					
LKJHF	.D 1					
10 DATEI(EN) 736 SEKTOREN FREI!						
PAGE	PAGE	SELECT		SELECT		END
↑	↓					

Abb. 9.1: Menü zum blockweisen Übertragen

9.3 Steckerbelegung und Anschlußkabel für Datenschnittstellen

Schnittstelle V.24/RS-232-C

HEIDENHAIN-Geräte

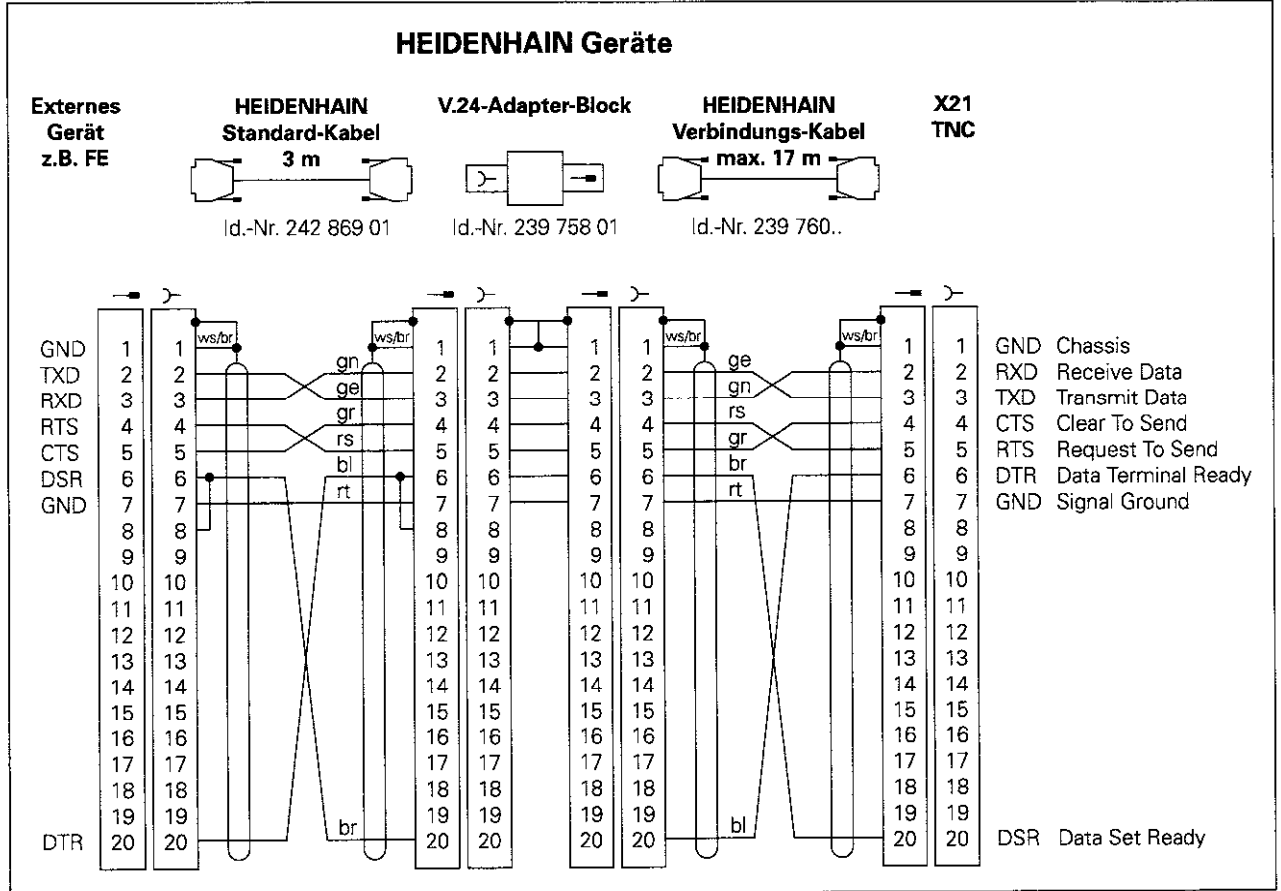


Abb. 9.2: Schnittstellen-Belegung der V.24/RS-232-C für HEIDENHAIN Geräte



Die Stecker-Belegungen an der TNC-Logikeinheit (X21) und am Adapter-Block sind verschieden.

Fremdgeräte

Die Stecker-Belegung am Fremdgerät kann erheblich von der Stecker-Belegung eines HEIDENHAIN-Gerätes abweichen. Sie ist vom Gerät und der Übertragungsart abhängig.

Schnittstelle V.11/RS-422

An der V.11-Schnittstelle werden nur Fremdgeräte angeschlossen.

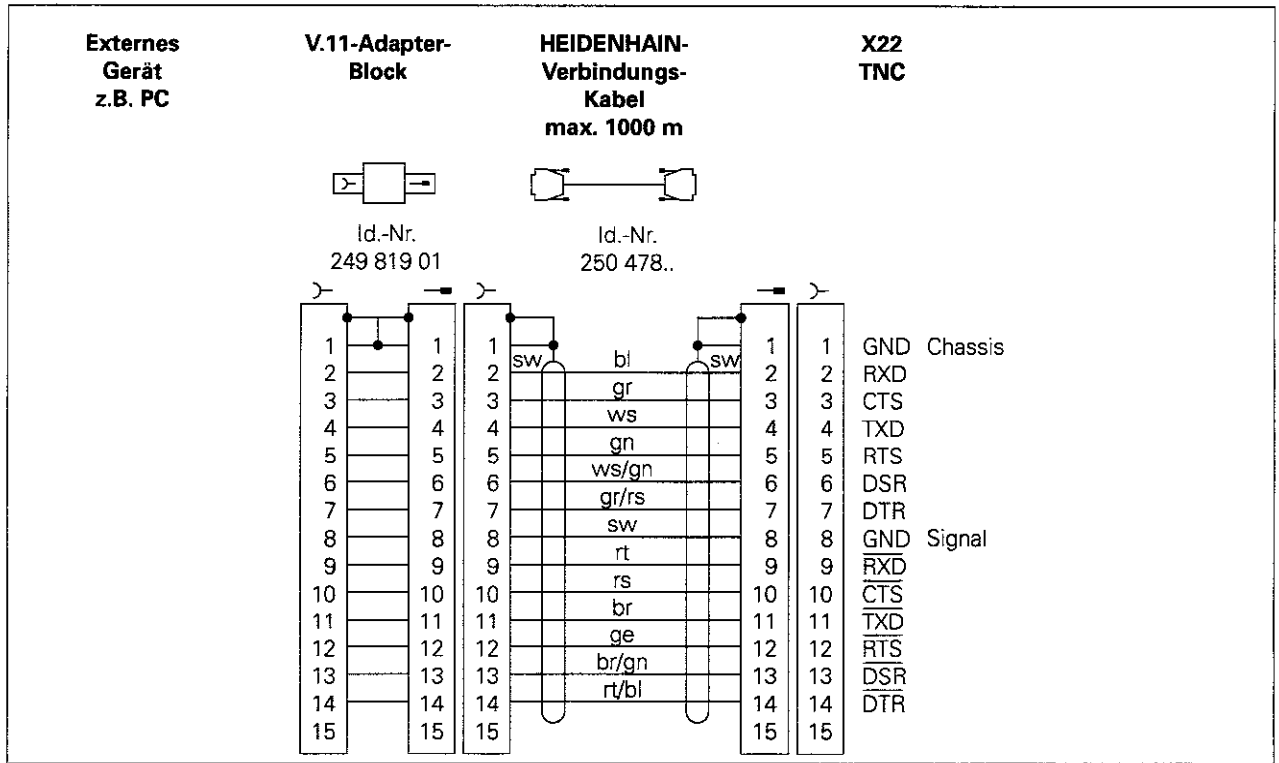


Abb. 9.4: Schnittstellen-Belegung der V.11/RS-422



Die Stecker-Belegungen an der TNC-Logikeinheit (X22) und am Adapter-Block sind identisch.

9.4 Geräte für Datenübertragung vorbereiten

HEIDENHAIN Geräte

HEIDENHAIN Geräte (Disketten-Einheit FE und Magnetband-Einheit ME) sind an die TNC angepaßt. Sie können direkt zur Datenübertragung genutzt werden.

Beispiel: Disketten-Einheit FE401

- Netzkabel der FE anschließen
- FE und TNC mit Übertragungs-Kabel verbinden
- FE einschalten
- Diskette in oberes Laufwerk einlegen
- Falls nötig: Diskette formatieren
- Schnittstelle einrichten (siehe S. 10-4)
- Daten übertragen



- Der Speicherplatz auf Disketten wird in Sektoren angegeben.
- An der Disketten-Einheit FE401 kann die Baud Rate umgeschaltet werden.

Fremdgeräte

Die TNC und Fremdgeräte müssen aneinander angepaßt werden.

Fremdgerät an TNC anpassen

- PC: Software anpassen
- Drucker: Schalter einstellen (DIP-Schalter)

TNC an Fremdgerät anpassen

Anwenderparameter einstellen:

- 5020.0 bis 5210.0 für EXT1
- 5020.1 bis 5210.1 für EXT2

Die beiden Einstellungen können zum Beispiel an einen PC (z. B. EXT1) oder einen Drucker (EXT2) angepaßt werden.

10 MOD-Funktionen

10.1 MOD-Funktionen anwählen, ändern und verlassen	10-3
10.2 Software- und Options-Nummern	10-3
10.3 Schlüssel-Zahl eingeben	10-4
10.4 Externe Datenschnittstellen einrichten	10-4
RS-232-Schnittstelle einrichten	10-4
RS-422-Schnittstelle einrichten	10-4
BETRIEBSART wählen	10-4
Abwärtskompatibilität	10-5
BAUD-RATE einstellen	10-5
ZUWEISUNG	10-5
PRINT und PRINT-TEST	10-6
10.5 Maschinenspezifische Anwender-Parameter	10-7
10.6 Rohteil im Arbeitsraum darstellen	10-7
Funktions-Übersicht	10-8
10.7 Positions-Anzeige wählen	10-9
10.8 Maßsystem wählen	10-10
10.9 Programmiersprache für \$MDI wählen	10-10
10.10Verfahrenbereichs-Begrenzungen eingeben	10-11
10.11HELP-Dateien anzeigen	10-12

Über die MOD-Funktionen stehen zusätzliche Anzeigen und Eingabemöglichkeiten zur Verfügung. Welche MOD-Funktionen zur Verfügung stehen, hängt von der angewählten Betriebsart ab.

Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN:

- NC-Software - Nummer anzeigen
- PLC-Software - Nummer anzeigen
- Schlüsselzahl eingeben
- Schnittstelle einrichten
- Maschinenspezifische Anwenderparameter
- Ggf. HELP-Dateien anzeigen

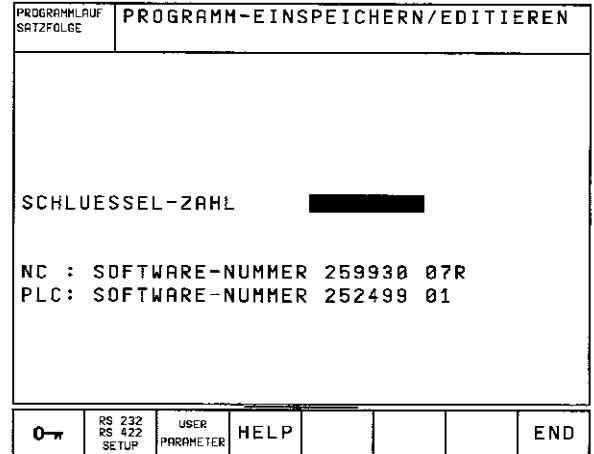


Abb. 10.1: MOD-Funktionen im PROGRAMM EINSPEICHERN/EDITIEREN

Betriebsart PROGRAMM-TEST:

- NC-Software-Nummer anzeigen
- PLC-Software-Nummer anzeigen
- Schlüsselzahl eingeben
- Schnittstelle einrichten
- Grafische Darstellung des Rohteils im Arbeitsraum der Maschine
- Maschinenspezifische Anwenderparameter
- Ggf. HELP-Dateien

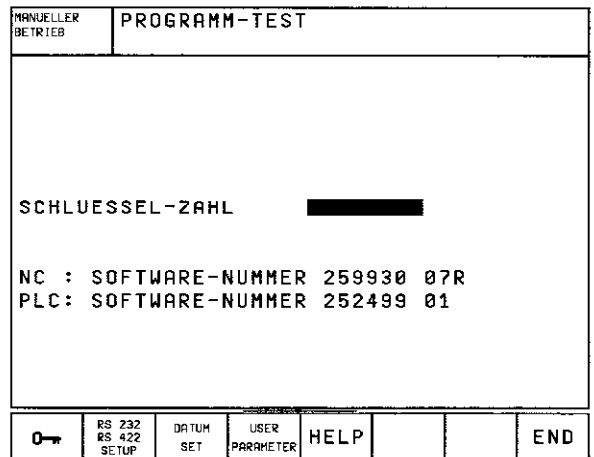


Abb. 10.2: MOD-Funktionen im PROGRAMM-TEST

Alle übrigen Betriebsarten:

- NC-Software - Nummer anzeigen
- PLC-Software - Nummer anzeigen
- Kennziffern für vorhandene Optionen anzeigen
- Positions-Anzeige wählen
- Maß-Einheit (mm/inch) festlegen
- Programmier-Sprache festlegen
- Verfahrbereichs-Begrenzung setzen
- Nullpunkte anzeigen
- Ggf. HELP-Dateien anzeigen

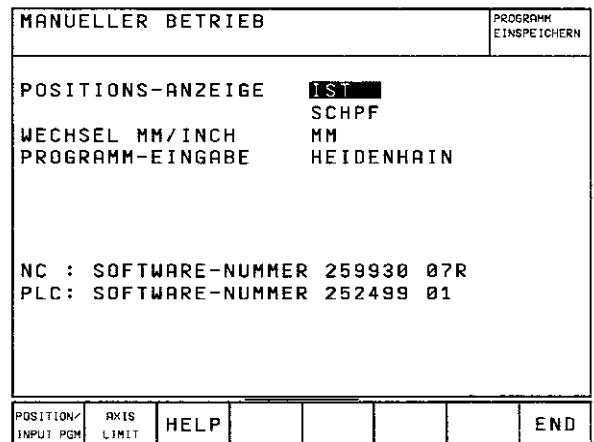
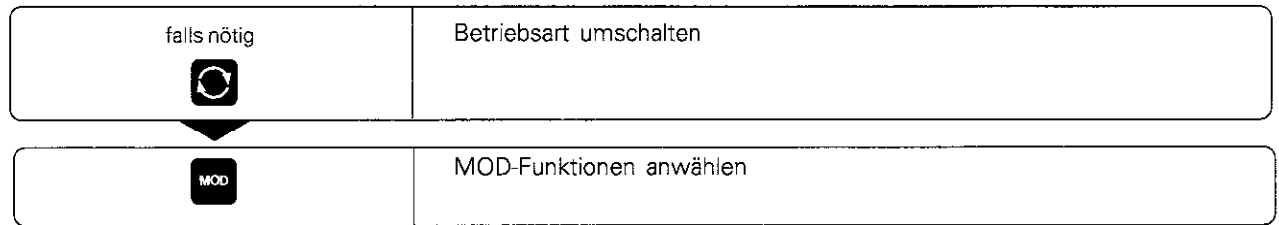


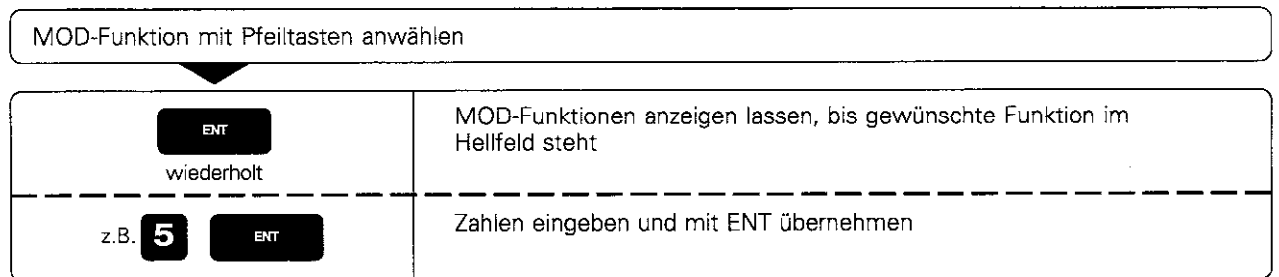
Abb. 10.3: MOD-Funktionen in einer Maschinen-Betriebsart

10.1 MOD-Funktionen anwählen, ändern und verlassen

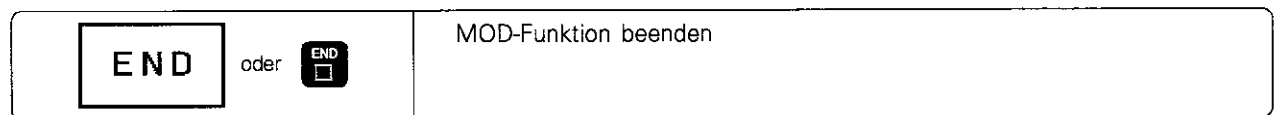
MOD-Funktionen anwählen



MOD-Funktion ändern



MOD-Funktionen verlassen



10.2 Software- und Options-Nummern

Die Software-Nummern von NC und PLC stehen nach Anwahl der MOD-Funktionen im TNC-Bildschirm.
Direkt darunter stehen die Nummern für vorhandene Optionen (OPT:)
(nur für Klartext-Dialog):

- Option Digitalisieren OPT: 1
- Option Digitalisieren und messenger Taster OPT: 11

10.3 Schlüssel-Zahl eingeben

Die TNC benötigt für die folgenden Funktionen Schlüsselzahlen:

Funktion	Schlüssel-Zahl
Lösch- und Editier-Schutz bei Dateien (Status P) aufheben	86357
Anwender-Parameter anwählen	123

10.4 Externe Datenschnittstellen einrichten

Zum Einrichten der externen Daten-Schnittstellen stellt die TNC ein Bildschirm-Menü zur Verfügung, nachdem der Softkey RS 232- / RS 422 - SETUP gedrückt wurde. In diesem Menü wird eingegeben:

- BETRIEBSART - des externen Geräts: FE1, FE2, ME, EXT1, EXT2, LSV2
- BAUD-RATE - Datenübertragungs-Geschwindigkeit 110 bis 38400 bd
- ZUWEISUNG - Zuweisung der Schnittstellen RS-232 oder RS-422 an die Betriebsarten
- PRINT - Ausgabe von Digitalisier-Daten: RS-232, RS-422 oder FILE

RS-232-Schnittstelle einrichten

Betriebsart und Baud-Raten werden für die RS-232-Schnittstelle links im Bildschirm eingetragen.

RS-422-Schnittstelle einrichten

Betriebsart und Baud-Raten werden für die RS-422-Schnittstelle rechts im Bildschirm eingetragen.

BETRIEBSART wählen

Externes Gerät	BETRIEBSART
HEIDENHAIN Disketten-Einheiten • FE 401 B • FE 401 ab Prog.-Nr. 23062603	FE 1 FE 1
HEIDENHAIN Disketten-Einheit FE 401 bis Prog. Nr. 23062603 PC mit HEIDENHAIN Übertragungs-Software TNC. EXE	FE 2 FE 2
HEIDENHAIN Magnetband-Einheit ME 101 (Produktion eingestellt) ME	
Fremdgeräte, wie Drucker, Leser, Stanzer, PC ohne TNC. EXE	EXT 1 EXT 2
PC mit HEIDENHAIN-Software TNCREMOTE zur Fernbedienung	LSV 2



Die HEIDENHAIN Magnetband-Einheit ME 101 (BETRIEBSART ME) kann nur in der TNC-Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN eingesetzt werden.

Abwärtskompatibilität

Für Programme, die über eine der externen Datenschnittstellen übertragen werden, läßt sich die Genauigkeit der Angaben im Programm auf 0,1µm oder 1µm einstellen. Bei der Einstellung 1µm werden alle Angaben nur mit 3 Nachkommastellen im metrischen Maßsystem übertragen (4 Nachkommastellen im Zollsystem). So wird die Abwärtskompatibilität der TNC 425 zu früheren Software-Versionen und anderen TNCs unterstützt.

Eingabe

Die Genauigkeit der übertragenen Daten wird mit einem Softkey in der Betriebsart PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN angewählt.

MANUELLER BETRIEB		PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN					
SCHNITTSTELLE RS232			SCHNITTSTELLE RS422				
BETRIEBSART: FE 1		BETRIEBSART: FE 1					
BAUD-RATE		BAUD-RATE					
FE : 38400		FE : 9600					
EXT1 : 9600		EXT1 : 9600					
EXT2 : 9600		EXT2 : 9600					
LSV2 : 38400		LSV2 : 38400					
ZUWEISUNG:							
EINSPEICHERN RS232			PRINT			: RS232	
PROGRAMMLAUF RS232			PRINT-TEST			: RS232	
PROGRAMMTEST RS232							
RS 232	RS 422	SETUP	FORMAT	1UM/0.1UM			END

Abb. 10.4: Softkey FORMAT 1µm / 0,1µm für die Abwärtskompatibilität.

BAUD-RATE einstellen

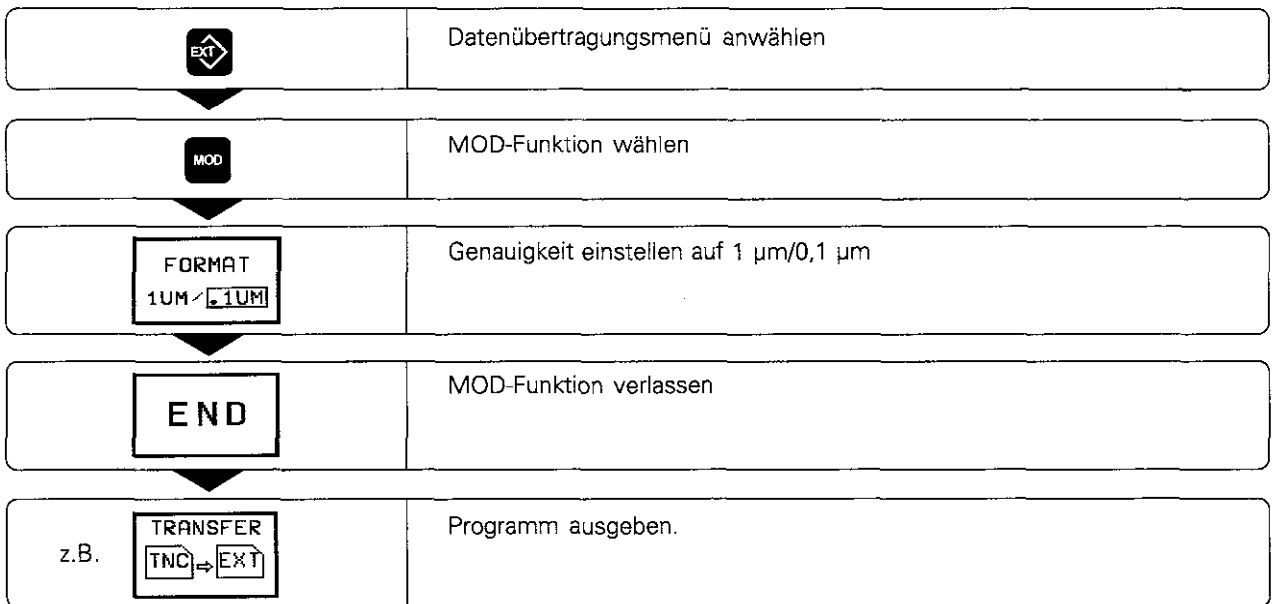
Die BAUD-RATE (Datenübertragungs-Geschwindigkeit) ist zwischen 110 und 38400 Baud wählbar.



- Die BAUD-RATE der ME101 beträgt 2400 Baud.
- Es darf nicht gleichzeitig über eine Schnittstelle mit 19200 Baud und über die andere mit 38400 Baud übertragen werden.

ZUWEISUNG

Mit dieser Funktion wird bestimmt, welche Schnittstelle (RS-232 oder RS-422) in den aufgeführten TNC-Betriebsarten zur externen Datenübertragung genutzt wird.



PRINT und PRINT-TEST

Mit den Funktionen PRINT und PRINT-TEST wird festgelegt, wohin Daten von der TNC übertragen werden.

Anwendungen:

- Werte mit der Q-Parameter-Funktion FN15 ausgeben
- Digitalisier-Daten ausgeben

Von der TNC-Betriebsart hängt ab, ob die Funktion PRINT oder PRINT-TEST benutzt wird:

TNC-Betriebsart	Übertragungsfunktion
PROGRAMMLAUF EINZELSATZ	PRINT
PROGRAMMLAUF SATZFOLGE	PRINT
PROGRAMM-TEST	PRINT-TEST

PRINT und PRINT-TEST können wie folgt eingestellt werden:

Funktion	Einstellung
Daten über RS-232 ausgeben	RS-232
Daten über RS-422 ausgeben	RS-422
Daten in einer Datei in der TNC ablegen	FILE
Daten nicht speichern	- leer -

Dateien in der TNC (Einstellung FILE)

Daten	Betriebsart	Datei-Name
Digitalisier-Daten	PROGRAMMLAUF	Wie in Zyklus BEREICH festgelegt
Werte mit FN15	PROGRAMMLAUF	% FN15RUN.A
Werte mit FN15	PROGRAMM-TEST	%FN15SIM.A

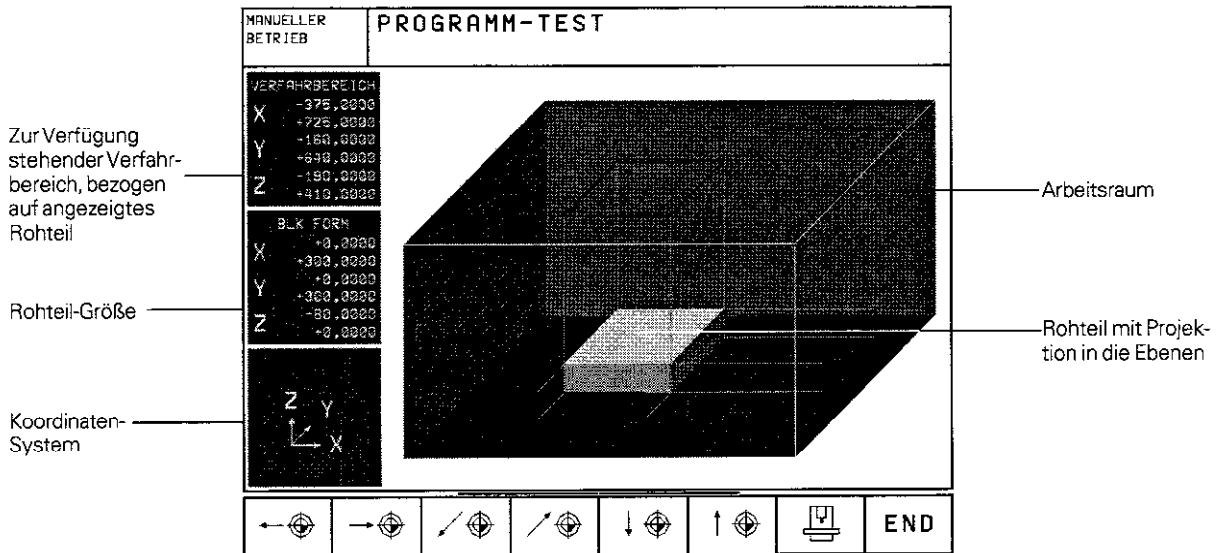
Die Einstellungen werden geändert, indem die zu ändernde Einstellung ins Hellfeld getippt und die ENT-Taste betätigt wird.

10.5 Maschinenspezifische Anwender-Parameter







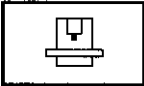


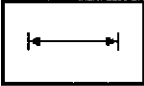
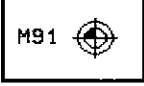
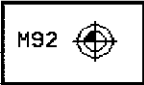


Der Maschinen-Hersteller kann bis zu 16 USER PARAMETER mit Funktionen belegen.
Nähere Informationen finden sich im Maschinen-Handbuch.

10.6 Rohteil im Arbeitsraum darstellen

Über den Softkey DATUM SET kann die Lage des Rohteils im Arbeitsraum der Maschine grafisch überprüft und die Arbeitsraum-Überwachung in der Betriebsart Programm-Test aktiviert werden.



Funktions-Übersicht

Funktion	Softkey
Rohteil nach links bzw. nach rechts verschieben (grafisch)	 
Rohteil nach vorne bzw. nach hinten verschieben (grafisch)	 
Rohteil nach unten bzw. nach oben verschieben (grafisch)	 
Rohteil bezogen auf den gesetzten Bezugspunkt anzeigen	
Softkeyleiste weiterschalten	 oder 
Gesamten Verfahrbereich bezogen auf das dargestellte Rohteil anzeigen	
Maschinen-Nullpunkt im Arbeitsraum anzeigen	
Vom Maschinen-Hersteller festgelegte Position (z.B. Werkzeug-Wechsellpunkt) im Arbeitsraum anzeigen	
Werkstück-Nullpunkt im Arbeitsraum anzeigen	
Arbeitsraum-Überwachung beim Programm-Test ausschalten (OFF), einschalten (ON)	

10.7 Positions-Anzeige wählen

In Abb. 10.5 sind die Positionen wie folgt gekennzeichnet:

- Ausgangs-Position (A)
- Ziel-Position des Werkzeugs (Z)
- Werkstück-Nullpunkt (W)
- Maßstab-Nullpunkt (M)

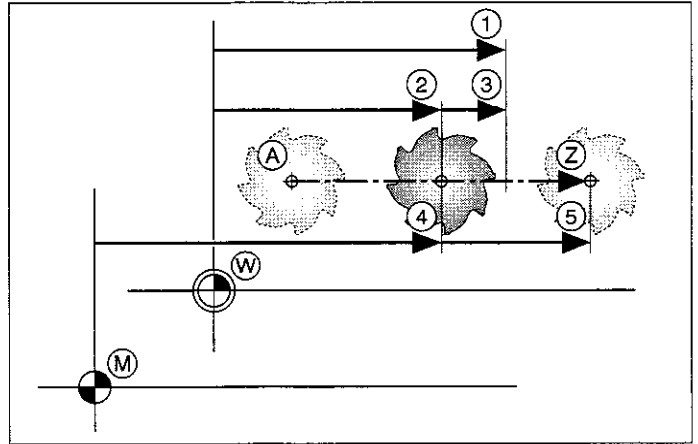


Abb. 10.5: Charakteristische Positionen an Werkstück und Maßstab

Die TNC-Positions-Anzeigen können folgende Koordinaten enthalten:

- Soll-Position; von der TNC momentan vorgegebener Wert ① SOLL
- Ist-Position; auf der sich das Werkzeug gerade befindet ② IST
- Schleppefehler; Differenz zwischen Soll- und Ist-Position ③ SCHPF
- Referenz-Position; Ist-Position bezogen auf den Maßstab-Nullpunkt ④ REF
- Restweg zur programmierten Position; Differenz zwischen Ist- und Ziel-Position ⑤ RESTW

Mit der MOD-Funktion POSITIONS-ANZEIGE (siehe Abb. 10.3) können für die Status-Anzeige und die zusätzliche Status-Anzeige unterschiedliche Koordinaten-Darstellungen angewählt werden:

- POSITIONS-ANZEIGE in der Status-Anzeige: obere Darstellungsart
- POSITIONS-ANZEIGE in der zusätzlichen Status-Anzeige: untere Darstellungsart

10.8 Maßsystem wählen

Diese MOD-Funktion legt fest, ob Koordinaten in mm oder Inch (Zoll-System) angezeigt werden.

- Metrisches Maßsystem: z.B. X = 15,789 (mm)
MOD-Funktion WECHSEL MM/INCH MM
Anzeige mit 3 Stellen nach dem Komma
- Zoll-System: z.B. X = 0,6216 (inch)
MOD-Funktion WECHSEL MM/INCH INCH
Anzeige mit 4 Stellen nach dem Komma

10.9 Programmiersprache für \$MDI wählen

Für die Datei \$MDI wird mit der MOD-Funktion PROGRAMM-EINGABE zwischen HEIDENHAIN-Klartext-Dialog und DIN/ISO-Programmierung umgeschaltet:

- \$MDI.H im Klartext-Dialog programmieren:
PROGRAMM-EINGABE: HEIDENHAIN
- \$MDI.I gemäß DIN/ISO programmieren:
PROGRAMM-EINGABE: ISO

10.10 Verfahrbereichs-Begrenzungen eingeben

Innerhalb des maximalen Verfahrbereichs kann der tatsächlich nutzbare Verfahrweg für die Koordinatenachsen zusätzlich eingeschränkt werden.

Anwendungsbeispiel:
Teilapparat gegen Kollisionen sichern

Der maximale Verfahrbereich ist durch Software-Endschalter begrenzt.
Der tatsächlich nutzbare Verfahrweg wird mit der MOD-Funktion AXIS LIMIT eingeschränkt. Dabei werden die Maximalwerte in positiver und negativer Richtung der Achsen bezogen auf den Maßstab-Nullpunkt eingegeben.

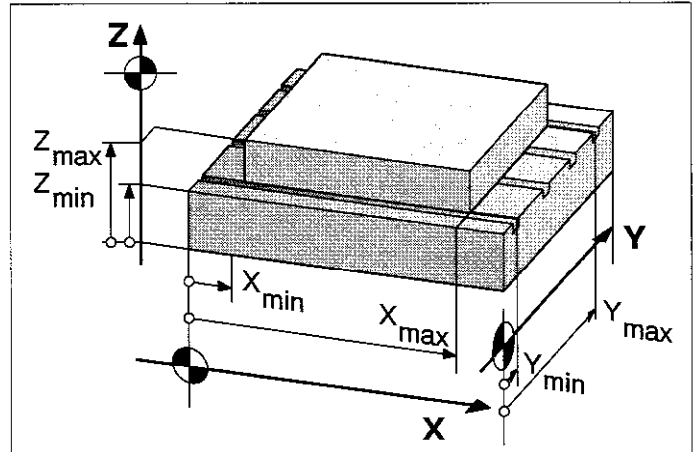
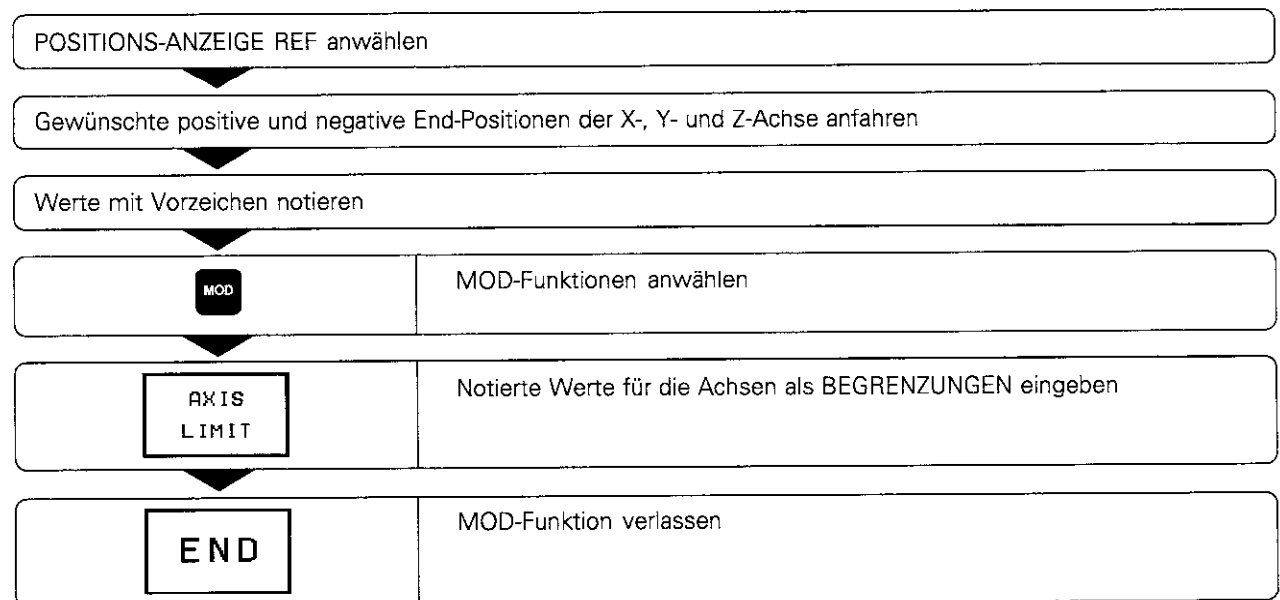


Abb. 10.6: Verfahrbereichs-Begrenzungen am Werkstück

Arbeiten ohne Verfahrbereichs-Begrenzung

Für Koordinatenachsen, die ohne Verfahrbereichs-Begrenzungen verfahren werden sollen, wird der maximale Verfahrweg der TNC (+/- 99 999,999 mm) als AXIS LIMIT eingegeben.

Maximalen Verfahrbereich ermitteln und eingeben



- Werkzeug-Radius-Korrekturen werden bei Verfahrbereichs-Begrenzungen nicht berücksichtigt.
- Verfahrbereichs-Begrenzungen und Software-Endschalter werden berücksichtigt, nachdem die Referenz-Punkte überfahren sind.

Nullpunkt-Anzeige

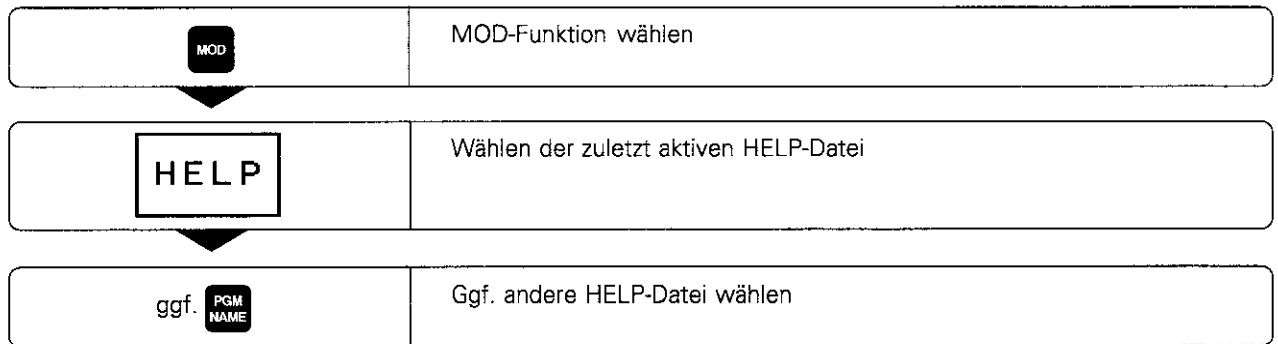
Die im Bildschirm links unten angezeigten Werte sind die manuell gesetzten Bezugspunkte bezogen auf den Maschinen-Nullpunkt. Sie können im Bildschirm-Menü nicht verändert werden.

10.11 HELP-Dateien anzeigen

HFI P-Dateien (Hilfe-Dateien) sollen den Bediener in Situationen unterstützen, in denen festgelegte Handlungsweisen, z.B. das Freifahren der Maschine nach einer Stromunterbrechung, erforderlich sind. Auch Zusatz-Funktionen lassen sich in einer HELP-Datei dokumentieren, wodurch ggf. das Suchen im Bedienungs-Handbuch entfällt.

Die HELP-Dateien sind nicht an jeder Maschine verfügbar. Nähere Informationen erteilt der Maschinen-Hersteller.

HELP-DATEIEN wählen



PROGRAMM-EINSPEICHERN/EDITIEREN				PROGRAMM EINSPEICHERN			
<small>DATEI: NEU ZELLE: SPALTE: ZEILE: USER</small> VORGEHENSWEISE BEIM FREIFAHREN DES SCHWENKKOPFES #1111 BETRIEBSART MANUELL WAHLEN #2222 M65 AKTIVIEREN #3333 WZ-ACHSE INTERPOLIERT FREIF.							
IST	<input checked="" type="checkbox"/>	+100,000	Y	+0,000			
		Z -34,202	U	+35,000			
		V +357,000					
T			F 0	M 5/9			
INSERT OVERWRITE	MOVE WORD >>	MOVE WORD <<	PAGE ↓	PAGE ↑	BEGIN TEXT	END TEXT	FIND

Abb. 10.7: HELP-Datei in einer Maschinen-Betriebsart

11 Tabellen, Übersichten, Diagramme

11

Tabellen, Übersichten, Diagramme

11.1 Allgemeine Anwender-Parameter	11-2
Eingabemöglichkeiten für Maschinen-Parameter	11-2
Allgemeine Anwender-Parameter anwählen	11-2
Parameter für die externe Datenübertragung	11-3
Parameter für 3D-Tastsysteme	11-5
Parameter für TNC-Anzeigen und den Editor	11-6
Parameter für Bearbeitungen und den Programmlauf	11-12
Parameter für das elektronische Handrad	11-15
11.2 Zusatz-Funktionen (M-Funktionen)	11-17
Zusatz-Funktionen mit festgelegter Wirkung	11-17
Freie Zusatz-Funktionen	11-18
11.3 Vorbelegte Q-Parameter	11-19
11.4 Diagramme zur Werkstück-Bearbeitung	11-21
Spindel-Drehzahl S	11-21
Vorschub F	11-22
Vorschub F beim Gewindeschneiden	11-23
11.5 Technische Information	11-24
Programmierbare Funktionen	11-25
Zubehör	11-27
11.6 TNC-Meldetexte	11-28
TNC-Meldetexte beim Programmieren	11-28
TNC-Meldetexte beim Programm-Test und Programmlauf	11-29
11.7 Adressbuchstaben (DIN/ISO)	11-33
G-Funktionen	11-33
Parameter-Definitionen	11-35

11.1 Allgemeine Anwender-Parameter

Allgemeine Anwender-Parametern sind Maschinen-Parameter, die das Verhalten der TNC beeinflussen. Eingestellt werden beispielsweise

- Dialogsprache
- Schnittstellen-Verhalten
- Verfah-Geschwindigkeiten
- Ablauf von Bearbeitungen
- Wirkung der Overrides

Eingabemöglichkeiten für Maschinen-Parameter

Maschinen-Parameter lassen sich beliebig programmieren als

- Dezimal-Zahlen:
Nur den Zahlenwert eingeben
- Dual-/Binärzahlen:
Vor den Zahlenwert ein % (Prozent-Zeichen) eingeben
- Hexadezimal-Zahlen:
Vor den Zahlenwert ein \$ (Dollar-Zeichen) eingeben

Beispiel:

Anstelle der Dezimal-Zahl 27 läßt sich auch die Binär-Zahl % 11011 oder die Hexadezimal-Zahl \$1B eingeben.

Die einzelnen Maschinen-Parameter dürfen gleichzeitig in den verschiedenen Zahlensystemen angegeben sein.

Allgemeine Anwender-Parameter anwählen

Allgemeine Anwender-Parameter werden mit der Schlüssel-Zahl 123 in den MOD-Funktionen angewählt.



In den MOD-Funktionen stehen auch maschinenspezifische Anwender-Parameter (USER PARAMETER) zur Verfügung.

Parameter für die externe Datenübertragung**TNC-Schnittstellen EXT1 (5020.0) und EXT2 (5020.1) an externes Gerät anpassen:
Datenformat und Übertragungsstopp**

Eingabewert: Zahl zwischen 0 und 255

Der Eingabewert ergibt sich aus der Summe der Einzelwerte in der Spalte Wert.

MP5020...

Funktion	Fälle	Wert
• Anzahl Datenbits	7 Datenbit (ASCII-Code, 8.bit = Parität)	+0
	8 Datenbit (ASCII-Code, 9.bit = Parität)	+1
• Block-Check-Charakter BCC	BCC beliebig	+0
	BCC-Steuerzeichen nicht erlaubt	+2
• Übertragungsstopp durch RTS	aktiv	+4
	inaktiv	+0
• Übertragungsstopp durch DC3	aktiv	+8
	inaktiv	+0
• Zeichenparität	geradzahlig	+0
	ungeradzahlig	+16
• Zeichenparität	unerwünscht	+0
	erwünscht	+32
• Anzahl Stoppbits	1½ Stoppbits	+0
	2 Stoppbits	+64
	1 Stoppbit	+128
	1 Stoppbit	+192

Beispiel

TNC-Schnittstelle EXT2 (MP5020.1) auf externes Fremdgerät mit folgender Einstellung anpassen:

8 Datenbit, BCC beliebig, Übertragungsstopp durch DC3, geradzahlige Zeichenparität, Zeichenparität erwünscht, 2 Stoppbits

Eingabewert: $1+0+8+0+32+64 = 105$ für MP5020.1 eingeben

Schnittstellen-Typ für EXT1 (5030.0) und EXT2 (5030.1) festlegen:**MP5030. ...**

Funktion	Fälle	Wert
• Schnittstellen-Typ	Standard	0
	Schnittstelle für blockweises Übertragen	1

Steuerzeichen für externe Datenübertragung definieren

Mit den Maschinen-Parametern MP5200 bis 5210 werden ASCII-Zeichen als Steuerzeichen für die externe Datenübertragung festgelegt.

Zuordnung zu den Schnittstellen:

EXT 1 MP-Endung .0

EXT 2 MP-Endung .1

Eingabewerte: ASCII-Zeichen 0...127

ASCII-Zeichen für	MP	Wert
• Programm-Anfang STX	5200	ASCII-Zeichen
• Programm-Ende ETX	5201	.
• Daten-Eingabe (1. Zeichen) H	5202	.
• Daten-Eingabe (2. Zeichen) E	5203	.
• Daten-Ausgabe (1. Zeichen) H	5204	.
• Daten-Ausgabe (2. Zeichen) A	5205	.
• Kommandoblock-Anfang SOH	5206	.
• Kommandoblock-Ende ETB	5207	.
• Positive Rückmeldung ACK	5208	.
• Negative Rückmeldung NAK	5209	.
• Übertragungs-Ende EOT	5210	ASCII-Zeichen

Parameter für 3D-Tastsysteme**Signalübertragung des Tastsystems festlegen****MP6010**

Funktion	Wert
• Kabel-Übertragung	0
• Infrarot-Übertragung	1

Fahrverhalten des Tastsystems festlegen

Parameter	Funktion	Wert
MP6120	Antast-Vorschub in mm/min	80 bis 3000
MP6130	Maximaler Verfahrweg zum ersten Antastpunkt in mm	0 bis 99.999,999
MP6140	Sicherheitsabstand zum Antastpunkt beim automatischen Messen in mm	0 bis 99.999,999
MP6150	Eilgang zum Antasten in mm/min	1 bis 300.000

M-Funktion für 180°-Drehung des 3D-Tastsystems

Mit einer Drehung wird der Mittenversatz des Taststifts kompensiert.
Der Maschinen-Hersteller legt die Nummer der M-Funktion fest, die die Drehung auslöst.

MP6160

Funktion	Wert
M-Funktion aktiv	1 bis 88
M-Funktion nicht aktiv	0

Reservierte Maschinen-Parameter

Die folgenden Maschinen-Parameter werden noch für das messende
Tastsystem von HEIDENHAIN mit Funktionen belegt.
Die Bedeutung wird zu einem späteren Zeitpunkt bekanntgegeben.

MP	Wert
MP6300	0,1000 bis 3,0000
MP6310	0,100 bis 10,000
MP6320	0 bis 7
MP6330	0,1000 bis 4,0000
MP6340	0,0001 bis 0,5000
MP6350	80 bis 3.000
MP6360	80 bis 3.000
MP6370	0,0000 bis 10,0000
MP6380	0,000 bis 10,000

Parameter für TNC-Anzeigen und den Editor**Programmierplatz einrichten****MP7210**

Funktion	Wert
• TNC mit Maschine	0
• TNC als Programmierplatz mit aktiver PLC	1
• TNC als Programmierplatz mit inaktiver PLC	2

Anzeige STROMUNTERBRECHUNG automatisch quittieren**MP7212**

Funktion	Wert
• Stromunterbrechung mit Taste quittieren	0
• Stromunterbrechung wird automatisch quittiert	1

Satznummern-Schrittweite bei DIN/ISO-Programmierung wählen**MP7220**

Funktion	Wert
• Satznummern-Schrittweite festlegen	0 - 150

Länge der Datei-Namen festlegen**MP7222**

Funktion	Wert
• Datei-Namen mit maximal 8 Zeichen	0
• Datei-Namen mit maximal 12 Zeichen	1
• Datei-Namen mit maximal 16 Zeichen	2

Datei-Verwaltung für Datei-Typen sperren

Eingabewert: Zahl zwischen 0 und 63 (Summe der Einzelwerte in Spalte Wert)

Soll die Datei-Verwaltung für den entsprechenden Datei-Typ nicht gesperrt werden, wird statt des aufgeführten Wertes der Wert 0 addiert.



Wird die Dateiverwaltung für vorhandene Dateien gesperrt, werden diese gelöscht

MP7224.0

Datei-Verwaltung sperren für	Wert
• HEIDENHAIN-Programme	+1
• DIN/ISO-Programme	+2
• Werkzeug-Tabellen	+4
• Nullpunkt-Tabellen	+8
• Paletten-Tabellen	+16
• Text-Dateien	+32

Editor für Datei-Typen sperren

Eingabewert: Zahl zwischen 0 und 63 (Summe der Einzelwerte in Spalte Wert)

Editor für einen Datei-Typ nicht sperren:
Wert = 0

MP7224.1

Editor sperren für	Wert
• HEIDENHAIN-Programme	+1
• DIN/ISO-Programme	+2
• Werkzeug-Tabellen	+4
• Nullpunkt-Tabellen	+8
• Paletten-Tabellen	+16
• Text-Dateien	+32

Tabellen aktivieren

Tabelle nicht aktivieren: Wert = 0

Parameter	Funktion	Wert
• MP7226.0	Anzahl der Paletten pro Paletten-Datei	0 bis 255
• MP7226.1	Anzahl der Nullpunkte pro Nullpunkt-Tabelle	0 bis 255
• MP7260	Anzahl der Werkzeuge pro Werkzeug-Tabelle	0 bis 254
• MP7261	Anzahl der Plätze pro Platz-Tabelle	0 bis 254

Werkzeug- und Platz-Tabelle aufbauen

Werkzeug-Name – NAME:	MP7266.0	Werkzeugnummer – T:	MP7267.0
Werkzeug-Länge – L:	MP7266.1	Sonderwerkzeug – ST:	MP7267.1
Werkzeug-Radius – R:	MP7266.2	Festplatz – F:	MP7267.2
Werkzeug-Radius – R2	MP7266.3	Platz gesperrt – L:	MP7267.3
Aufmaß Länge – DL:	MP7266.4	PLC – Status – PLC:	MP7267.4
Aufmaß Radius – DR:	MP7266.5		
Aufmaß Radius2 – DR2:	MP7266.6		
Werkzeug gesperrt – TL:	MP7266.7		
Schwester-Werkzeug – RT:	MP7266.8		
Maximale Standzeit – TIME1:	MP7266.9		
Max. Standzeit bei TOOL CALL – TIME2:	MP7266.10		
Aktuelle Standzeit – CUR. TIME:	MP7266.11		
Werkzeug-Kommentar – DOC:	MP7266.12		

Funktion	Wert
• Spalten-Nummer der Angabe in der Werkzeug-Tabelle	1 bis 13
• Spalten-Nummer der Angabe in der Platz-Tabelle	1 bis 5
• Angabe in der Tabelle nicht aufführen	0

Dialogsprache umschalten**MP7230**

Funktion	Wert
• Dialogsprache Deutsch (National)	0
• Dialogsprache Englisch (Standard)	1

Hersteller-Zyklen schützen

Programme, die als Programm-Namen die Nummer eines Hersteller-Zyklus haben, können nicht editiert werden.

MP7240

Funktion	Wert
• Hersteller-Zyklen schützen	0
• Hersteller-Zyklen nicht schützen	1

Vorschub-Anzeige in Betriebsart MANUELLER BETRIEB**MP7270**

Funktion	Wert
• Anzeige „F = 0“, wenn keine Achsrichtungs-Taste gedrückt; Anzeige „F“ (ohne Wert), wenn mehr als eine Achsrichtungs-Taste gedrückt	0
• Anzeige des Vorschubs, mit dem die langsamste Achse verfährt, unabhängig von der Anzahl der gedrückten Achsrichtungs-Tasten	1

Dezimalzeichen**MP7280**

Funktion	Wert
• Dezimal-Punkt	1
• Dezimal-Komma	0

Werkzeug-Länge in Koordinaten-Anzeige**MP7285**

Funktion	Wert
• Position des Werkzeug-Bezugspunkts anzeigen	0
• Position der Werkzeug-Stirnfläche anzeigen	1

Anzeigeschritte für KoordinatenachsenX-Achse: **MP7290.0**Y-Achse: **MP7290.1**Z-Achse: **MP7290.2**IV-Achse: **MP7290.3**V-Achse: **MP7290.4****MP7290**

Funktion	Wert
• Anzeigeschritt 0,1mm	0
• Anzeigeschritt 0,05mm	1
• Anzeigeschritt 0,01mm	2
• Anzeigeschritt 0,005mm	3
• Anzeigeschritt 0,001mm	4
• Anzeigeschritt 0,0005mm	5
• Anzeigeschritt 0,0001mm (nur TNC 425)	6

Bezugspunkt-Setzen sperren

Eingabewert: Zahl zwischen 0 und 31 (Summe aus Spalte Wert)

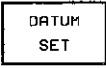

Soll das Bezugspunkt-Setzen für eine Achse nicht gesperrt werden, so ist für diese Achse als Wert 0 zu addieren.

Ist das Bezugspunkt-Setzen für alle Achsen gesperrt, zeigt die TNC den Softkey DATUM SET in der Betriebsart MANUELLER BETRIEB nicht an.

MP7295

Funktion	Wert
Bezugspunkt-Setzen sperren für X-Achse	+1
Bezugspunkt-Setzen sperren für Y-Achse	+2
Bezugspunkt-Setzen sperren für Z-Achse	+4
Bezugspunkt-Setzen sperren für IV-Achse	+8
Bezugspunkt-Setzen sperren für V-Achse	+16

MP7296

Funktion	Wert
Bezugspunkt-Setzen nur mit Softkey 	1
Bezugspunkt-Setzen mit Softkey oder orangenen Achstasten 	0

Status-Anzeige, Q-Parameter und Werkzeug-Daten nach Programmlauf löschen

Die Status-Anzeige und die Q-Parameter lassen sich zum Programm-Ende (durch PGM END - Satz, M2 oder M30) löschen.

MP7300

Funktion	Wert
• Status-Anzeige, Q-Parameter und Werkzeug-Daten löschen, wenn Programm angewählt wird.....	0
• Status-Anzeige, Q-Parameter und Werkzeug-Daten löschen bei M02, M30, END PGM und Anwahl eines Programms	1
• Status-Anzeige und Werkzeug-Daten löschen, wenn Programm angewählt wird	2
• Status-Anzeige und Werkzeug-Daten löschen, wenn Programm angewählt wird und bei M02, M30, END PGM	3
• Status-Anzeige und Q-Parameter löschen, wenn Programm angewählt wird	4
• Status-Anzeige, Q-Parameter und Werkzeug-Daten löschen bei M02, M30, END PGM und Anwahl eines Programms	5
• Status-Anzeige löschen, wenn Programm angewählt wird	6
• Status-Anzeige löschen bei M02, M30, END PGM und Anwahl eines Programms	7

Grafische Darstellung wählen

Eingabewert: 0 bis 15 (Summe aus Spalte Wert)

MP7310

Funktion	Fälle	Wert
• Darstellung in 3 Ebenen nach DIN 6, Teil 1	Projektionsmethode 1	+0
	Projektionsmethode 2	+1
• Koordinatensystem um 90° drehen	drehen	+2
	nicht drehen	+0
• Neue BLK FORM bei Zyklus 7 NULLPUNKT mit verschieben (siehe Seite 8 ...)	verschieben	+4
	nicht verschieben	+0
• Cursor-Position bei der Darstellung in 3 Ebenen anzeigen	anzeigen	+8
	nicht anzeigen	+0

Grafische Simulation ohne programmierte Werkzeug-Achse

Eingabewerte beliebig – aber sinnvoll – festlegen

Parameter	Funktion	Wert
• MP7315	Werkzeug-Radius	+0
• MP7316	Eindringtiefe ab Rohteil-Oberkante	+2
• MP7317.0	M-Funktion für Beginn der grafischen Simulation	+4
• MP7317.1	M-Funktion für Ende der grafischen Simulation	+8

Parameter für Bearbeitungen und den Programmlauf**Spindelorientierung bei Zyklus G85 Gewindebohren ohne Ausgleichsfutter****MP7160**

Funktion	Wert
• Spindelorientierung am Beginn des Zyklus G85	0
• Keine Spindelorientierung am Beginn des Zyklus G85	1

Größe des NC-Speichers für blockweises Übertragen

Funktion	Wert
• MP7228.0 Minimaler Speicherbereich	1 - 1024 Sektoren
• MP7228.1 Maximaler Speicherbereich	1 - 1024 Sektoren
1 Speicher entspricht ca. 1 KByte	

Wirkung von Zyklus G72 MASSFAKTOR**MP7410**

Funktion	Wert
• MASSFAKTOR in 3 Achsen wirksam	0
• MASSFAKTOR in Bearbeitungsebene wirksam	1

Werkzeug-Korrektur-Daten im G55-Satz**MP7411**

Funktion	Wert
• Aktuelle Werkzeug-Daten werden mit den kalibrierten Daten des Tastsystems überschrieben	0
• Aktuelle Werkzeug-Daten bleiben erhalten	1

Verhalten von Bearbeitungszyklen

Dieser allgemeine Anwender-Parameter legt die Bearbeitung von Taschen fest.

Eingabewert: Zahl zwischen 0 und 15 (Summe der Einzelwerte in Spalte Wert)

MP7420

Funktion	Fälle	Wert
• Fräsrichtung beim Fräsen eines Kanals um die Kontur	Uhrzeigersinn für Taschen, Gegen-Uhrzeigersinn für Inseln	+1
	Gegen-Uhrzeigersinn für Taschen, Uhrzeigersinn für Inseln	+0
• Reihenfolge von Ausräumen und Kanal-Fräsen	Kontur-Kanal vor Ausräumen	+0
	Kontur-Kanal nach Ausräumen	+2
• Konturen vereinigen	Korrigierte Konturen vereinigen	+0
	Unkorrigierte Konturen vereinigen	+4
• Tiefenbearbeitung	Tasche vor jeder weiteren Zustellung vollständig umfräsen und ausräumen	+8
	Kontur-Kanal-Fräsen und Ausräumen jeweils bis zur Taschentiefe	+0

Überlappung beim Taschenfräsen

Betrag der Überlappung bei Taschen-Bearbeitungen:
Produkt aus MP7430 mal Werkzeugradius

MP7430

Funktion	Wert
• Überlappungsfaktor für Taschen	0,1 bis 1,414

Kreisbahn-Toleranz eingeben

Der Parameter bestimmt, um welchen Betrag der programmierte Kreisbahn-Endpunkt von der perfekten Kreisbahn entfernt liegen darf.

MP7431

Funktion	Wert
• Kreisbahn-Toleranz festlegen in mm	0,0001 bis 0,016

Verhalten von M-Funktionen festlegen

Eingabewert: 0 bis 31 (Summe aus Spalte Wert)

MP7440

Funktion	Fälle	Wert
• Programm-Halt bei M6	Programm-Halt	+0
	kein Programm-Halt	+1
• Modaler Zyklus-Aufruf am Satzende durch M89	Zyklus-Aufruf	+2
	kein Zyklus-Aufruf	+0
• Programm-Halt bei M-Funktionen	Programm-Halt	+0
	kein Programm-Halt	+4
• k_v -Faktoren über M105 und M106 umschaltbar	k_v -Faktor umschaltbar	+8
	k_v -Faktor nicht umschaltbar	+0
• Vorschub in der Werkzeugachse reduzieren mit M103 F..	Funktion nicht wirksam	0
	Funktion wirksam	+16



Die k_v -Faktoren werden vom Maschinen-Hersteller festgelegt. Er gibt hierzu nähere Informationen.

Sicherheitsgrenze für die Bearbeitung von Ecken mit konstanter Bahngeschwindigkeit

Winkel, der noch mit konstanter Bahngeschwindigkeit gefahren wird (Ecke mit R0, Innen-Ecke auch radiuskorrigiert). Nicht im Betrieb mit Schleppabstand und Geschwindigkeits-Versteuerung.

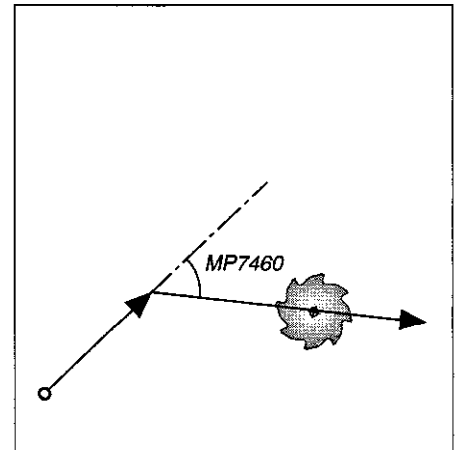


Abb. 11.1: Winkel, der noch mit konstanter Bahngeschwindigkeit gefahren wird

MP7460

Funktion	Wert
• Konstante Bahngeschwindigkeit an Ecken für Winkel in Grad	0,0000 bis 179,9999

Bezugspunkt-System für Nullpunkte aus Nullpunkt-Tabelle**MP7475**

Funktion	Wert
• Nullpunkte aus der Nullpunkt-Tabelle beziehen sich auf den Werkstück-Nullpunkt	0
• Nullpunkte aus der Nullpunkt-Tabelle beziehen sich auf den Maschinen-Nullpunkt	1

Parameter für das elektronische Handrad**Handräder anmelden**

Eingabewert: Zahl zwischen 0 und 5

MP7640

Funktion	Wert
• Kein Handrad	0
• HR330 mit Zusatztasten – die Tasten für Verfahrrichtung und Eilgang am Handrad werden von der NC ausgewertet	1
• HR130 ohne Zusatztasten	2
• HR330 mit Zusatztasten – die Tasten für Verfahrrichtung und Eilgang am Handrad werden von der PLC ausgewertet	3
• HR332 mit zwölf Zusatztasten	4
• Mehrfach-Handrad mit Zusatztasten	5

Unterteilungsfaktor festlegen**MP7641**

Funktion	Wert
Unterteilungsfaktor über Tastatur eingeben	0
Unterteilungsfaktor von PLC festgelegt	1

Handrad initialisieren

Dieser Maschinen-Parameter reserviert 8 Byte, mit denen sich ein Handrad initialisieren läßt.

Eingabewerte: Zahlen zwischen 0 und 255

MP7645.x (MP7645.0 bis MP7645.7)

Funktion

Die Funktion der einzelnen Maschinen-Parameter für das Handrad legt der Maschinen-Hersteller fest.

11.2 Zusatz-Funktionen (M-Funktionen)

Zusatz-Funktionen mit festgelegter Wirkung

M	Funktion	Wirksam am	
		Satz-Anfang	Satz-Ende
M00	Programmlauf-Halt/Spindel-Halt/Kühlmittel-Aus		•
M02	Programmlauf-Halt/Spindel-Halt/Kühlmittel-Aus/ggf. Löschen der Status-Anzeige (abhängig von Maschinen-Parameter)/Rücksprung zu Satz 1		•
M03	Spindel-Ein im Uhrzeigersinn	•	
M04	Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn	•	
M05	Spindel-Halt		•
M06	Werkzeug-Wechsel/Programmlauf-Halt (abhängig von Maschinen-Parameter)/Spindel-Halt		•
M08	Kühlmittel-Ein	•	
M09	Kühlmittel-Aus		•
M13	Spindel-Ein im Uhrzeigersinn/Kühlmittel-Ein	•	
M14	Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn/Kühlmittel-Ein	•	
M30	Gleiche Funktion wie M02		•
M89	Freie Zusatz-Funktion oder Zyklus-Aufruf, modal wirksam (abhängig von Maschinen-Parameter)	•	•
M90	Konstante Bahngeschwindigkeit an Ecken (wirkt nur im geschleppten Betrieb)	•	
M91	Im Positioniersatz: Koordinaten beziehen sich auf den Maschinen-Nullpunkt	•	
M92	Im Positioniersatz: Koordinaten beziehen sich auf eine vom Maschinen-Hersteller definierte Position, z.B. Werkzeugwechsel-Position	•	
M93	Reserviert	•	
M94	Anzeige der Drehachse auf einen Wert unter 360° reduzieren	•	
M95	Reserviert		•
M96	Reserviert		•
M97	Kleine Konturstufen bearbeiten		•
M98	Offene Konturen vollständig bearbeiten		•
M99	Satzweiser Zyklus-Aufruf		•
M101	Automatischer Werkzeugwechsel mit Schwester-Werkzeug, wenn maximale Standzeit abgelaufen.	•	•
M102	M101 rücksetzen		
M103	Vorschub beim Eintauchen reduzieren auf Faktor F (prozentualer Wert)	•	
M105	Bearbeitung mit erstem kv-Faktor durchführen	•	
M106	Bearbeitung mit zweitem kv-Faktor durchführen	•	
M107	Fehlermeldung bei Schwesterwerkzeugen mit Aufmaß unterdrücken	•	
M108	M-Funktion M107 rücksetzen		•
M109	Konstante Bahngeschwindigkeit an der Werkzeug-Schneide bei Kreisbögen (Vorschub-Erhöhung und -Reduzierung)	•	
M110	Konstante Bahngeschwindigkeit bei Kreisbögen (nur Vorschub-Reduzierung)	•	
M111	M109/M110 rücksetzen		•
M112	Rundungskreis an nicht-tangentialen Geradenübergängen automatisch einfügen; Toleranz der Konturabweichung mit E eingebbar	•	
M113	M112 rücksetzen		•
M114	Automatische Korrektur der Maschinengeometrie beim Arbeiten mit Schwenkachsen	•	
M115	M114 rücksetzen		•
M116	Vorschub bei Winkelachsen in mm/min	•	
M118	Handrad-Positionierung während des Programmlaufs überlagern	•	



Die Zusatz-Funktionen M105 und M106 werden vom Maschinen-Hersteller festgelegt und freigegeben. Er gibt hierzu nähere Informationen.

Freie Zusatz-Funktionen

Freie Zusatz-Funktionen werden vom Maschinen-Hersteller bestimmt.
Sie sind im Maschinen-Handbuch beschrieben.

Wirksamkeit freier Zusatz-Funktionen

M	Funktion	Wirksam am	
		Satz- Anfang	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		•	

M	Funktion	Wirksam am	
		Satz- Anfang	Satz- Ende
M50		•	
M51		•	
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		•	

11.3 Vorbelegte Q-Parameter

Die Q-Parameter Q100 bis Q113 werden von der TNC mit Werten belegt. Den Q-Parametern werden zugewiesen:

- Werte aus der PLC
- Angaben zu Werkzeug und Spindel
- Angaben zum Betriebszustand usw.

Werte aus der PLC: Q100 bis Q107

Die TNC benutzt die Parameter Q100 bis Q107, um Werte aus der PLC in ein NC-Programm zu übernehmen

Werkzeug-Radius: Q108

Der aktuelle Wert des Werkzeug-Radius wird Q108 zugewiesen.

Werkzeug-Achse: Q109

Der Wert des Parameters Q109 hängt von der aktuellen Werkzeug-Achse ab.

Werkzeug-Achse	Parameter-Wert
Keine Werkzeug-Achse definiert	Q109 = -1
Z-Achse	Q109 = 2
Y-Achse	Q109 = 1
X-Achse	Q109 = 0

Spindel-Zustand: Q110

Der Wert des Parameters Q110 hängt von der zuletzt programmierten M-Funktion für die Spindel ab.

M-Funktion	Parameter-Wert
kein Spindel-Zustand definiert	Q110= -1
M03: Spindel-Ein, Uhrzeigersinn	Q110= 0
M04: Spindel-Ein, Gegenuhrzeigersinn	Q110= 1
M05 nach M03	Q110= 2
M05 nach M04	Q110= 3

Kühlmittel-Versorgung: Q111

M-Funktion	Parameter-Wert
M08: Kühlmittel-Ein	Q111 = 1
M09: Kühlmittel-Aus	Q111 = 0

Überlappungsfaktor: Q112

Der Überlappungsfaktor beim Taschenfräsen (MP7430) wird Q112 zugewiesen.

Maßangaben im Programm: Q113

Der Wert des Parameters Q113 hängt bei Verschachtelungen mit PGM CALL von den Maßangaben des Programms ab, das als erstes andere Programme ruft.

Maßangaben des Hauptprogramms	Parameter-Wert
Metrisches System (mm)	Q113 = 0
Zoll-System (inch)	Q113 = 1

Werkzeug-Länge: Q114

Der aktuelle Wert der Werkzeug-Länge wird Q114 zugewiesen.

Koordinaten nach Antasten während des Programmlaufs

Die Parameter Q115 bis Q119 enthalten nach einer programmierten Messung mit dem 3D-Tastsystem die Koordinaten der Spindelposition zum Antast-Zeitpunkt.

Länge des Taststifts und Radius der Tastkugel werden für diese Koordinaten nicht berücksichtigt.

Koordinatenachse	Parameter
X - Achse	Q115
Y - Achse	Q116
Z - Achse	Q117
IV. Achse	Q118
V. Achse	Q119

11.4 Diagramme zur Werkstück-Bearbeitung

Spindel-Drehzahl S

Die Spindeldrehzahl S wird aus dem Werkzeug-Radius R und der Schnittgeschwindigkeit V ermittelt:

$$S = \frac{V}{2 \cdot R \cdot \pi}$$

Einheiten:

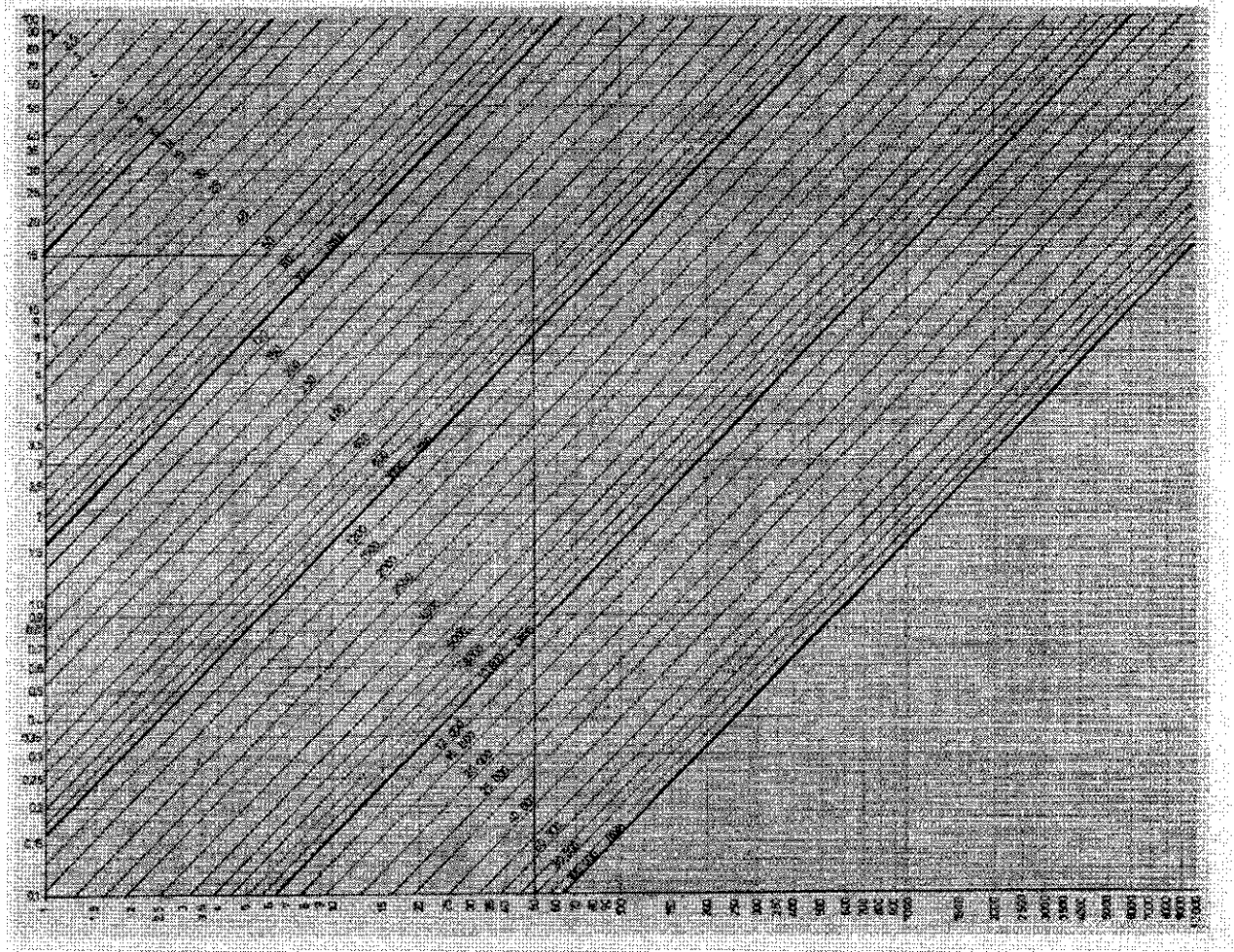
S in 1/min
V in m/min
R in mm

Aus dem Diagramm wird die Spindeldrehzahl direkt abgelesen.

Beispiel:

Werkzeug-Radius R = 15 mm
Schnittgeschwindigkeit V = 50 m/min
Spindel-Drehzahl S = 500 1/min
(errechnet S = 530 u/min)

Werkzeug Radius
R [mm]



Schnittgeschwindigkeit
V [m/min]

Vorschub F

Der Vorschub F des Werkzeugs wird aus der Schneidzahl n des Werkzeugs, der zulässigen Spandicke d pro Schneide und der Spindel-Drehzahl S ermittelt:

$$F = n \cdot d \cdot S$$

Einheiten:

- F in mm/min
- d in mm
- S in 1/min

Der aus dem Diagramm abgelesene Vorschub muß mit der Schneidzahl multipliziert werden.

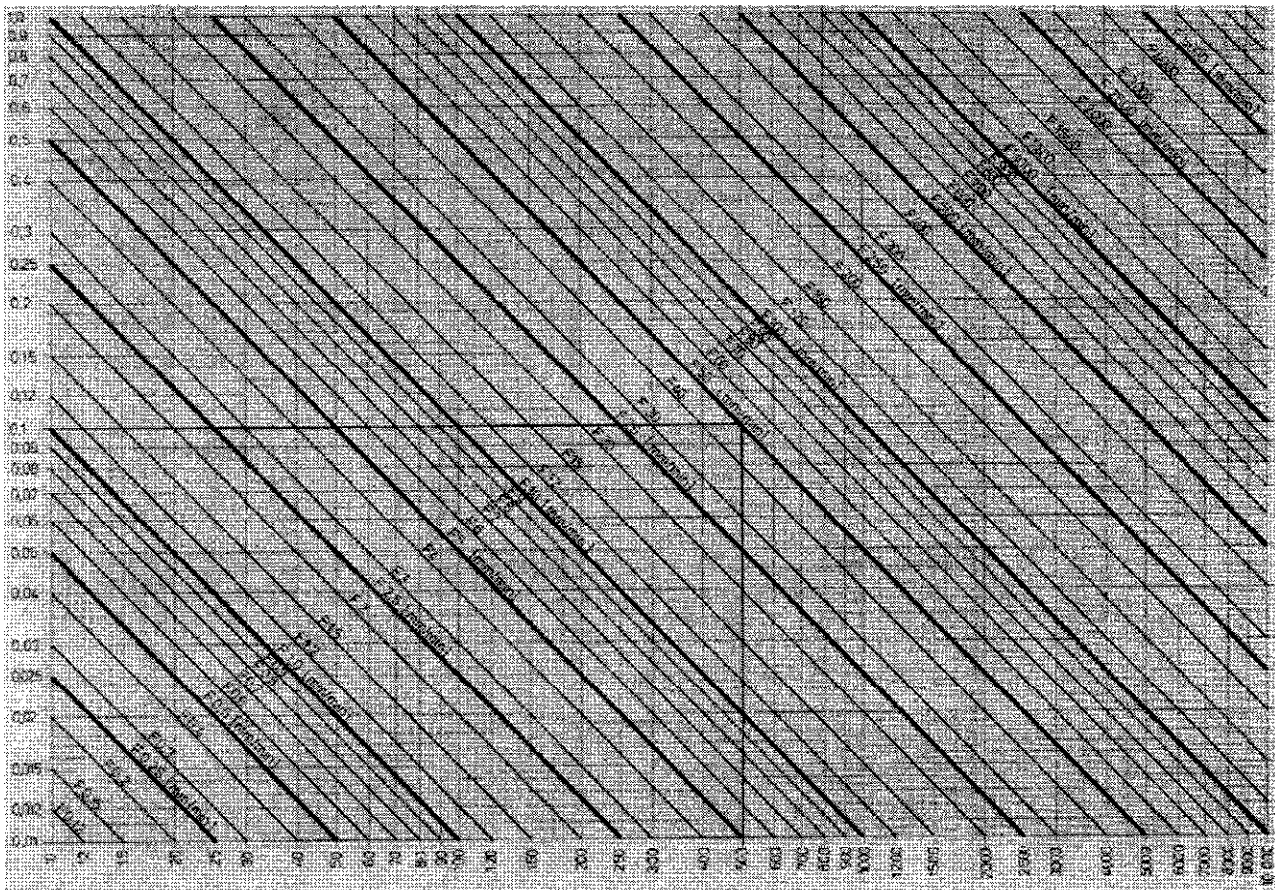
Beispiel:

- Spandicke d = 0,1 mm
- Spindel-Drehzahl S = 500 U/min
- Diagramm-Vorschub F = 50 mm/min
- Schneidzahl n = 6
- Einzugebender Vorschub F = 300 mm/min



- Das Diagramm liefert Richtwerte. Ihm liegt zugrunde:
- Zustellung der Werkzeug-Achse aus dem Vollen = $0,5 \cdot R$ oder
 - Seitliche Zustellung = $0,25 \cdot R$
 - Tiefenzustellung = R

Spandicke
d (mm)



Spindeldrehzahl
S (U/min)

Vorschub F beim Gewindeschneiden

Der Vorschub beim Gewindeschneiden F wird aus der Steigung des Gewindes p und der Spindel-Drehzahl ermittelt:

$$F = p \cdot S$$

Einheiten:

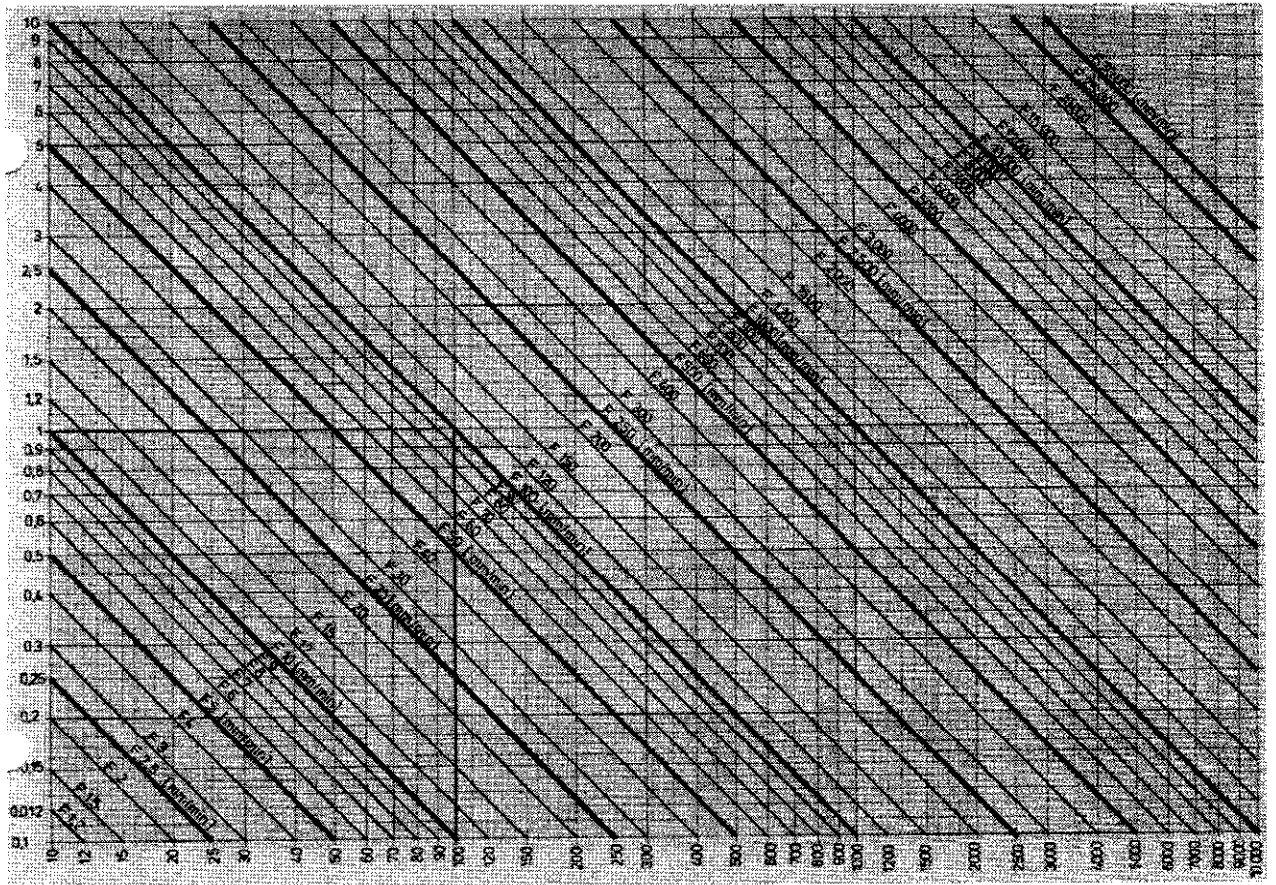
- F in mm/min
- p in mm/1
- S in 1/mm

Aus dem Diagramm wird der Vorschub beim Gewindeschneiden direkt abgelesen.

Beispiel:

- Gewinde-Steigung p = 1 mm/U
- Spindel-Drehzahl S = 100 U/min
- Vorschub beim Gewindeschneiden F = 100 mm/min

Steigung
p [mm/U]



Spindeldrehzahl
S [U/min]

11.5 Technische Information

Kurzbeschreibung

Bahnsteuerung mit digitaler Geschwindigkeits-Regelung
für Maschinen mit bis zu 5 Achsen, zusätzlich Spindel-Orientierung

Komponenten

Logik-Einheit, Bedienfeld, Farbbildschirm mit Softkeys

Datenschnittstellen

V.24 / RS-232-C

V.11 / RS-422

Erweiterte Datenschnittstelle mit LSV-2-Protokoll zum externen Bedienen
der TNC über die Datenschnittstelle mit HEIDENHAIN-Software
TNC REMOTE.

Gleichzeitig verfahrenende Achsen bei Konturelementen

- Geraden bis zu 5 Achsen
(TNC 407 : 3 Achsen
Exportversionen : TNC 415 F, TNC 425 E: 4 Achsen)
- Kreise bis zu 3 Achsen (bei geschwenkter Bearbeitungsebene)
- Schraubenlinie 3 Achsen

Parallelbetrieb

zum Editieren, während die TNC ein Bearbeitungsprogramm ausführt
(bei TNC 407 ohne Grafik)

Grafische Darstellungen

Programmier-Grafik

Test-Grafik

Programmlauf-Grafik (nicht TNC 407)

Datei-Typen

- HEIDENHAIN-Klartext-Dialog und DIN/ISO-Programme
- Werkzeug-, Nullpunkt-Tabellen, Paletten-Dateien
- Text- und System-Dateien

Programm-Speicher

- batterie-gepuffert für bis zu 100 Dateien
- Größe 256 kbyte (TNC 407: 128 kbyte)

Werkzeug-Definitionen

- bis zu 254 Werkzeuge im Programm oder in Tabellen

„Look Ahead“

- Definiertes Verrunden von un stetigen Konturübergängen
(z.B. bei 3D-Formen)
- Kollisionsbetrachtung mit dem SL-Zyklus für offene Konturen
- Vorausberechnung der Geometrie zur Vorschubanpassung

Programmierbare Funktionen

Konturelemente

Gerade, Fase, Kreisbahn, Kreismittelpunkt, Kreisradius, tangential anschließende Kreisbahn, Ecken-Runden, Geraden und Kreisbahnen zum Anfahren und Verlassen der Kontur

Freie Kontur-Programmierung

für alle Konturelemente, für die keine NC-gerechte Bemaßung vorliegt

Dreidimensionale Radiuskorrektur (nicht TNC 407)

Zur nachträglichen Änderung von Werkzeug-Daten ohne das Programm erneut berechnen zu müssen

Programm-Sprünge

Unterprogramm, Programmteil-Wiederholung, Hauptprogramm als Unterprogramm

Bearbeitungs-Zyklen

Tief- und Gewindebohren (auch mit geregelter Spindel), Gewinde-schneiden, Rechteck- und Kreistasche fräsen, Nut fräsen, beliebige Taschen und Inseln bearbeiten, Zylinder-Mantel-Interpolation

Koordinaten-Umrechnungen

Nullpunkt-Verschiebung, Spiegeln, Drehung, Massfaktor, Bearbeitungsebene schwenken (nicht TNC 407)

3D-Tastsystem-Einsatz

Antastfunktionen zum Messen und Bezugspunkt-Setzen, Digitalisieren von 3D-Formen (Option)

Mathematische Funktionen

Grundrechenarten +, -, * und ÷,
Dreiecksberechnungen sin, cos, tan, arcsin, arccos arctan
Wurzel aus Werten (\sqrt{a}) und Quadratsummen ($\sqrt{a^2 + b^2}$)
Quadrieren von Werten (SQ)
Potenzieren von Werten (^)
Negativen Wert bilden (NEG)
Absoluten Wert bilden (ABS)
Ganze Zahl bilden (INT)
Vorkommastellen abschneiden (FRAC)
Vergleiche größer, kleiner, gleich, ungleich

TNC-Daten

Satz-Verarbeitungszeit	4 ms/Satz (TNC 407: 25 ms/Satz)
Regelkreis-Zykluszeit	TNC 425: Bahn-Interpolation : 3 ms Fein-Interpolation : 0,6 ms (Geschwindigkeit) TNC 415 B: Bahn-Interpolation : 3 ms Fein-Interpolation : 0,6 ms (Bahn) TNC 407: 6 ms
Datenübertragungs- Geschwindigkeit	maximal 38.400 Baud
Umgebungstemperatur	0°C bis 45°C (Betrieb) -30°C bis 70°C (Lagerung)
Verfahrweg	maximal ± 100 m (2540 Zoll)
Verfahrgeschwindigkeit	maximal 300 m/min (1181Zoll/min), 30 m/min bei TNC 407, TNC 415 B
Spindeldrehzahl	maximal 99.999 U/min
Eingabe-Bereich	Minimum 0,1µm (0,00001 Zoll) bzw. 0,0001° (TNC 407 und Exportversionen TNC 415 F, TNC 425 E: 1µm) Maximum 99.999,999 mm (3.937 Zoll) bzw. 99.999,999°

Zubehör**Disketten-Einheit FE 401**

Ausführung	tragbares Koffergerät
Einsatzbereich	alle TNC-Bahnsteuerungen, TNC 131, TNC 135
Datenschnittstellen	2 Schnittstellen V.24/RS-232-C
Übertragungsgeschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • TNC : 2400 bis 38400 Baud • PRT : 110 bis 9600 Baud
Diskettenlaufwerk	separates Laufwerk zum Kopieren, Speicherplatz 795 kbyte (ca. 25.000 Programmsätze), bis zu 256 Dateien
Disketten	3,5 Zoll, DS DD, 135 TPI

Schaltende 3D-Tastsysteme

Ausführung	Tastsysteme mit Rubin-Tastkugel und Taststift mit Soll-Bruchstelle, genormte Werkzeugkegel
Fabrikate	TS 120: Kabelanschluß, Anpaßelektronik integriert TS 511: Infrarot-Übertragungs- strecke, separate Sende- und Empfangseinheit
Einwechselung	TS 120: manuell TS 511: automatisch
Antast-Reproduzierbarkeit	besser 1 µm
Antast-Geschwindigkeit	maximal 3 m/min

Elektronische Handräder

HR 130	<ul style="list-style-type: none"> • Einbauversion
HR 150	<ul style="list-style-type: none"> • Handräder für den Handrad- Adapter HRA 110
HR 330	<ul style="list-style-type: none"> • Mobile Version, Übertragung über Kabel. Ausgerüstet mit Achswahl-tasten, Eilgangtaste, Sicherheits- schalter, NOT-AUS-Taste.

11.6 TNC-Meldetexte

Die TNC erzeugt die Meldetexte automatisch. Sie stehen unter anderem zur Verfügung bei

- falschen Eingaben
- logischen Fehlern im Programm
- nicht ausführbaren Konturelementen
- unvorschriftsmäßigem Tastsystem-Einsatz

Einige besonders häufig vorkommende TNC-Meldetexte stehen in den folgenden Übersichten.

Ein Meldetext, der die Nummer eines Programmsatzes enthält, wurde durch diesen Satz oder einen vorhergegangenen verursacht.

TNC-Meldetexte werden mit der Taste CE gelöscht, nachdem ihre Ursache beseitigt ist.

TNC-Meldetexte beim Programmieren

EINGABE WEITERER PGM UNMOEGLICH

Alte Dateien löschen, um weitere Dateien einzugeben

EINGABEWERT FALSCH

- Label-Nummer korrekt eingeben
- Eingabegrenzen beachten

EXT. AUS/EINGABE NICHT BEREIT

Verbindungen zu externem Gerät korrekt herstellen

LABEL-NUMMER BELEGT

Label-Nummern nur jeweils einmal vergeben

SPRUNG AUF LABEL 0 NICHT ERLAUBT

L 0,0 nicht programmieren

TNC-Meldetexte beim Programm-Test und Programmlauf

ACHSE DOPPELT PROGRAMMIERT

Für Positionierungen Koordinaten jeder Achse nur einmal eingeben

AKTUELLER SATZ NICHT ANGEWÄHLT

Vor Programm-Test oder Programmlauf Programm-Anfang mit GOTO 0 anwählen

ANTASTPUNKT NICHT ERREICHBAR

3D-Tastsystem näher am Antastpunkt vorpositionieren

ARITHMETIKFEHLER

Berechnungen mit nicht erlaubten Werten

- Werte innerhalb der Bereichsgrenzen definieren
- Antast-Positionen für das 3D-Tastsystem eindeutig auseinanderliegend wählen
- Berechnungen müssen mathematisch korrekt durchführbar sein

BAHN-KORR. FALSCH BEENDET

Werkzeug-Radius-Korrektur nicht in einem Satz mit Kreisbahn-Position aufheben

BAHN-KORR. FALSCH BEGONNEN

- Gleiche Radius-Korrektur vor und nach einem G24- und G25-Satz eingeben
- Werkzeug-Radius-Korrektur nicht in einem Satz mit Kreisbahn-Position beginnen

CYCL UNVOLLSTÄNDIG

- Zyklen mit allen Angaben in der festgelegten Reihenfolge definieren
- Umrechnungszyklen nicht aufrufen
- Vor einem Zyklus-Aufruf den Zyklus definieren
- Zustelltiefe ungleich 0 eingeben

DEFINITION BLK FORM FEHLERHAFT

- MIN- und MAX-Punkt entsprechend Vorschrift programmieren
- Seitenverhältnis kleiner als 200:1 wählen

EBENE FALSCH DEFINIERT

- Werkzeug-Achse bei aktiver Grunddrehung nicht ändern
- Hauptachsen für Kreisbahnen korrekt definieren
- Beide Hauptachsen für I,J (J,K oder I,K) definieren

FALSCH E ACHSE PROGRAMMIERT

- Gesperrte Achsen nicht programmieren
- Rechteck-Tasche und Nut in der Bearbeitungsebene ausführen
- Drehachsen nicht spiegeln
- Fasenlänge positiv eingeben

FALSCH E DREHZAH L

Drehzahl innerhalb der Bereichsgrenzen programmieren

FASE NICHT ERLAUBT

Fase zwischen zwei Geradensätze mit gleicher Radius-Korrektur einfügen

KEINE AENDERUNG AM LAUFENDEN PGM

Programm nicht editieren, während es übertragen oder ausgeführt wird

KREIS-ENDPUNKT FALSCH

- Anschlußkreis vollständig eingeben
- Bahn-Endpunkte auf Kreisbahn liegend programmieren

KREISMITTELPUNKT FEHLT

- Kreismittelpunkt mit I,J (JK, IK) definieren
- Pol mit I,J (JK, IK) definieren

LABEL-NR. NICHT VORHANDEN

Nur gesetzte Label-Nummern aufrufen

PGM-ABSCHNITT NICHT DARSTELLBAR

- Fräserradius kleiner wählen
- 4D- und 5D-Bewegungen werden nicht grafisch simuliert
- Werkzeug-Achse für Simulation gleich der Achse in der Rohteil-Definition eingeben

RADIISSKORREKTUR UNDEFINIERT

Im ersten Sub-Programm zu Zyklus G37 KONTUR die Radiuskorrektur G41 oder G42 eingeben

RUNDUNG NICHT ERLAUBT

Tangential anschließende Kreise und Rundungs-Kreise korrekt eingeben

GROBER POSITIONIER-FEHLER

Die TNC überwacht Positionen und Bewegungen. Weicht die Ist-Position zu stark von der Soll-Position ab, so wird diese Fehlermeldung blinkend ausgegeben. Zur Behebung des Fehlers END-Taste einige Sekunden gedrückt halten

RUNDUNGS-RADIUS ZU GROSS

Rundungs-Kreise müssen zwischen Kontur-Elemente passen

TASTE OHNE FUNKTION

Diese Meldung kommt immer dann, wenn eine Taste betätigt wird, die für den aktuellen Dialog nicht benötigt wird

TASTSTIFT AUSGELENKT

Taststift vor dem ersten Antasten ohne Werkstück-Berührung vorpositionieren

TASTSYSTEM NICHT BERETT

- Sende- und Empfangsfenster (TS 511) auf Empfangseinheit einstellen
- Tastsystem auf Betriebsbereitschaft prüfen

UNDEFINIERTER PROGRAMMSTART

- Im Programm nur mit G99-Satz beginnen
- Programm nach Unterbrechung nicht mit anschließender Kreisbahn oder Poi-Übernahme neu starten
- Erster Verfahrssatz im Programm mit G00 G40 G90 programmieren

VORSCHUB FEHLT

- Vorschub für G01-Satz eingeben

VORZEICHEN FALSCH

Vorzeichen für Zyklus-Parameter vorschriftsgemäß eingeben

WERKZEUG-RADIUS ZU GROSS

Werkzeug-Radius so wählen, daß

- er innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegt
- Konturelemente sich berechnen und ausführen lassen

WINKEL-BEZUG FEHLT

- Kreisbahnen und -Endpunkte eindeutig definieren
- Bei Polarkoordinaten-Angaben Polarkoordinaten-Winkel korrekt definieren

ZU HOHE VERSCHACHTELUNG

- Unterprogramme mit G98 L0 abschließen
- Ln,0 für Unterprogramm-Aufruf programmieren
- Ln,m für Programmteil-Wiederholungen programmieren
- Unterprogramme dürfen sich nicht selbst aufrufen
- Unterprogramme maximal 8-fach verschachteln
- Hauptprogramme als Unterprogramme maximal 4-fach verschachteln

11.7 Adressbuchstaben (DIN/ISO)

G-Funktionen

Gruppe	G	Funktion	satzweise wirksam	Hinweis Seite
Positioniervorgänge	00	Geraden-Interpolation, kartesisch, im Eilgang		
	01	Geraden-Interpolation, kartesisch		
	02	Kreis-Interpolation, kartesisch, im Uhrzeigersinn		
	03	Kreis-Interpolation, kartesisch, im Gegen-Uhrzeigersinn		
	05	Kreis-Interpolation, kartesisch, ohne Drehrichtungsangabe		
	06	Kreis-Interpolation, kartesisch, tangentialer Konturanschluß		
	07	Achspareller Positionier-Satz		
	10	Geraden-Interpolation, polar, im Eilgang		
	11	Geraden-Interpolation, polar		
	12	Kreis-Interpolation, polar, im Uhrzeigersinn		
	13	Kreis-Interpolation, polar, im Gegen-Uhrzeigersinn		
	15	Kreis-Interpolation, polar, ohne Drehrichtungsangabe		
	16	Kreis-Interpolation, polar, tangentialer Konturanschluß		
	Zyklen	04	Verweilzeit	
28		Spiegeln		
36		Spindel-Orientierung		
37		Definition der Taschenkontur		
39		Zyklus Programm-Aufruf, Zyklus-Aufruf über G79		
53		Nullpunkt-Verschiebung in einer Nullpunkt-Tabelle		
54		Nullpunkt-Verschiebung im Programm		
56		Vorböhrn der Kontur-Tasche (in Verbindung mit G37) SLI		
57		Ausräumen der Kontur-Tasche (in Verbindung mit G37) SLI		
58		Konturfräsen im Uhrzeigersinn (in Verbindung mit G37) SLI		
59		Konturfräsen im Gegen-Uhrzeigersinn (in Verbindung mit G37) SLI		
72		Maßfaktor		
73		Drehung des Koordinatensystems		
74		Nutenfräsen		
75		Rechtecktasche-Fräsen im Uhrzeigersinn		
76		Rechtecktasche-Fräsen im Gegen-Uhrzeigersinn		
77		Kreistasche-Fräsen im Uhrzeigersinn		
78		Kreistasche-Fräsen im Gegen-Uhrzeigersinn		
83	Tiefbohren			
84	Gewindebohren mit Ausgleichsfutter			
85	Gewindebohren ohne Ausgleichsfutter			
86	Gewindeschneiden			
	G120	Kontur-Daten		
	G121	Vorböhrn (in Verbindung mit G37) SLII		
	G122	Räumen (in Verbindung mit G37) SLII		
	G123	Schlichten Tiefe (in Verbindung mit G37) SLII		
	G124	Schlichten Seite (in Verbindung mit G37) SLII		
	G125	Konturzug (in Verbindung mit G37)		
	79	Zyklus-Aufruf		
Auswahl der Bearbeitungsebene	17	Ebenenauswahl XY, Werkzeug-Achse Z		
	18	Ebenenauswahl ZX, Werkzeug-Achse Y		
	19	Ebenenauswahl YZ, Werkzeug-Achse X		
	20	Werkzeug-Achse IV		
Fasen, Runden Anfahren, Verlassen einer Kontur	24	Fasen mit Fasenlänge R		
	25	Ecken-Runden mit R		
	26	Tangentiales Anfahren einer Kontur mit R		
	27	Tangentiales Verlassen einer Kontur mit R		
	29	Übernahme des letzten Positions-Sollwertes als Pol		
Rohteil-Definition	30	Rohteil-Definition für Grafik, Min.-Punkt		
	31	Rohteil-Definition für Grafik, Max.-Punkt		
	38	Programmlauf-STOP		
Bahnkorrektur	40	Keine Werkzeug-Korrektur (R0)		
	41	Werkzeugbahn-Korrektur, links von der Kontur (RL)		
	42	Werkzeugbahn-Korrektur, rechts von der Kontur (RR)		
	43	Achsparelle Korrektur, Verlängerung (R+)		
	44	Achsparelle Korrektur, Verkürzung (R-)		
	51	Nächste Werkzeug-Nummer (bei zentralem Werkzeugspeicher)		
	55	Antast-Funktion		
Maßeinheit	70	Maßeinheit: Inch (zu Programm-Beginn)		
	71	Maßeinheit: Millimeter (zu Programm-Beginn)		
Maßangaben	90	Absolute Maßangaben		
	91	Inkrementale Maßangaben		
	98	Setzen einer Label-Nummer		
	99	Werkzeug-Definition		

Adress-Buchstabe	Funktion
%	Programm-Anfang bzw. Programm-Aufruf mit G39
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 im Kettenmaß/Absolutmaß 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	Hilfs-Funktionen
N	Satznummer
P P	Zyklus-Parameter in Bearbeitungszyklen Parameter in Parameter-Definitionen
Q	Programm-Parameter/Zyklus-Parameter Q
R R R R R	Polarkoordinaten-Radius Kreis-Radius mit G02/G03/G05 Rundungs-Radius mit G25/G26/G27 Fasen-Abschnitt mit G24 Werkzeug-Radius mit G99
S S	Spindeldrehzahl Spindel-Orientierung mit G36
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

Parameter-Definitionen

D	Funktion	Hinweis Seite
00	Zuweisung	
01 02 03 04	Addition Subtraktion Multiplikation Division	
05	Wurzel	
06 07	Sinus Cosinus	
08	Wurzel aus Quadratsumme ($c = \sqrt{a^2 + b^2}$)	
09 10 11 12	Wenn gleich, Sprung Wenn ungleich, Sprung Wenn größer, Sprung Wenn kleiner, Sprung	
13	Angle (Winkel aus $c \cdot \sin \delta$ und $c \cdot \cos \delta$)	
14	Fehler-Nummer	
15	Print	
19	Zuweisung PLC-Merker	



HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5
D-83301 Traunreut, Deutschland

☎ (0 86 69) 31-0

☎ FAX (0 86 69) 50 61

Programmier-Hilfe

Konturzyklen:

Programm-Aufbau bei Bearbeitung mit mehreren Werkzeugen

Liste der Kontur-Unterprogramme G37 P01 ...

Bohrer definieren/aufrufen
Konturzyklus: Vorbohren
Vorpositionieren, Zyklus-Aufruf G56 P01 ...

Schruppfräser definieren/aufrufen
Konturzyklus: Ausräumen
Vorpositionieren, Zyklus-Aufruf G57 P01 ...

Schlichtfräser definieren/aufrufen
Konturzyklus: Konturfräsen
Vorpositionieren, Zyklus-Aufruf G58 P01 ...

Ende des Haupt-Programmes, Rücksprung **M02**

Kontur-Unterprogramme G98
G98 L0

Radiuskorrektur der Kontur-Unterprogramme:

Kontur	Reihenfolge programmierter Kulturelemente	Radius-Korrektur
Innen (Tasche)	im Uhrzeigersinn (CW) im Gegenuhrzeigersinn (CCW)	G42 (RR) G41 (RL)
Außen (Insel)	im Uhrzeigersinn (CW) im Gegenuhrzeigersinn (CCW)	G41 (RL) G42 (RR)

Koordinaten-Umrechnungen:

Koordinaten-Umrechnung	Aktivieren	Aufheben
Nullpunkt-Verschiebung	G54 X+20 Y+30 Z+10	G54 X+0 Y+0 Z+0
Spiegeln	G28 X	G28
Drehung	G73 H+45	G73 H+0
Maßfaktor	G72 F0,8	G72 F1

Q-Parameter-Definitionen

D	Funktion	D	Funktion
00	Zuweisung	08	Wurzel aus Quadratsumme $c = \sqrt{a^2+b^2}$
01	Addition	09	Wenn gleich, Sprung auf Label-Nummer
02	Subtraktion	10	Wenn ungleich, Sprung auf Label-Nummer
03	Multiplikation	11	Wenn größer, Sprung auf Label-Nummer
04	Division	12	Wenn kleiner, Sprung auf Label-Nummer
05	Wurzel	13	Angle (Winkel aus $c \cdot \sin \alpha$ und $c \cdot \cos \alpha$)
06	Sinus	14	Fehler-Nummer
07	Cosinus	15	Print
		19	Zuweisung PLC

Adressen

Adr.	Funktion	Adr.	Funktion
%	Programm-Anfang	N	Satznummer
%	Programm-Aufruf mit G39	P	Zyklus-Parameter in Bearbeitungszyklen
A	Drehbewegung um X-Achse	P	Wert oder Q-Parameter in Q-Parameter-Definition
B	Drehbewegung um Y-Achse	Q	Parameter Q
C	Drehbewegung um Z-Achse	R	Polarkoordinaten-Radius
D	Q-Parameter-Definitionen	R	Kreis-Radius mit G02/G03/G05
F	Vorschub	R	Rundungs-Radius mit G25/G26/G27
F	Verweilzeit mit G04	R	Werkzeug-Radius mit G99
F	Maßfaktor mit G72	S	Spindeldrehzahl
G	G-Funktionen	S	Spindel-Orientierung mit G36
H	Polarkoordinaten-Winkel	T	Werkzeug-Definition mit G99
H	Drehwinkel mit G73	T	Werkzeug-Aufruf
I	X-Koordinate des Kreismittelpunkts/Pols	T	nächstes Werkzeug mit G51
J	Y-Koordinate des Kreismittelpunkts/Pols	U	Achse parallel zur X-Achse
K	Z-Koordinate des Kreismittelpunkts/Pols	V	Achse parallel zur Y-Achse
L	Setzen einer Label-Nummer mit G98	W	Achse parallel zur Z-Achse
L	Sprung auf eine Label-Nr.	X	X-Achse
L	Werkzeug-Länge mit G99	Y	Y-Achse
M	M-Funktionen	Z	Z-Achse
		*	Satzende

Programm-Schema: Fräsen

PGM NR	Program-Nummer wählen
Program 234 in mm Rohteil-Definition	% 234 G71 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0
Werkzeug-Definition Werkzeug-Aufruf Werkzeug-Wechselposition Werkzeug-Aufruf	G99 T1 L+0 R+5 T0 G17 G00 G40 G90 Z+100 M06 T1 G17 S1000
Start-Position, neben dem Werkstück Arbeitstiefe	X-20 Y-20 M03 Z-20
1. Konturpunkt, mit Korrektur (RL) tangentes Anfahren Gerade Fase Gerade Rundung Gerade Kreismittelpunkt Kreis, inkremental Letzter Konturpunkt, absolut	G01 G41 X+0 Y+0 F200 G26 R15 Y+100 G24 R20 X+100 G25 R20 Y+25 I-100 J+0 G03 G91 X-25 Y-25 G01 G90 X+0 Y+0
tangentes Verlassen End-Position, neben dem Werkstück Freifahren, Rücksprung zum Programm-Beginn	G27 R15 G00 G40 X-20 Y-20 Z+100 M02



TNC 407
TNC 415B
TNC 425

DIN/ISO-
Programmierung



Betriebsarten

Maschine/Programmieren Mit der Umschalttaste am Bildschirm können Bedienelement und Bildschirm auf „Maschine“ oder „Programmieren“ umgeschaltet werden.

Maschine:

Manuell Die Achsen lassen sich über die externen Achsrichtungstasten verfahren. Über Softkeys können Spindeldrehzahl, M-Funktion und Bezugspunkte eingegeben und Antast-Funktionen für das 3D-Tastsystem aufgerufen werden.

Handrad Die Achsen lassen sich entweder mit einem elektronischen Handrad oder um ein eingegebenes Maß (Schrittmaß) über die externen Achsrichtungstasten verfahren (Softkey-Funktionen: siehe Manuell).

Positionieren mit Handeingabe Es werden NC-Sätze abgearbeitet, die alle Informationen für eine Positionierung bzw. Bearbeitung enthalten (gilt auch für Vorschübe, Kreismittelpunkt, Zyklen). Sie werden im Programm \$MDI abgelegt.

Programmlauf Satzfolge Nach dem Start des Programmes über die externe START-Taste wird dieses automatisch bis zum Programm-Ende oder einem STOP ausgeführt. Die Bearbeitung kann mit der **Programmlauf-Grafik** (nicht TNC 407) am Bildschirm verfolgt werden.

Programmlauf Einzelsatz Jeder Einzelsatz ist separat mit der externen START-Taste zu starten. Die Bearbeitung kann mit der **Programmlauf-Grafik** (nicht TNC 407) am Bildschirm verfolgt werden.

Programmieren:

Einspeichern HEIDENHAIN-Dialog und DIN/ISO Programme, Werkzeug-, Nullpunkt-, Paletten-Tabellen sowie Text-Dateien können sowohl editiert als auch über die Datenschnittstellen RS-232-C oder RS-422 eingelesen und ausgegeben werden.

Test Bearbeitungsprogramme können mit der **Test-Grafik** vor der Bearbeitung auf Fehler überprüft werden.

G-Funktionen

Werkzeug-Bewegungen

- 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 Konturanschluß
- * 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
- G16 Kreis-Interpolation, polar, tangentialer Konturanschluß

Fase/Rundung/Kontur anfahren/verlassen

- * G24 Fasen mit Fasenlänge R
- * G25 Ecken-Runden mit Radius R
- * G26 Weiches (tangentes) Anfahren einer Kontur mit Radius R
- * G27 Weiches (tangentes) Verlassen einer Kontur mit Radius R

Werkzeug-Definition

- * G99 Mit Werkzeug-Nummer T, Länge L, Radius R

Werkzeug-Radiuskorrektur

- G40 Keine Werkzeug-Radiuskorrektur
- G41 Werkzeug-Bahnkorrektur, links von der Kontur
- G42 Werkzeug-Bahnkorrektur, rechts von der Kontur
- G43 Achsparallele Korrektur für G07, Verlängerung
- G44 Achsparallele Korrektur für G07, Verkürzung

Rohteil-Definition für Grafik

- G30 (G17/G18/G19) Minimal-Punkt
- G31 (G90/G91) Maximal-Punkt

Einfachere Bearbeitungszyklen

- G83 Tiefbohren
- G84 Gewindebohren mit Ausgleichsfutter
- G85 Gewindebohren ohne Ausgleichsfutter
- G86 Gewindegewindeschneiden
- G74 Nutenfräsen
- G75 Rechtecktaschen-Fräsen im Uhrzeigersinn
- G76 Rechtecktaschen-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn
- G77 Kreistaschen-Fräsen im Uhrzeigersinn
- G78 Kreistaschen-Fräsen im Gegenuhrzeigersinn

SL-Zyklen Gruppe 1

- G37 Kontur, Definition der Teilkontur-Unterprogramm-Nummern
- G56 Vorbohren
- G57 Ausräumen (Schruppen)
- G58 Konturfräsen im Uhrzeigersinn (Schichten)
- G59 Konturfräsen im Gegenuhrzeigersinn (Schichten)

*) Satzweise wirksame Funktion

G-Funktionen

SL-Zyklen Gruppe 2

- G37 Kontur, Definition der Teilkontur-Unterprogramm-Nummern
- G120 Kontur-Daten festlegen (gültig für G121 bis G124)
- G121 Vorbohren
- G122 Kontur parallel räumen (Schruppen)
- G123 Tiefen-Schichten
- G124 Seiten-Schichten
- G125 Kontur-Zug (offene Kontur bearbeiten)

Zyklen zur Koordinaten-Umrechnung

- G53 Nullpunkt-Verschiebung aus Nullpunkt-Tabellen
- G54 Nullpunkt-Verschiebung im Programm
- G28 Spiegeln der Kontur
- G73 Drehung des Koordinatensystems
- G72 Maßfaktor, Kontur verkleinern/vergrößern

Sonder-Zyklen

- * G04 Verweilzeit mit F Sekunden
- G36 Spindel-Orientierung
- * G39 Programm-Aufruf

Bearbeitungs-Ebene festlegen

- G17 Ebene X/Y, Werkzeug-Achse Z
- G18 Ebene Z/X, Werkzeug-Achse Y
- G19 Ebene Y/Z, Werkzeug-Achse X
- G20 Werkzeug-Achse IV

Maßangaben

- G90 Maßangaben absolut
- G91 Maßangaben inkremental

Maßeinheit

- G70 Maßeinheit inch (am Programm-Anfang festlegen)
- G71 Maßeinheit Millimeter (am Programm-Anfang festlegen)

Sonstige G-Funktionen

- G29 Letzten Positions-Sollwert als Pol (Kreismittelpunkt)
- G38 Programmablauf-STOP
- * G51 Werkzeug-Vorauswahl (bei zentralem Werkzeug-Speicher)
- G55 Programmierbare Antast-Funktion
- * G79 Zyklus-Aufruf
- * G98 Label-Nummer setzen

*) Satzweise wirksame Funktion

M-Funktionen

M00 Programmablauf-Halt/Spindel-Halt/Kühlmittel-Aus

M02 Programmablauf-Halt/Spindel-Halt/Kühlmittel-Aus
ggf. Status-Anzeige löschen
Rücksprung zu Satz 1

M03 Spindel-Ein im Uhrzeigersinn
M04 Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn
M05 Spindel-Halt

M06 Werkzeug-Wechsel
ggf. Spindel-Halt/Programmablauf-Halt

M08 Kühlmittel-Ein
M09 Kühlmittel-Aus

M13 Spindel-Ein im Uhrzeigersinn/Kühlmittel-Ein
M14 Spindel-Ein im Gegenuhrzeigersinn/Kühlmittel-Ein

M30 Wie M02

M89 Freie Zusatz-Funktion oder
Zyklus-Aufruf, modal wirksam
M99 Zyklus-Aufruf, satzweise wirksam

M90 Konstante Bahngeschwindigkeit bei Innenecken
und bei unkorrigierten Ecken

M91 Koordinaten im Positioniersatz beziehen sich auf
den Maschinen-Nullpunkt
M92 Koordinaten im Positioniersatz beziehen sich auf
einen maschinenfesten Punkt

M93 Reserviert
M94 Anzeige der Drehachse auf einen Wert unter 360° reduzieren
M95 Reserviert
M96 Reserviert

M97 Bahnkorrektur bei Außenecken: Schnittpunkt statt Übergangskreis
M98 Bahnkorrektur-Ende, satzweise wirksam

M101 Automatischer Werkzeugwechsel mit Schwester-Werkzeug,
wenn maximale Standzeit abgelaufen.
M102 M101 rücksetzen

M103 Reserviert Vorschub beim Eintauchen reduzieren auf Faktor F
M104 Reserviert

M105 Bearbeitung mit erstem k_v -Faktor durchführen
M106 Bearbeitung mit zweitem k_v -Faktor durchführen

M107 Fehlermeldung bei Schwesterwerkzeugen mit Aufmaß unterdrücken
(bei blockweisem Übertragen)
M108 M107 rücksetzen

M109 Konstante Bahngeschwindigkeit an der Werkzeug-Schneide
bei Kreisbögen (Vorschub-Erhöhung und -Reduzierung)
M110 Konstante Bahngeschwindigkeit an der Werkzeug-Schneide
bei Kreisbögen (nur Vorschub-Reduzierung)
M111 Vorschub bezieht sich auf die Mittelpunktsbahn (Standardverhalten)

M112 Rundungskreis zwischen zwei Geraden einfügen, Toleranz T eingebbar
M113 M112 rücksetzen

M114 Automatische Korrekturen der Maschinengeometrie beim Arbeiten mit
Schwenkachsen
M115 M114 rücksetzen

M116 Vorschub bei Winkelachsen in mm/min

M118 Handrad-Positionierung während des Programmablaufs überlagern