



Programmieranleitung

PA 8000

Ausgabe

11.01

Software Revision

1.9

Copyright

PA

IRRTUM UND TECHNISCHE ÄNDERUNGEN VORBEHALTEN

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 1 Grundlagen..... | 1 |
| 1.1 Allgemein | 1 |
| 1.2 Hinweise zur Terminologie | 1 |
| 1.2.1 Grundstellung | 2 |
| 1.2.2 Dummy-Satz | 2 |
| 1.2.3 Hinweise auf Fehlermeldungen | 3 |
| 1.3 Haftungsausschluss | 3 |
| 2 Funktion und Aufbau von NC - Programmen | 5 |
| 2.1 Programmaufbau..... | 5 |
| 2.2 Programmnummern | 5 |
| 2.3 Programmsätze | 6 |
| 2.4 Programmwort..... | 7 |
| 2.5 Kommentare in NC-Programmen..... | 9 |
| 2.6 Satzunterdrückung..... | 11 |
| 2.7 Programmwiederholung | 12 |
| 2.8 Unterprogramme | 12 |
| 2.9 Extern erzeugte NC-Programme | 14 |
| 2.9.1 Formatvorgaben | 14 |
| 2.9.2 Checksum..... | 16 |
| 2.9.2.1 Satz-Checksums | 17 |
| 2.9.2.2 Programm-Checksum | 17 |
| 2.9.2.3 Hinweise..... | 18 |
| 3 Geometrische Grundlagen..... | 21 |
| 3.1 Kordinatensysteme | 21 |
| 3.1.1 Allgemein..... | 21 |
| 3.1.2 Achsbezeichnungen | 22 |
| 3.1.3 Maschinenkoordinatensysteme | 23 |
| 3.1.4 Gantryachsen | 24 |
| 3.1.5 Rücksetzbare Rundachse..... | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2 G53-G59 Nullpunktverschiebungen..... | 26 |
| 3.2.1 Syntax..... | 26 |
| 3.2.2 Anwendungsbeispiel..... | 26 |
| 3.2.3 Programmierung | 28 |
| 3.2.4 Eingabe von Nullpunktverschiebungen..... | 30 |
| 3.3 G90, G91 Absolutmaß- bzw. Relativmaßprogrammierung..... | 31 |
| 3.3.1 Absolutmaßeingabe..... | 32 |
| 3.3.2 Relativmaßeingabe..... | 33 |
| 4 Verfahrenweisungen..... | 35 |
| 4.1 Überwachung der Achsverfahrensgrenzen | 35 |
| 4.2 Linearinterpolation..... | 36 |
| 4.2.1 G00 Linearinterpolation im Eilgang..... | 36 |
| 4.2.2 G01 Linearinterpolation im Vorschub..... | 39 |
| 4.3 Zirkularinterpolation | 42 |
| 4.3.1 G02 / G03 Kreisinterpolation mit Mittelpunktsgabe..... | 42 |
| 4.3.2 G12, G13 Kreisinterpolation mit Radiusangabe..... | 46 |
| 4.3.3 Helixinterpolation | 49 |
| 4.4 G07 Tangentialkreisinterpolation..... | 49 |
| 4.5 G05, G06 Splinedefinition bzw. -interpolation 2D..... | 53 |
| 4.5.1 Splinedefinition | 53 |
| 4.5.1.1 Splines mit tangentialen Übergängen | 54 |
| 4.5.1.2 M70: Spline-Anfang und Spline-Ende mit der Krümmung 0..... | 54 |
| 4.5.1.3 M71: Spline-Anfang mit tangentialem Übergang und Spline-Ende mit der Krümmung 0..... | 55 |
| 4.5.1.4 M72: Spline-Anfang mit der Krümmung 0 und Spline - Ende mit tangentialem Übergang | 56 |
| 4.5.1.5 M73: Spline-Anfang und Spline-Ende mit tangentialen Übergängen..... | 56 |
| 4.5.2 Aktivieren der Splineinterpolation | 57 |
| 4.5.3 Bahngeschwindigkeit..... | 59 |
| 4.6 G78, G79 Anstellen an Bahn 2D | 60 |
| 4.6.1 Anwendungsbeispiele..... | 60 |
| 4.6.2 Begriffserklärungen..... | 62 |
| 4.6.3 Programmierung | 63 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6.3.1 Ändern des Winkeloffsets bei modal wirksamem G78 | 64 |
| 4.6.3.2 Verhalten der Nachführung bei einer Verfahrungsrichtungsumkehr | 66 |
| 4.6.3.3 Programmieren von G92 und G54-G59 bei aktivem G78 | 68 |
| 4.6.3.4 Achsgrenzen der Rundachse bei vollen Umdrehungen | 68 |
| 4.6.3.5 Programmierbarer Grenzwinkel | 70 |
| 5 Technologische Anweisungen | 73 |
| 5.1 Vorschubbeeinflussung | 73 |
| 5.1.1 F-Wort | 73 |
| 5.1.2 G63, G66 Vorschub-Override | 74 |
| 5.1.3 Programmierbare Beschleunigung | 76 |
| 5.1.4 G72, G73 Interpolation mit Genauhalt AUS bzw. EIN | 78 |
| 5.2 Spindelansteuerung | 79 |
| 5.2.1 S-Wort | 79 |
| 5.2.2 M03, M04 Spindel EIN Rechts- bzw. –Linkslauf | 80 |
| 5.2.3 M05 Spindel AUS | 80 |
| 5.2.4 G63, G66 Spindel-Override | 80 |
| 5.2.5 G92 Drehzahlbegrenzung | 83 |
| 5.2.6 Richtungswechsel bei M19 „Spindelorientation“ | 84 |
| 6 Werkzeugfunktionen | 85 |
| 6.1 Werkzeugkorrekturen | 85 |
| 6.1.1 Werkzeugradiuskorrekturen | 85 |
| 6.1.1.1 Eingabe von Werkzeugradiuskorrekturen | 86 |
| 6.1.1.2 Aufruf von Werkzeugradiuskorrekturwerten | 87 |
| 6.1.2 Werkzeuglängenkorrekturen | 88 |
| 6.1.2.1 Eingabe von Werkzeuglängenkorrekturwerten | 89 |
| 6.1.2.2 Aufruf von Werkzeuglängenkorrekturen | 91 |
| 6.2 G40-G44 Bahnkorrekturen | 92 |
| 6.2.1 Notwendigkeit von Bahnkorrekturen | 92 |
| 6.2.2 Prinzip der Bahnkorrektur, Schnittpunktverfahren | 95 |
| 6.2.3 Programmierung von Bahnkorrekturen | 97 |
| 6.2.3.1 Anfahrverhalten der Achsen | 98 |
| 6.2.3.2 Wegfahrverhalten der Achsen | 102 |
| 6.2.3.3 Zwischensätze | 105 |

| | |
|--|------------|
| 6.2.3.4 Winkelabkürzung | 108 |
| 6.2.4 Bahnkorrekturen bei Splineinterpolation | 109 |
| 6.2.5 Bahngeschwindigkeitsabweichungen | 111 |
| 6.2.6 Sonderfälle | 112 |
| 6.2.6.1 NC-Sätze ohne Verfahrinformationen: | 112 |
| 6.2.6.2 Änderung der Korrekturrichtung (Wechsel zwischen G41 und G42): | 114 |
| 6.2.6.3 Vorzeichenwechsel des Korrekturwertes | 115 |
| 6.2.6.4 Änderung der Korrekturgröße bei gleichem Vorzeichen | 116 |
| 6.2.7 Problemfälle | 118 |
| 6.2.7.1 Zu großer Werkzeugradius bei einer Innenecke | 118 |
| 6.2.7.2 Radius des Kreises < Korrekturwert ($R < D$) | 119 |
| 6.2.7.3 Vollkreis mit Radiuskorrektur, Außenbearbeitung | 120 |
| 6.2.7.4 Vollkreis mit Radiuskorrektur G42, Innenbearbeitung | 122 |
| 6.2.7.5 Hinterschneidungen | 125 |
| 7 Geometrische Anweisungen | 127 |
| 7.1 G92 Achswert setzen | 127 |
| 7.2 G70, G71 Programmierung im metrischen Format/Inch-Format | 130 |
| 7.3 G14-G16 Polarkoordinatenprogrammierung | 131 |
| 7.3.1 Haupt- und Nebenachse | 133 |
| 7.3.2 Programmierung ohne Polpunkt | 133 |
| 7.3.3 Programmierung des Polpunktes | 134 |
| 7.4 G17-G20 Ebenenauswahl | 136 |
| 7.5 G24-G27 Programmierbare Arbeitsfeldbegrenzung | 140 |
| 7.6 G38, G39 Programmierbares Spiegeln | 144 |
| 7.7 G51, G52 Partrotation | 147 |
| 7.8 G50 Skalieren | 150 |
| 7.9 G74 Programmierbares Referenzpunktfahren | 153 |
| 7.10 M80 Restweg löschen über Meßtasterfunktion | 155 |
| 8 Programmbeeinflussung | 161 |
| 8.1 M00 Programmunterbrechung(unbedingter Halt) | 161 |
| 8.2 M01 Programmunterbrechung (bedingter Halt) | 161 |
| 8.3 M02, M30 Programmende | 162 |
| 8.4 G10, G11 Dynamischen Satzpuffer leeren bzw. füllen | 163 |

| | |
|---|------------|
| 8.4.1 Zusammenfassung | 163 |
| 8.4.2 G10 Dynamischen Satzpuffer leeren | 163 |
| 8.4.3 G11 Dynamischen Satzpuffer füllen | 164 |
| 8.5 G72, G73 Interpolation mit Genauhalt AUS bzw. EIN | 165 |
| 8.6 G08, G09 Look Ahead AUS bzw. EIN | 167 |
| 8.7 G86 Eckenbeschleunigung, Konturgenauigkeit | 172 |
| 8.7.1 Eckenbeschleunigung:..... | 172 |
| 8.7.2 Konturgenauigkeit..... | 175 |
| 8.8 G04 Verweilzeit | 177 |
| 8.9 Hilfsfunktionen (BCDS)..... | 178 |
| 9 Bearbeitungszyklen | 179 |
| 9.1 Bohrzyklen | 179 |
| 9.1.1 Einleitung | 179 |
| 9.1.2 Benutzen der Bohrzyklen..... | 180 |
| 9.1.2.1 Zuweisung der Parameter | 180 |
| 9.1.2.2 Anwahl des gewünschten Bohrzyklus | 182 |
| 9.1.2.3 Anfahren der Bohrposition in X und Y (einfach oder mehrfach)..... | 182 |
| 9.1.2.4 Abwahl des Bohrzyklus | 184 |
| 9.1.3 G80 Aufheben des Bohrzyklus | 184 |
| 9.1.4 G81 Bohren ins Volle | 184 |
| 9.1.5 G82 Plansenken mit Verweilzeit | 186 |
| 9.1.6 G83 Tieflochbohren | 188 |
| 9.1.7 G84 Gewindebohren mit Ausgleichsfutter | 190 |
| 9.1.8 G85 Reiben | 192 |
| 9.1.9 G86 Ausbohren..... | 194 |
| 9.1.10 G87 Reiben mit Meß-Stop | 196 |
| 9.1.11 G88 Ausbohren mit Spindel-Halt | 198 |
| 9.1.12 G89 Ausbohren mit Zwischenhalt | 200 |
| 9.1.13 Beispiel: Gewindeplatte | 202 |
| 9.2 Drehzyklen | 205 |
| 9.2.1 Allgemein | 205 |
| 9.2.2 G271 Schruppzyklus Längs | 205 |

| | |
|--|------------|
| 9.2.2.1 Syntax | 205 |
| 9.2.2.2 Beispiel..... | 207 |
| 9.2.2.3 Richtung der Zustellung | 208 |
| 9.2.2.4 Wirksame G-Codes..... | 209 |
| 9.2.3 G272 Schruppen bei der Stirnseitenbearbeitung..... | 209 |
| 9.2.3.1 Syntax | 209 |
| 9.2.3.2 Beispiel..... | 211 |
| 9.2.3.3 Richtung der Zugabe..... | 212 |
| 9.2.3.4 Wirksame G-Codes..... | 213 |
| 9.2.4 G270 Schlichtzyklus | 213 |
| 9.2.4.1 Syntax | 213 |
| 9.2.4.2 Beispiel..... | 214 |
| 9.2.5 G274 StufenweisesTieflochbohren | 215 |
| 9.2.5.1 Syntax | 215 |
| 9.2.5.2 Wirksame G-Codes..... | 216 |
| 9.2.6 G275 Aussen/Innendurchmesser Bohzyklus | 217 |
| 9.2.6.1 Syntax | 217 |
| 9.2.6.2 Wirksame G-Codes..... | 217 |
| 9.2.7 G276 Mehrfachgewindeschneidzyklus | 218 |
| 9.2.8 Fehlermeldungen..... | 221 |
| 9.2.9 Teileprogrammanzeige | 222 |
| 9.3 Anwender Zyklen..... | 223 |
| 9.3.1 Typen von Anwenderzyklen..... | 223 |
| 9.3.2 G- Code Arbeitszyklus | 223 |
| 9.3.3 G-Code Anwenderzyklus | 225 |
| 9.3.4 Anwenderzyklus mit frei definiertem Code..... | 226 |
| 9.3.5 Reservierte Zyklenparameter | 228 |
| 10 Allgemeine Zyklenprogrammierung..... | 231 |
| 10.1 Einleitung..... | 231 |
| 10.1.1 Einsatzzweck..... | 231 |
| 10.1.2 Einbindung von Zyklenätzen in ein NC-Programm | 232 |
| 10.1.3 Kommentare | 233 |
| 10.1.4 Befehlsübersicht | 233 |

| | |
|---|------------|
| 10.2 Grundbefehle | 235 |
| 10.2.1 Grundregeln für Befehlsbearbeitung..... | 235 |
| 10.2.2 Zahlen und Variablen..... | 237 |
| 10.2.3 Rechenoperationen und Funktionen..... | 239 |
| 10.2.4 Benutzen der P-Parameter | 246 |
| 10.2.5 Benutzen der CNC-Parameter..... | 248 |
| 10.2.6 Bedingte Befehle und Sprungbefehle | 255 |
| 10.2.6.1 IF-Abfrage | 255 |
| 10.2.6.2 DO Anweisung | 257 |
| 10.2.6.3 Sprünge..... | 257 |
| 10.2.6.4 Schleifen | 259 |
| 10.2.7 Mögliche Fehler | 260 |
| 10.3 Speichereditierbefehle | 263 |
| 10.3.1 Allgemeine Hinweise | 263 |
| 10.3.2 Befehle zum Speichereditieren | 263 |
| 10.3.3 CPY Kopierbefehl | 264 |
| 10.3.4 DEL Löschbefehl | 266 |
| 10.3.5 EDT EDIT-Befehl | 269 |
| 10.3.6 MMON MMOF Speicheranwahl Speicherabwahl..... | 272 |
| 10.3.7 NCON NCOF CNC-Anwahl CNC-Abwahl..... | 274 |
| 10.3.8 SEL Anwahl | 276 |
| 10.3.9 SEL: nn..... | 277 |
| 11 Programmoptimierung | 281 |
| 11.1 Tips zur rationellen Programmerstellung..... | 281 |
| 11.1.1 Unterprogramme..... | 281 |
| 11.1.2 Modal wirksame Anweisungen | 281 |
| 11.1.3 Wertzuweisung an NC-Adressen über Parameter | 281 |
| 11.1.4 Eilgang über F-Wort..... | 282 |
| 11.2 Tips zur Programmabarbeitung | 282 |
| 11.2.1 Look Ahead | 282 |
| 11.2.2 Programmierbare Beschleunigung bei Look Ahead..... | 283 |
| 11.2.3 Aktivierung spezieller Funktionen über Unterprogramm | 283 |

| | |
|---|------------|
| 11.3 Tips zur Fehlervermeidung..... | 284 |
| 11.3.1 Schutz von Unterprogrammen gegen Aufruf als Hauptprogramm | 284 |
| 11.3.2 Funktionen werden am Programmende nicht automatisch zurückgesetzt..... | 284 |
| 11.3.3 Kreisinterpolation | 284 |
| 11.3.4 Vermeidung von Dummysätzen bei Unterprogrammaufrufen | 285 |
| 11.3.5 Vermeidung von Dummysätzen am Unterprogrammende..... | 285 |
| 11.3.6 Vermeidung von Dummysätzen bei Bahnkorrektur..... | 286 |
| 11.3.7 Kollisionsfreies Anfahren | 288 |
| 11.3.8 Konturgenauigkeit (G86)..... | 288 |
| Anlage 1 Tabelle der G-Funktionen..... | 289 |
| Anlage 2 Tabelle der M-Funktionen..... | 293 |

1 Grundlagen

1.1 Allgemein

In der Ihnen vorliegenden PA 8000.-Programmieranleitung finden Sie ausführliche Informationen zur Programmierung des gesamten Funktionsumfangs der PA 8000.

Hinweise:

- Die Ihnen vorliegende Anleitung ist ausgelegt für den maximalen Funktionsumfang der PA 8000.
- An Ihrer PA 8000 stehen Ihnen selbstverständlich nur die Funktionen zur Verfügung, mit denen **Ihre PA 8000 - Version** ausgestattet ist.
- Außerdem können verschiedene im Werk voreingestellte Daten (Applikationsdaten) vom Maschinenhersteller verändert worden sein und daher von diesem Handbuch abweichende Werte besitzen. Näheres zu solchen vom Maschinenhersteller eingestellten Werten und zum Zusammenspiel der PA 8000 mit Ihrer speziellen Werkzeugmaschine entnehmen Sie bitte der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers.

1.2 Hinweise zur Terminologie

Im folgenden werden einige wichtige Begriffe erklärt, deren Kenntnis für das Verständnis der Dokumentation zur PA 8000 vorausgesetzt wird. Um effizient mit dieser Programmieranleitung arbeiten zu können empfiehlt es sich, die nachfolgenden Begriffserklärungen unbedingt durchzulesen.

1.2.1 Grundstellung

Als Grundstellung wird der Zustand der PA 8000 bezeichnet, der vorliegt:

- nach dem Einschalten
- nach Abarbeitung der Anweisung M30 oder M02 in einem Hauptprogramm
- nach Betätigen von:

Alt M AUTOMatik → F3 PROGRAMMPROZESS2 → F6
GRUNDSTELLUNG

ODER

CTRL-C auf der Tastatur des Tastaturmoduls (d.h. CTRL-Taste gedrückt halten und zusätzlich die C-Taste drücken)

ODER

CTRL-RESET auf dem Bedienmodul der **PA 8000** rechts neben dem Bildschirm (d.h. CTRL-Taste gedrückt halten und zusätzlich die **RESET**-Taste drücken)

In der Grundstellung der PA 8000 sind die voreingestellten G-Anweisungen aktiv. Welche G-Anweisungen dies sind, kann vom Werkzeugmaschinenhersteller festgelegt werden. Näheres hierzu entnehmen Sie daher bitte der Dokumentation Ihres Maschinenherstellers.

Wird die Grundstellung wie oben beschrieben aufgerufen, werden die Programmabarbeitung sowie die Achsverfahrenbewegungen abgebrochen.

1.2.2 Dummy-Satz

Unter einem Dummy-Satz ist ein NC-Satz zu verstehen, der keine Verfahrinformationen in der aktiven Ebene enthält.

Dummy-Sätze sind aus technischen Gründen an manchen Programmstellen erforderlich. Es ist z.B. nicht zulässig, zwei G74-Sätze direkt aufeinander folgen zu lassen; sie müssen durch einen Dummy - Satz getrennt werden. Es empfiehlt sich, als Dummy-Sätze G04-Sätze ohne Verweilzeit zu programmieren.

Beispiel:

...
N20 G74 Z1 Referenzpunkt anfahren Z-Achse
N30 G4 Dummy-Satz
N40 G74 X1 Y1 Referenzpunkt anfahren X-Achse und Y-Achse
...

1.2.3 Hinweise auf Fehlermeldungen

Ihre PA 8000 - Programmieranleitung enthält auch Hinweise auf von der PA 8000 ausgegebene Fehlermeldungen. In diesen Hinweisen werden die Fehlermeldungen durch eine Nummer identifiziert. So wird beispielsweise darauf hingewiesen, daß bei fehlendem M02 bzw. M30 am Programmende die Fehlermeldung 32 erscheint.

Der tatsächlich Fehlertext zur Meldung wird in der Statuszeile der PA 8000-Bedienoberfläche angezeigt.

1.3 Haftungsausschluss

Die in diesem Handbuch enthaltenen Angaben wurden sorgfältig überprüft und als zutreffend erachtet. PA übernimmt jedoch keine Verantwortung für irgendwelche Ungenauigkeiten in diesem Handbuch. Auf keinen Fall kann PA für direkte, indirekte, spezielle, exemplarische, zufällige oder Folgeschäden verantwortlich gemacht werden, die aus in diesem Handbuch gemachten Auslassungen oder Fehlern resultieren. Im Interesse einer weiteren Produktentwicklung behält sich PA das Recht vor, dieses Handbuch und die darin beschriebenen Produkte ohne vorherige Benachrichtigung oder Verpflichtung zu verändern.

Bitte teilen Sie uns Korrektur- und Änderungsvorschläge sowie Kritiken oder Fragen per e-mail an folgende Adresse mit:



Power Automation AG
Gottlieb - Daimler - Strasse 17
D-74385 Pleidelsheim
e-mail Adresse: info@powerautomation.com

2 Funktion und Aufbau von NC - Programmen

2.1 Programmaufbau

Ein NC-Programm (Teileprogramm) stellt eine Folge von Bearbeitungsschritten dar und gliedert sich in Programmsätze. Es beinhaltet die Informationen, die die Werkzeugmaschine zur Durchführung der gewünschten Bearbeitung benötigt.

2.2 Programmnummern

Die Programmnummer besteht standardmäßig aus einer maximal 6-stelligen Zahl. Ein Unterschied zwischen einem Haupt- und einem Unterprogramm besteht nicht.

Optional kann die Stellenzahl auf 16 Stellen vergrößert werden. Dazu sind die folgenden Einstellungen vorzunehmen:

Setzen der Maschinenparameter :

- CharacterApplTab[P].metricDigits
- CharacterApplTab[P].inchDigits
- CharacterApplTab[Q].metricDigits
- CharacterApplTab[Q].inchDigits

auf die gewünschte Stellenzahl.

Für die Anzeige der Programmnummern auf dem MMI ist die Dateimaske folgendermaßen zu ändern:

- SETUP, F3 MMI Einstellungen, F4 Daten Typen Filenamen die Größe der Programmnummer ändern in ??????????????????

2.3 Programmsätze

Die einzelnen Zeilen eines NC-Programms werden als Programmsätze bezeichnet. Ein Programmsatz ist in der Regel als kleinster Arbeitsschritt bei der Werkstückbearbeitung zu verstehen.

Er besteht aus mindestens einer Satznummer und wird mit einem Satzendezeichen abgeschlossen. Die maximale Länge eines Programmsatzes beträgt 128 Zeichen (einschließlich Satzendezeichen und Checksum (s.u.)). Als Satzendezeichen wird in der PA 8000 intern das Zeichen Linefeed (0AH) verwendet.

Am Anfang eines NC-Satzes steht eine Satznummer. Diese besteht aus dem Adreßbuchstaben N und maximal vier Ziffern. Führende Nullen können weggelassen werden.

Zum Editieren eines Programmes ist generell eine Durchnumerierung der NC-Sätze mit aufsteigenden Satznummern notwendig. Anhand der Satznummern kann so leicht festgestellt werden, ob ein gesuchter NC-Satz im Programm vor oder nach einem gerade angezeigten Satz zu finden ist.

Um später ohne größeren Aufwand Programmsätze einfügen zu können, empfiehlt es sich außerdem, die Satznummern in Zehnersprüngen zu programmieren.

Beispiel:

```
N10 G90  
N20 G1 X50 Y20 F3000 M5 S1000  
N30 X15  
N40 Y-20 M3  
N50 G4 F1000  
N60 M30
```


Bei der Programmeingabe in die PA 8000 muß jedem NC-Satz eine Satznummer vorangestellt werden. Sätze ohne Satznummer werden zurückgewiesen. In die PA 8000 eingegebene NC-Sätze werden automatisch nach Satznummern sortiert, d.h., der NC-Satz mit der niedrigsten Satznummer erscheint am Anfang des Programmes, der mit der höchsten am Ende.

Abgearbeitet werden die Programmsätze in der Reihenfolge, in der sie abgespeichert wurden. Bei NC- Programmen, die direkt in die PA 8000 eingegeben wurden, entspricht diese Reihenfolge der Abarbeitung nach aufsteigender Satznummer, bei extern erstellten und in die PA 8000 eingelesenen Programmen muß letzteres jedoch nicht unbedingt der Fall sein, da beim Einlesen von Programmen nicht überprüft wird, ob die Satznumerierung aufsteigend ist.

NC-Sätze ohne Satznummern können weder eingegeben noch eingelesen werden.

2.4 Programmwort

Die Einzelinformationen eines Programmsatzes werden Programmwörter genannt. Ein **Programmwort** beinhaltet programmtechnische, geometrische oder technologische Informationen und besteht aus einem Adreßbuchstaben und einer Ziffernfolge mit oder ohne Vorzeichen (Adreßschreibweise nach DIN 66025 Teil 1).

Die Reihenfolge der Programmwörter in einem Satz ist bis auf die Satznummer, die immer am Satzanfang stehen muß, beliebig.

Der **Adreßbuchstabe** bezeichnet die Art des Programmwortes. Jeder Adreßbuchstabe darf in einem NC-Satz nur einmal programmiert werden. Wird bei der Programmeingabe in die PA 8000 der gleiche Adreßbuchstabe in einem Satz mehrfach programmiert, wird der Programmsatz zurückgewiesen; es erscheint die Fehlermeldung 5. Tritt in einem extern erstellten und in die PA 8000 eingelesenen Programm in einem Satz der gleiche Adreßbuchstabe mehrfach auf, wird der zuletzt eingelesene wirksam.

Die **Ziffernfolge** eines Wortes ist eine ganze Zahl oder eine Zahl, die aus einem ganzzahligen Anteil und einem Dezimalbruch, der auch gleich Null sein kann, besteht. Das Dezimaltrennzeichen ist ein Punkt. Kommata sind als Dezimaltrennzeichen nicht zulässig. Vorzeichen werden zwischen Adreßbuchstabe und Ziffernfolge programmiert. Positive Vorzeichen, führende Nullen und nicht signifikante Nullen nach dem Dezimalpunkt brauchen nicht programmiert zu werden. Folgen dem Dezimalpunkt keine signifikanten Ziffern mehr, so kann auch der Dezimalpunkt selbst weggelassen werden.

Beispiele:

| | | |
|---------|--------|------------|
| G1 | statt: | G01 |
| M1 | statt | M01 |
| X1234.5 | statt | X+1234.500 |
| Y12 | statt | Y+12.00 |
| Z-25.4 | statt | Z-0025.4 |

In der Anzeige wird der Dezimalpunkt automatisch gesetzt.

Grundsätzlich kann es sich bei Programmwörtern um Anweisungen oder Zusatzbedingungen handeln.

Durch Anweisungen (z.B. G- oder M-Anweisungen) wird in der Werkzeugmaschine oder der Steuerung ein Vorgang vorbereitet oder ausgelöst. Durch Zusatzbedingungen werden Anweisungen genauer beschrieben, z.B. durch die Angabe der Zielpunktkoordinaten bei einer Verfahrenweisung.

Zu unterscheiden sind modal wirksame, d.h. selbsthaltende, und satzweise wirksame Programmwörter. Im Gegensatz zu den satzweise wirksamen Programmwörtern gelten modal wirksame in allen nachfolgenden Programmsätzen, und zwar so lange, bis sie durch eine gegenteilige Anweisung oder Zusatzbedingung aufgehoben oder überschrieben werden. Modale Anweisungen sind also nur zu programmieren, wenn sie sich ändern oder zusätzlich benötigt werden. Nur satzweise wirksame Anweisungen dagegen sind in jedem Satz zu programmieren, in dem sie benötigt werden.

Anweisungen werden in Anweisungsgruppen aufgeteilt. In einer Gruppe sind dabei jeweils all diejenigen Anweisungen zusammengefaßt, von denen stets nur eine wirksam sein kann.

Hinweis:

- Kleinbuchstaben sowie deutsche Umlaute dürfen nur innerhalb eines Kommentars vorkommen; Sonderzeichen (Tabulatoren oder ähnliches) sind grundsätzlich nicht erlaubt. Alle Programmwörter dürfen **nur** Großbuchstaben enthalten!

2.5 Kommentare in NC-Programmen

NC-Sätze für die PA 8000 können Kommentare enthalten. Diese können an einer beliebigen Stelle im NC-Satz stehen. Sie haben keine Auswirkungen bei der Abarbeitung des NC-Satzes. Der Kommentartext wird in runde Klammern eingeschlossen.

Beispiel:

...
N20 G1 X0 Y0 Z0 (Nullpunkt anfahren)
...

Ein derart in den NC-Satz eingebetteter Kommentar wird bei der Abarbeitung zwar in der Satzanzeige mit angezeigt, ansonsten jedoch von der PA 8000 vollständig ignoriert.

Es gibt jedoch zwei besondere Kommentarformen, die dazu verwendet werden können, sehr einfach Hinweise für den Bediener in der Statuszeile der PA 8000 auszugeben:

...(MSG,Text)...
...(*MSG,Text)...

Im ersten Fall wird der Text zwischen dem Komma und der schließenden Klammer in Verbindung mit dem Icon (Sinnbild) für Hinweise während der Abarbeitung des NC-Satzes in der Statuszeile der PA 8000 angezeigt und bei der Abarbeitung des nächsten Satzes wieder gelöscht. Im zweiten Fall bleibt der Text in der Statuszeile erhalten, bis er entweder explizit quittiert oder das Hauptprogramm-Ende erreicht wird.

Hinweis:

- In Zyklensätzen sind zusätzlich Kommentare der Form./Text... möglich. Hier werden alle Zeichen nach dem Schrägstrich bis zum Satzende als Kommentar aufgefaßt.

2.6 Satzunterdrückung

Durch Voranstellen eines Schrägstriches (Slash Code) können Sätze als sogenannte „Ausblendsätze“ markiert werden. Wird F10:AUTOMATIK-> F3:Programmablauf 2-> F1:(/) Satz überlesen angewählt, werden die Ausblendsätze bei der Programmabarbeitung von der Steuerung überlesen. Bei nicht angewähltem F1:(/) Satz überlesen werden sie wie gewöhnliche NC-Sätze abgearbeitet. Das "Ausblenden" von Zyklensätzen ist auf diese Weise nicht möglich.

Beispiel:

N10 G0 X0 Y0

/ N20 G1 X2000 Y300 wird nicht ausgeführt, wenn Satz ausgeblendet ist.

N30 G1 X4000

Anwendung:

In einem NC-Programm wird beispielsweise die Bearbeitung einer Teilefamilie beschrieben. Allen Maschinenoperationen die zwar für die Version A, nicht aber für die Version B auszuführen sind, kann ein Schrägstrich (/) vorangestellt werden. Nach Anwahl von F10:AUTOMATIK-> F3:Programmablauf 2-> F1:(/) Satz überlesen werden die durch den Schrägstrich markierten Sätze nicht berücksichtigt.

Hinweis:

Wird F10:AUTOMATIK -> F3:Programmablauf 2-> F1:(/) Satz überlesen erst angewählt, nachdem ein Ausblendsatz bereits vorverarbeitet wurde und sich im dynamischen Satzpuffer befindet, so wird er nicht überlesen, auch wenn dieser Satz bei der tatsächlichen Programmabarbeitung noch nicht erreicht ist.

2.7 Programmwiederholung

Programm Wiederholungen werden durch eine L-Anweisung im letzten Satz zusammen mit den Anweisungen M30 oder M02 programmiert:

Beispiel:

N... L5 M30 Das Programm wird 5 mal wiederholt, also insgesamt 6 mal ausgeführt

Wiederholungsaufrufe im letzten Satz eines Unterprogramms werden ignoriert (siehe Unterprogramme).

Am Ende eines Unterprogrammes bewirken die Anweisungen M02 und M30 einen Rücksprung in das Hauptprogramm, von dem aus das Unterprogramm aufgerufen wurde.

Am Ende eines Hauptprogrammes bewirken die Anweisungen M02 und M30 Grundstellung.

2.8 Unterprogramme

Unterprogrammaufrufe werden durch Eingabe von Q gefolgt von der Programmnummer eines bereits in der PA 8000 vorhandenen NC-Programms programmiert. Der Unterprogrammaufruf bewirkt, daß als nächster NC-Satz der erste Satz des aufgerufenen Unterprogrammes abgearbeitet wird.

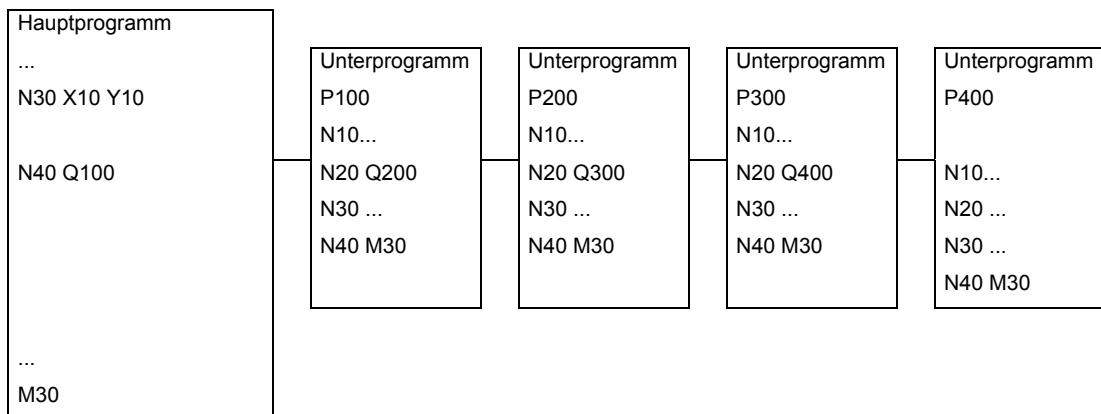
Zu beachten ist hierbei, daß Wiederholungsaufrufe im letzten Satz eines Unterprogramms ignoriert werden. Sie sind im rufenden Programm in der gleichen Zeile, in der Q eingegeben wurde, mit L gefolgt von der Anzahl der Unterprogrammdurchläufe zu programmieren.

Beispiel:

N... Q100 L5 Das Programm mit der Nummer 100 wird als Unterprogramm aufgerufen und insgesamt 6 mal ausgeführt.

Ansonsten besteht kein Unterschied zwischen NC Hauptprogrammen und NC Unterprogrammen.

In Unterprogrammen können weitere Unterprogramme aufgerufen werden. Die Schachtelungstiefe ist hierbei auf 4 begrenzt, d.h., es kann insgesamt in einer Hauptprogrammebene und vier Unterprogrammebenen programmiert werden.



Hinweise:

- In einem Satz mit einem Unterprogrammaufruf darf keine M30- bzw. M02-Anweisung stehen, da in solchen Sätzen Unterprogrammaufrufe ignoriert werden.
- Unterprogramme dürfen nicht mit einem Zyklensatz beginnen!

2.9 Extern erzeugte NC-Programme

2.9.1 Formatvorgaben

NC-Programme, die extern erzeugt werden und in der PA 8000 bearbeitet werden sollen müssen die folgenden Formatvorgaben erfüllen.

- Die erste Programmzeile muß den ASCII-Code für einen Zeilenvorschub (Linefeed <lf>) enthalten. Sonderzeichen und Leerzeichen (Blanks) sind in der ersten Programmzeile nicht zulässig.
- Die zweite Programmzeile muß mit einem Prozentzeichen gefolgt von dem ASCII-Code für einen Zeilenvorschub beginnen. Sonder- oder Leerzeichen sind nicht zulässig.
- Die dritte Programmzeile muß mit der Programmnummer bestehend aus dem Adreßbuchstaben P und einer maximal 6-stelligen (16 Stellen optional) Zahl beginnen und mit dem ASCII-Code für einen Zeilenvorschub enden. In ihr kann zusätzlich in Klammern eine Stationskennung (z.B. PST 01, 5. Beispiel unten) enthalten sein.
- Die folgenden Programmzeilen müssen mit einer Satznummer bestehend aus dem Adreßbuchstaben N und maximal 6 Ziffern beginnen und jeweils mit dem ASCII-Zeichen für einen Zeilenvorschub enden. Leerzeichen (Blanks) sind in NC-Sätzen zulässig; sie werden jedoch beim Einlesen gelöscht, wenn sie nicht in Kommentaren oder Zyklensätzen stehen.
- Der letzte Programmsatz muß mit einer Satznummer beginnen, die Anweisung M02 oder M30 enthalten und mit dem ASCII-Code für einen Zeilenvorschub enden.

Hinweise:

- In allen Programmzeilen kann anstelle des Zeilenvorschubs (<lf>) auch die Kombination aus Zeilenvorschub und Carriage Return (<cr> <lf>) verwendet werden. Weiterhin kann auch die Kombination <lf> <cr> als zulässiges Satzendezeichen voreingestellt sein.
- Als Satzendezeichen wird intern in der PA 8000 grundsätzlich nur das Zeichen Zeilenvorschub (<lf>) verwendet. Eventuell zusätzlich vorhandene Carriage Return-Zeichen (<cr>) werden beim Einlesen von externen Datenträgern ignoriert. Bei der Ausgabe auf externe Datenträger werden jedoch (je nach Voreinstellung) <lf>, <cr> <lf> oder <lf> <cr> als Satzendezeichen erzeugt.
- Die maximale Satzlänge beträgt 128 Zeichen einschließlich Checksum (3 Zeichen) und dem (intern ausschließlich verwendeten) Satzendezeichen <lf>. Daher sind i. a. nur 124 Zeichen in jedem Satz nutzbar.

Folgende NC-Satzanfänge sind möglich:

| | |
|-------|---|
| N... | normaler NC-Satz |
| /N... | Ausblendsatz (siehe Satzunterdrückung) |
| *N... | Zyklensatz (siehe Allgemeine Zyklusprogrammierung) |

Hinweis:

- Ein nicht zulässiger NC-Satzanfang wäre z.B.:
/*N...

Das zu erfüllende Format kann schematisch wie folgt dargestellt werden:

```
<lf> (<cr>)  
% <lf> (<cr>)  
P..... (PST01) <lf> (<cr>)  
N....<lf> (<cr>)  
N....<lf> (<cr>)  
...  
N....M02/M30 <lf> (<cr>)
```

Symbolik:

| | |
|--------|--|
| <lf> | ASCII-Code für Zeilenvorschub (Linefeed) |
| <cr> | ASCII-Code für Carriage Return |
| P..... | max. 6 (16 optional)) stellige Programmnummer |
| N.... | max. 6stellige Satznummer |
| PST01 | Stationskennung |

2.9.2 Checksum

Zum Erkennen von Datenverlusten bei der Programmübertragung und -speicherung können NC-Programme für die PA 8000 mit Prüfsummen versehen sein.

Die Checksums („Prüfsummen“) dienen der Überprüfung von NC-Programmen auf Datenverluste bei der Programmübertragung und -speicherung. Es ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen den Satz-Checksums und der Programm-Checksum.

2.9.2.1 Satz-Checksums

Von allen Zeichen eines NC-Satzes außer den beiden Zeichen der Checksum selbst, jedoch einschließlich des Zeichens @ und einschließlich des <lf> werden hexadezimale ASCII-Codes gebildet. Diese werden addiert. Die letzten beiden Stellen der Summe werden als Satz-Checksum unmittelbar vor dem <lf> eines jeden Satzes abgelegt. Bei der Bildung der Summe werden in DIN-NC-Sätzen Leerzeichen (Blanks) nur mitgerechnet, wenn sie innerhalb eines Kommentartextes oder in Zyklensätzen vorkommen.

Beispiel:

N10X10@DD<lf>

2.9.2.2 Programm-Checksum

Die Programm-Checksum wird wie folgt ermittelt:

Die hexadezimalen ASCII-Codes aller Zeichen des Programmes einschließlich der <lf> der @ und der Zeichen der Satz-Checksums werden addiert. Die Dummy-Programm-Checksum am Anfang des Programmes (@00) wird nicht berücksichtigt. Die letzten beiden Stellen der Summe werden am Programmende als Programm-Checksum abgelegt.

Beispiel:

N10 . . .
N20 . . .
. . .
N120 M30@2C<lf>@A9

2.9.2.3 Hinweise

Grundsätzlich können NC-Programme mit und ohne Checksums eingelesen werden. Beim Einlesen von NC-Programmen ohne Checksum wird für die Speicherung in der Steuerung eine Checksum gebildet.

Nach einer Programmänderung in der Betriebsart "DATA" wird die Programm-Checksum überprüft und im Fehlerfall auch die Satz-Checksums. Im Fehlerfalle ist das Verlassen der Satzanzeige erst wieder möglich, nachdem der fehlerhafte Satz geändert oder gelöscht wurde.

Nach der Änderung eines fehlerhaften Satzes wird die Checksum für diesen Satz neu berechnet. Sind die Satz-Checksums der restlichen Sätze in Ordnung, kann die Satzanzeige wieder verlassen werden; die Programm-Checksum wird neu berechnet.

Bei der Abarbeitung eines Programms wird die Checksum jedes einzelnen NC-Satzes überprüft.

Beispiel:

```
@00    N10 X1.25 Y2 F5000 @03 <lf>
        N20 X0 Y0 @61 <lf>
        N30 M30 @AB <lf>
```

(Die Leerzeichen wurden in diesem Beispiel der Übersichtlichkeit halber eingefügt, sie werden nicht im Programm abgelegt und bleiben bei der Ermittlung der Checksums unberücksichtigt).

Bei der Erstellung eines NC-Programms wird die Programm-Checksum zunächst am Anfang des Programmes als Dummy (@00) eingetragen. Nach Fertigstellung des Programmes wird sie ausgerechnet und am Ende des Programmes abgelegt. Die ASCII-Zeichen der Programm-Checksum selbst werden bei der Berechnung der Satz- und Programm-Checksum nicht berücksichtigt.

Das Programmformat umfaßt in diesem Fall zusätzlich:

- die Zeichenkombination **@00** zu Beginn des ersten Satzes,
- das Zeichen **@** in Verbindung mit einer zweistelligen ASCII-codierten Satz-Checksum vor dem **<lf>**-Zeichen jedes Satzes
- das Zeichen **@** in Verbindung mit einer zweistelligen ASCII-codierten Programmchecksum am Programmende.
- Somit ergibt sich bei Programmen mit Checksum das folgende Einlese-Format:

```
<lf> (<cr>)
% <lf> (<cr>)
P..... (PST01) <lf> (<cr>)
@00N..... @ss <lf> (<cr>)
N..... @ss <lf> (<cr>)
...
N.... M02/M30 @ss <lf> (<cr>)
@pp
```

Symbolik:

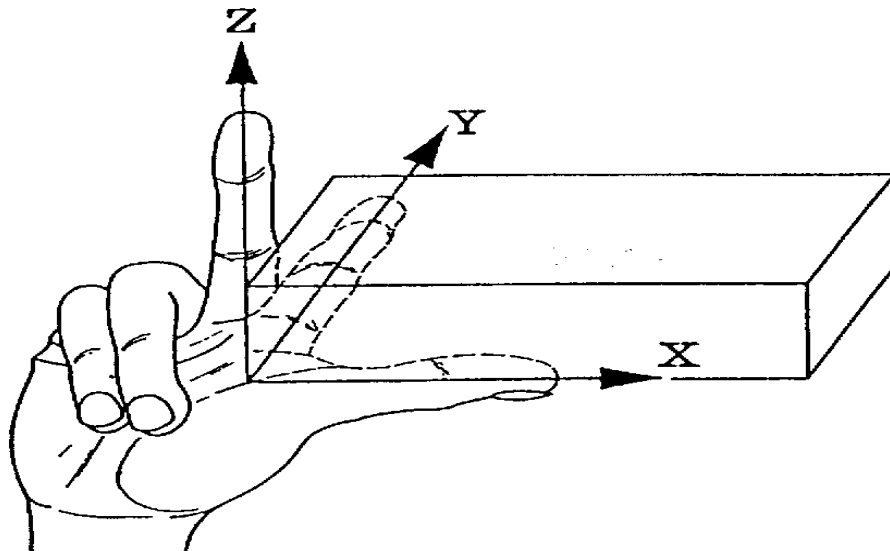
| | |
|----|------------------|
| ss | Satzchecksum |
| pp | Programmchecksum |

3 Geometrische Grundlagen

3.1 Koordinatensysteme

3.1.1 Allgemein

Grundsätzlich ist zwischen **Vorschubachsen (Linearachsen)** und **Drehachsen (Rundachsen)** zu unterscheiden. Ihre Anordnung und Richtung sind in DIN 66217 genormt. Es gibt drei Grundvorschubachsen. Diese werden mit X, Y und Z bezeichnet. Ihre Lage zueinander kann mit Hilfe der Rechten-Hand-Regel ermittelt werden;



Bestimmung der Lage der drei Grundvorschubachsen mit Hilfe der Rechten-Hand-Regel

Die **Z-Achse** fällt bei Werkzeugmaschinen nach DIN 66217 mit der Achse der Arbeitsspindel zusammen bzw. verläuft parallel zu ihr.

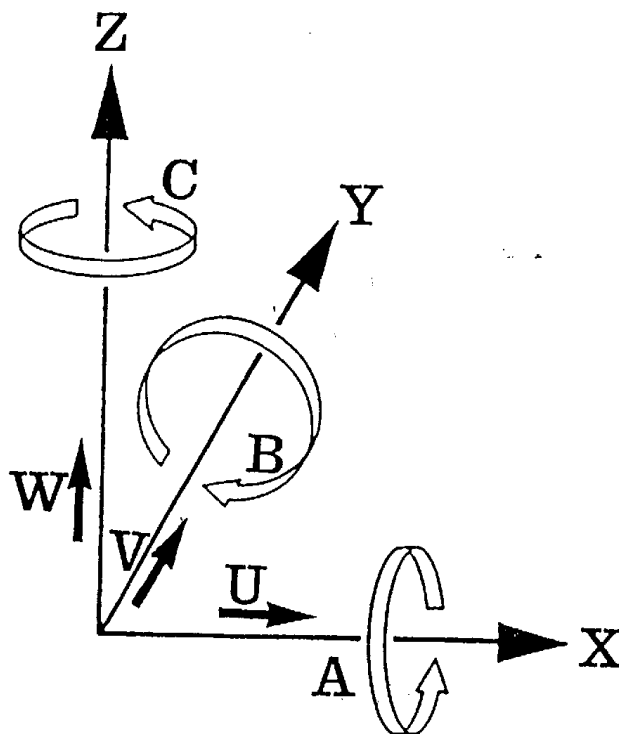
Als **X-Achse** wird die Hauptachse in der Positionierebene bezeichnet. Sie verläuft parallel zur Hauptbearbeitungsrichtung, vorzugsweise horizontal.

3.1.2 Achsbezeichnungen

Die Lage der Y-Achse ergibt sich durch die Lage der Z- und X-Achse aus dem dreiachsigen Koordinatensystem.

Vorschubachsen, die zusätzlich zu den Grundvorschubachsen X, Y und Z vorhanden sind, werden in der Regel mit den Buchstaben U, V und W bezeichnet. Ihre Lage und Richtung sind dem nachfolgenden Schema zu entnehmen.

Die Drehachsen werden mit den Buchstaben A, B und C bezeichnet. Die A-Achse ist dabei die Drehachse um die Vorschubachse X, die B-Achse die Drehachse um die Vorschubachse Y und die C-Achse die Drehachse um die Vorschubachse Z.

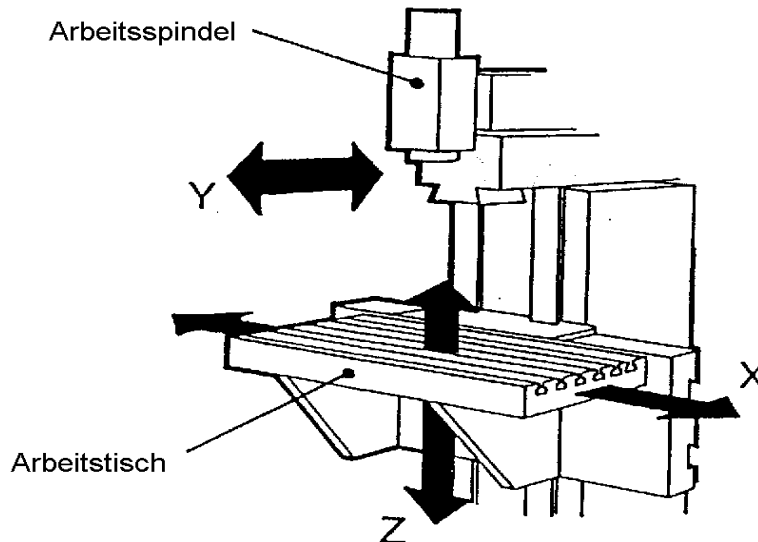


Alle Ebenen sind in negativer Richtung der darauf senkrecht stehenden Achse zu betrachten (z.B. bei der Ermittlung der Drehrichtung bei den Anweisungen G02 und G03).

Die Rotationsrichtung der Drehachsen verläuft gegen den Uhrzeigersinn (mathematisch positiv), wenn man in die negative Richtung der Achse schaut, um die gedreht wird.

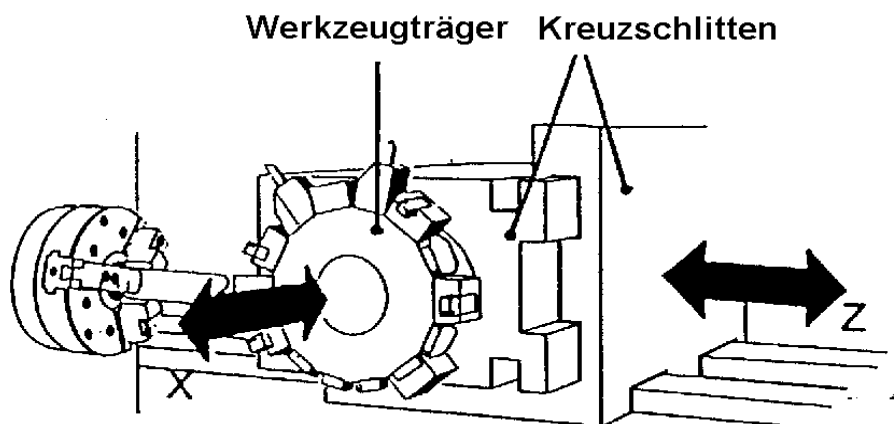
3.1.3 Maschinenkoordinatensysteme

Bei vertikaler Z-Achse verläuft bei Einständermaschinen die positive X-Achse nach rechts (Blickrichtung: von der Hauptspindel zum Ständer).



Bei vertikaler Z-Achse verläuft bei Zweiständermaschinen die positive X-Achse nach rechts (Blickrichtung: von der Hauptspindel zum linken Ständer)

Bei horizontal liegender Z-Achse verläuft die positive X-Achse nach rechts (Blickrichtung: von der Hauptspindel zum Werkstück).



3.1.4 Gantryachsen

In der PA 8000 können eine oder mehrere Achsen als Gantryachsen voreingestellt sein. Eine Gantryachse wird immer synchron zu einer anderen Achse (Führungsachse) verfahren. Dies ist z.B. notwendig bei Portalmaschinen, bei denen das Portal mittels zweier Linearachsen ohne Verkantung verfahren werden muß.

Eine Gantryachse kann nicht eigenständig programmiert werden, obwohl sie auf der Bedieneroberfläche der PA 8000 angezeigt werden kann; ihre Verfahrbewegungen ergeben sich aus den Verfahrbewegungen der Führungsachse.

3.1.5 Rücksetzbare Rundachse

Rundachsen können zwar im Prinzip „unendlich weit“ verfahren werden, da sich ihre Position nach jeder Umdrehung, d.h. jeweils nach 360° wiederholt. Trotzdem haben auch sie wegen des begrenzten Zahlenbereichs für die Darstellung der Position einen endlichen Verfahrbereich mit Achsgrenzen, die nicht überschritten werden dürfen.

Für viele Anwendungen ist jedoch nur die Position der Rundachsen in einem Bereich von 0 und 360° interessant, so daß Positionen, die sich um ganze Umdrehungen unterscheiden, als gleichwertig betrachtet werden können. Bei Rundachsen, die entsprechend als „rücksetzbare Rundachse“ voreingestellt sind, kann durch Programmierung von G92 (Verschiebung des Programmnullpunkts) ein Rücksetzen der Position in den Bereich von 0 – 360° vorgenommen werden.

Programmierung:

Angenommen, für die A-Achse seien 360 000 Inkremente pro Umdrehung voreingestellt. Nach Programmierung von A730 verfährt die Rundachse auf die Position 730°, d.h. 2 volle Umdrehungen plus 10°. Nach Programmierung von G92 AO wird die Position auf 0 gesetzt, wobei die tatsächliche Winkelstellung jedoch intern gespeichert wird. Bei anschließendem Programmieren von G92 ohne Achsinformation wird die Position auf die tatsächliche Winkelstellung (10) gesetzt. Damit ist die Information über die zwei vollen Umdrehungen verlorengegangen und die Position der Rundachse auf die tatsächliche Winkelstellung (zwischen 0 und 360°) reduziert worden. Bei einer rücksetzbaren Rundachse kann also durch rechtzeitiges Reduzieren der Position eine Verletzung der Achsgrenze vermieden werden. Zusätzlich können Rundungsfehler umgangen werden, die bei langen Verfahrwegen auftreten können und die ihre Ursache in der geringeren Auflösung der Positionsdarstellung zu den Rändern des Verfahrbereichs hin haben.

Hinweis:

- Bei „Restweg löschen“ wird keine automatische Reduzierung auf den Bereich 0 – 360° vorgenommen.

Inbetriebnahme:

Die Funktion “Rücksetzbare Rundachse” ist eine Option und nicht in allen Systemen vorhanden. Sie muß von Ihrem Maschinenhersteller aktiviert werden.

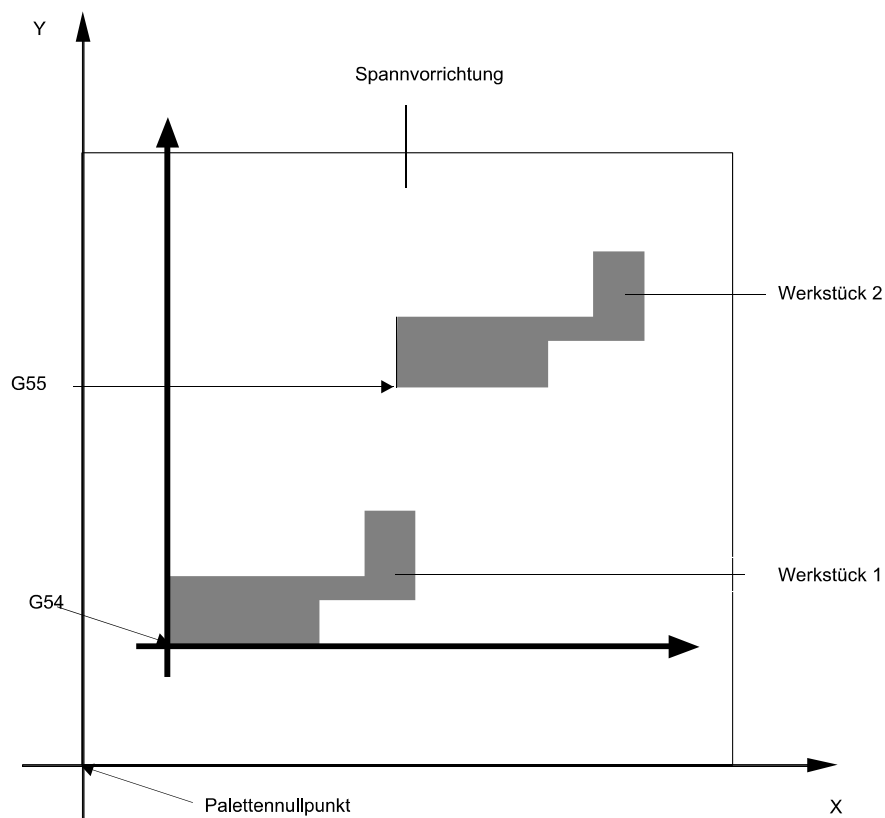
3.2 G53-G59 Nullpunktverschiebungen

Die Anweisungen G54 bis G59 dienen zum Setzen von Nullpunktverschiebungen. Mit der Anweisung G53 werden Nullpunktverschiebungen gelöscht.

3.2.1 Syntax

| | |
|------------------|------------------------------------|
| G53 | Nullpunktverschiebungen löschen |
| G54/55/.../59... | Nullpunktverschiebungen aktivieren |

3.2.2 Anwendungsbeispiel



Erklärung zur Abbildung:

In der Spannvorrichtung in obiger Abbildung sind zwei identische Werkstücke eingespannt, die die gleiche Fertigkontur erhalten sollen. Um für die beiden Werkstücke nicht zwei Programmteile mit unterschiedlichen Koordinaten programmieren zu müssen, werden im NC-Programm Nullpunktverschiebungen vorgenommen.

Auf die linke untere Ecke des Werkstückes 1 wird der Nullpunkt G54 gelegt. Auf die linke untere Ecke des Werkstückes 2 wird der Nullpunkt G55 gelegt. Die Koordinaten des Werkstückes 1 verhalten sich nun zum Nullpunkt G54 wie die Koordinaten des Werkstückes 2 zum Nullpunkt G55. Auf diese Weise können die Verfahrenweisungen für das erste Werkstück dann auch für das zweite Werkstück verwendet werden.

Lage bzw. Wahl der Nullpunkte:

Der Programmierer trägt die Lage der Werkstücknullpunkte, von denen er bei der Erstellung des NC-Programmes ausging, in das Einrichteblatt ein. Die Lage des „Paletten-Nullpunktes“ in Relation zum Nullpunkt G53 wird der Steuerung beim Einrichten der Maschine mitgeteilt.

Die Lage der vom Programmierer gesetzten Nullpunkte (G54 bis max. G59) zum „Paletten-Nullpunkt“ wird in die PA 8000 eingelesen oder eingegeben (siehe Bedienungsanleitung). Im Beispiel oben ist es sinnvoll, den Paletten-Nullpunkt auf die linke untere Ecke der Palette zu legen.

Dies hat den folgenden Vorteil:

Nachdem die beiden Werkstücke auf die Palette aufgespannt wurden, kann die Lage der Werkstücknullpunkte (hier: G54, G55) in Relation zum „Paletten-Nullpunkt“ ermittelt werden. Beim Einrichten der Maschine braucht dann lediglich noch die Lage des Paletten-Nullpunktes in Relation zum Maschinennullpunkt ermittelt und der Steuerung mitgeteilt zu werden. Dies erfolgt in der Betriebsart „DATA“. Dort kann beim Einrichten der Werkzeugmaschine für die Nullpunktverschiebungen G54 bis G59 je Achse ein Verschiebewert bezüglich des „Paletten-Nullpunktes“ eingegeben werden.

Werden die Werkstücke auf einer Palette in der gleichen Aufspannung auf mehreren Werkzeugmaschinen bearbeitet, so bleibt die Lage der Werkstücknullpunkte zum „Paletten-Nullpunkt“ jeweils gleich. Dies hat wiederum den Vorteil, daß auch bei der Weiterbearbeitung auf anderen Werkzeugmaschinen jeweils nur noch die Lage des „Paletten-Nullpunktes“ in Relation zum jeweiligen Maschinennullpunkt ermittelt und der Steuerung mitgeteilt zu werden braucht.

3.2.3 Programmierung

In der Grundstellung ist der Nullpunkt G53 aktiv. Durch eine Programmierung von G53 werden Nullpunktverschiebungen (G54-G59) aufgehoben.

Mit den Anweisungen G54 bis G59 können in einem NC-Programm sechs verschiedene Nullpunktverschiebungen programmiert werden.

Wird eine der Anweisungen G54 bis G59 programmiert, wird die entsprechende Nullpunktverschiebung lediglich vorbereitet, d.h. es werden noch keine Achsen verfahren. Die in der Betriebsart „DATA“ beim Einrichten der Werkzeugmaschine eingegebenen Verschiebewerte werden erst dann aktiv, wenn nach der Programmierung einer Nullpunktverschiebung mit G54 bis G59 Koordinaten programmiert werden.

Bei der Kreisprogrammierung muß der Zielpunkt durch Angabe beider Koordinatenwerte programmiert werden, wenn sich eine Nullpunktverschiebung auf beide Achsen auswirken soll. Wird nach einer Nullpunktverschiebung (z.B. G54) im NC-Programm eine weitere Nullpunktverschiebung (z.B. G55) programmiert, beziehen sich die für diese zweite Nullpunktverschiebung G55 eingegebenen Verschiebewerte wieder auf den mit G92 gesetzten Nullpunkt bzw. auf den Nullpunkt G53, und nicht auf die erste Nullpunktverschiebung G54.

Beispiel:

| | |
|-----------------------|---|
| N10 G1 X0 Y0 Z0 F1000 | Anfahren der Startposition, G53 aktiv |
| N20 G54 | Setzen des Werkstücknullpunktes G54 (Im folgenden wird davon ausgegangen, daß für G54 in der Betriebsart „DATA“ die Verschiebewerte X10, Y20, Z15 bezüglich G53 eingegeben wurden.) |
| N30 X10 Y10 | Die Verschiebewerte für die X- und die Y-Achse werden aktiv, d.h. es wird auf die Position X20, Y30 bezüglich G53 bzw. G92 verfahren. |
| N40 Z10 | Der Verschiebewert für die Z-Achse wird aktiv, d.h. sie wird auf die Position Z25 verfahren. |
| N50 G53 | G54 wird deaktiviert, G53 wird wieder aufgerufen, keine Achsverfahrenbewegung |
| N60 M30 | Programmende |

3.2.4 Eingabe von Nullpunktverschiebungen

Den mit G54 bis G59 aufrufbaren Nullpunktverschiebungen können auf drei Arten Werte zugewiesen werden:

manuell:

Hierzu gehen Sie wie folgt vor:

1. Wählen Sie in der Betriebsart „DATA“ F1 Datenauswahl--> F5 Nullpunktverschiebung an.
2. Aktivieren Sie das Feld Nullpunktkorrektur durch Anklicken, sofern es nicht bereits aktiv ist. (Im aktiven Zustand erscheint es invers.)
3. Klicken Sie das OK-Feld an, drücken Sie die OK-Taste oder die Return-Taste.
4. Wählen Sie F5:Verändern an.
5. Klicken Sie die Zeile der Nullpunktverschiebung an, der Sie Werte zuweisen möchten. (Die Zeile erscheint nun im Eingabefenster. Dort können Sie alte Werte mit der Backspace-Taste löschen und neue Werte eingeben.)
6. Klicken Sie das OK-Feld an, drücken Sie die OK-Taste oder die Return-Taste.
7. Ihre Werte für die Nullpunktverschiebung werden dadurch in den Nullpunkt-Korrekturwertspeicher der PA 8000 übernommen und im oberen Fenster auf dem Bildschirm angezeigt.

durch Zuweisung in einem Zyklensatz:

(siehe Allgemeine Zyklenprogrammierung)

durch Einlesen einer Datei, die die benötigten Werte enthält

Dabei muß das folgende Dateiformat eingehalten werden:

<lf>

% <lf>

GTABXX <lf>

Nummer der
Nullpunktverschiebungstabelle

G54X=+00000.000 Y=+00000.000 ...

...

G59X=+00000.000 Y=+00000.000 ...

<ETX>

Hinweise:

- Anstelle von <lf> kann auch <cr><lf> verwendet werden.
- Das Dateieinde-Zeichen (in obiger Darstellung <ETX> = 03H) ist voreinstellbar
- XX ist eine zweistellige Tabellennummer

3.3 G90, G91 Absolutmaß- bzw. Relativmaßprogrammierung

Syntax:

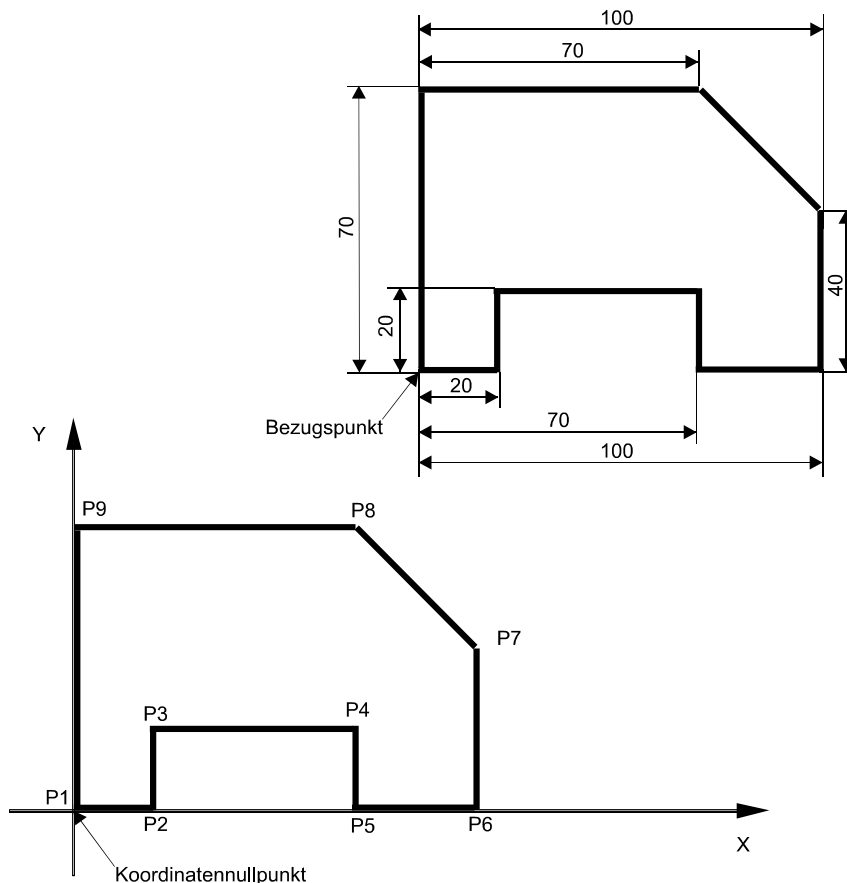
G90.... Absolutmaßprogrammierung

G91.... Relativmaßprogrammierung

Mit den Anweisungen G90 und G91 erfolgt eine Umschaltung zwischen der Absolutmaßprogrammierung (Bezugsmaßeingabe, G90) und der Relativmaßprogrammierung (Kettenmaßeingabe, G91). Wurden seitens Ihres Werkzeugmaschinenherstellers keine Änderungen vorgenommen, ist bei Grundstellung die Anweisung G90 aktiv.

3.3.1 Absolutmaßeingabe

Alle eingegebenen Koordinatenwerte der Achsen beziehen sich auf den Koordinatennullpunkt. Die Werte können mit negativem Vorzeichen eingegeben werden.



Programm:

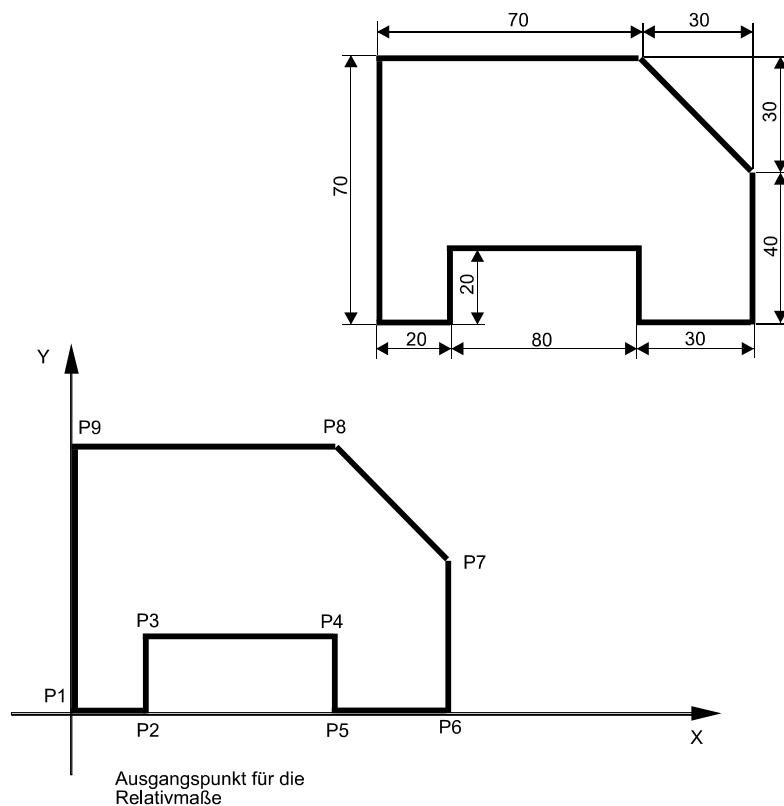
```

N10 G0 X0 Y0 G90
N20 G1 X20 F500
N30 Y20
N40 X70
N50 Y0
N60 X100
N70 Y40
N80 X70 Y70
N90 X0
N100 Y0 M30

```


3.3.2 Relativmaßeingabe

Mit der Anweisung G91 wird die Eingabe der Koordinatenwerte im Relativmaß programmiert. Bei der Relativmaßprogrammierung bezieht sich jede Maßangabe auf die zuvor erreichte Position. Relativmaße sind also Abstandsmaße zwischen benachbarten Punkten, sie geben die Verfahrwege der Achsen an. Das Vorzeichen bestimmt die Verfahrrichtung.



Programm:

```

N10 G0 X0 Y0 G91
N20 G1 X20 F500
N30 Y20
N40 X50
N50 Y-20
N60 X30
N70 Y40
N80 X-30 Y30
N90 X-70
N100 Y-70 M30

```


4 Verfahrenweisungen

4.1 Überwachung der Achsverfahrensgrenzen

Die Grenzwerte für die Achsverfahrensbewegungen können voreingestellt werden. Bei der Aufbereitung der NC-Sätze wird vorausschauend überwacht, daß diese voreingestellten Achsverfahrensgrenzen nicht überschritten werden. Dies gilt für alle Interpolationsarten, bei Echtzeitvorgängen und aktiven Transformationen jedoch nur für die programmierten Endpunkte.

Wird bei der vorausschauenden Überwachung eine Überschreitung der Achsverfahrensgrenzen erkannt, so wird

- die Fehlermeldung 211 ausgegeben
- der NC-Satz angezeigt, der die Überschreitung verursacht
- der Programmablauf vor der Abarbeitung des Satzes, der die Überschreitung verursacht, angehalten.

Der Fehler kann anschließend durch Editieren des NC-Satzes, der die Überschreitung verursacht, korrigiert werden.

Wird dagegen eine Verletzung der Achsverfahrensgrenzen in Echtzeit erkannt, wird in allen Fällen eine Fehlermeldung angezeigt. Die weitere Reaktion ist unterschiedlich, sie wird im folgenden jeweils im Zusammenhang mit der Funktion beschrieben, bei der sie auftreten kann.

Die Funktion „Programmierbare Arbeitsfeldbegrenzung“ ermöglicht es, die Achsverfahrensgrenzen herabzusetzen, das Arbeitsfeld also stärker einzuschränken.

4.2 Linearinterpolation

4.2.1 G00 Linearinterpolation im Eilgang

Syntax:

G0 X... Y... ...

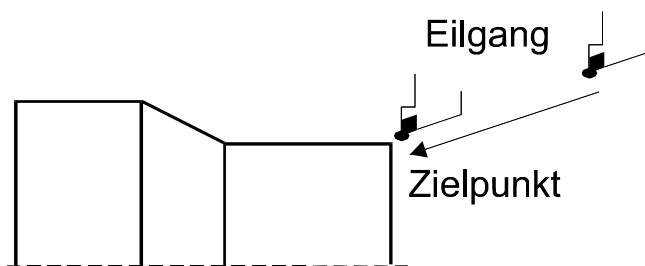
Mit dem modal wirksamen Programmwort G00 wird die Eilanganweisung aufgerufen. Die Eilanganweisung bewirkt, daß das Werkzeug mit maximaler Geschwindigkeit an den Zielpunkt gefahren wird. Der Zielpunkt ist als Zusatzbedingung einzugeben.

Anwendung:

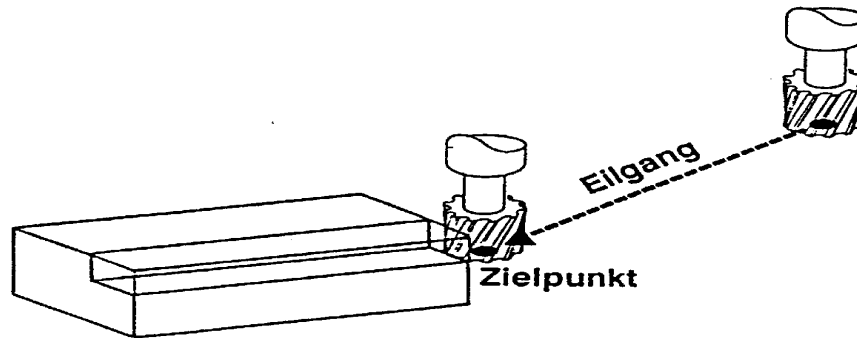
Die Eilanganweisung wird hauptsächlich zum Positionieren von Werkzeugen verwendet. Beim Positionieren befindet sich das Werkzeug nicht im Eingriff.

Sie kann jedoch auch dazu verwendet werden, ein im Eingriff befindliches Werkzeug mit maximaler Geschwindigkeit an den Zielpunkt zu verfahren. Hierzu sollte jedoch aus Sicherheitsgründen die Anweisung „Linearinterpolation im Vorschub“ (G01) mit einem entsprechend hohen Vorschub verwendet werden.

G00 beim Drehen:



G00 beim Fräsen:



Der Verfahrweg des Werkzeuges verläuft bei der Eilanganweisung G00 auf der direkten Verbindungslinie zwischen dem Startpunkt, an dem die Eilanganweisung aufgerufen wird, und dem Zielpunkt, dessen Koordinaten als Zusatzbedingungen angegeben werden. Es wird also nicht grundsätzlich in allen Achsen mit maximaler Geschwindigkeit verfahren.

Beispiel:

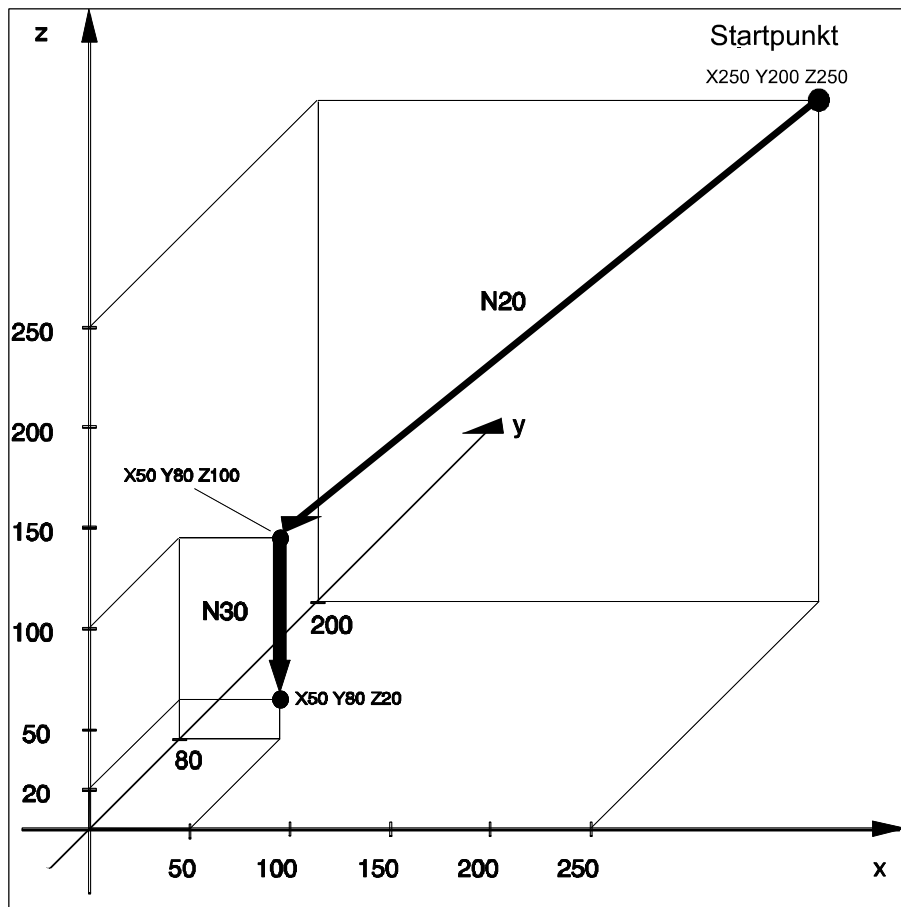
(Startpunkt: X = 250, Y = 200, Z = 250)

N10 G90

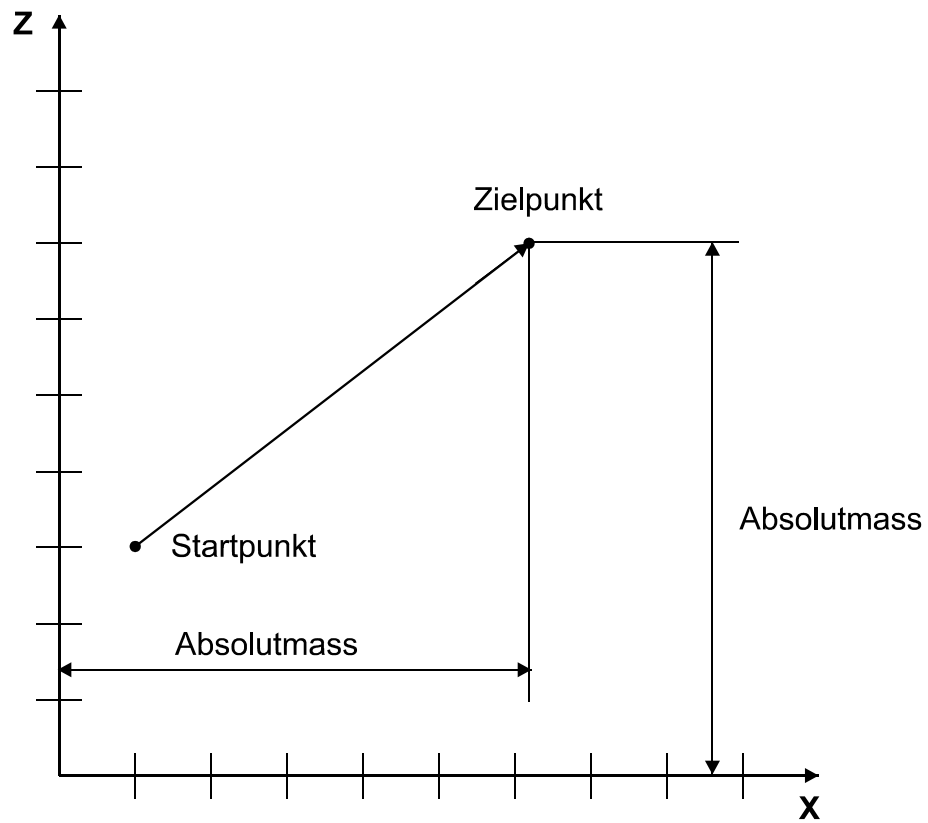
N20 G0 X50 Y80 Z100

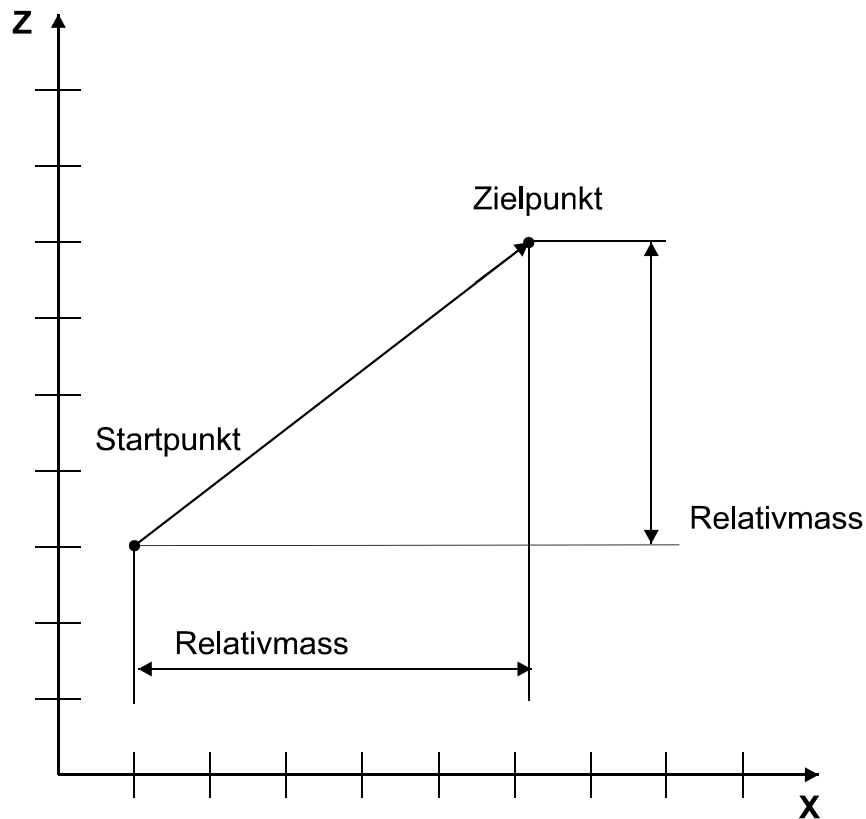
N30 Z20

„Fahre im Eilgang zu Punkt X50 Y80 Z100 und stelle anschließend im Eilgang auf Z20 zu.“



Es ist sowohl eine Absolutmaß- als auch eine Relativmaßeingabe möglich:





4.2.2 G01 Linearinterpolation im Vorschub

Syntax:

G1 X... Y... F... ..

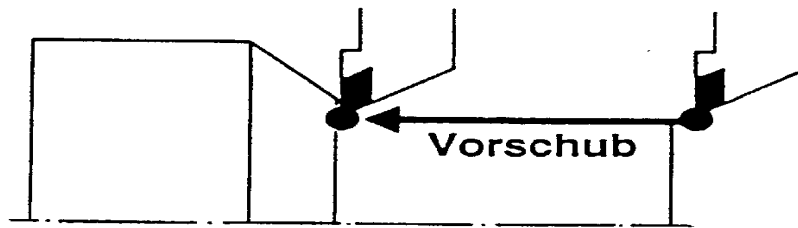
Mit dem Programmwort G01 wird die Anweisung Linearinterpolation (Geradeninterpolation) im Vorschub aufgerufen. Als Zusatzbedingungen sind erforderlich bzw. möglich:

- die Zielpunktkoordinaten
- der Vorschub
- die Drehzahl oder die Schnittgeschwindigkeit

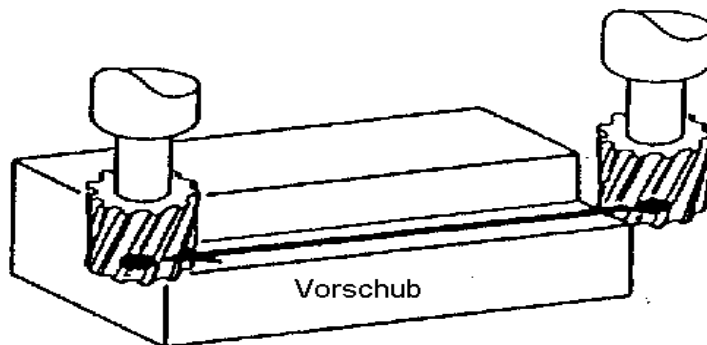
Die Anweisung G01 bewirkt, daß das Werkzeug auf einer Geraden zum angegebenen Zielpunkt verfahren wird, und zwar mit dem als Zusatzbedingung angegebenen oder bereits zuvor programmierten Vorschub. (Vorschub, Drehzahl und Schnittgeschwindigkeit sind jeweils modal wirksam.)

Alle im Satz programmierten Achsen verfahren dabei gleichzeitig. Der Werkzeugverfahrweg kann sowohl eine achsparallele als auch eine nicht achsparallele Gerade sein.

G01 beim Drehen :



G01 beim Fräsen :



Beispiel:

(Startpunkt: X = 50, Y = 60, Z = 40)

N10 G90

N20 G1

X80 Y80 Z20

F40

S100

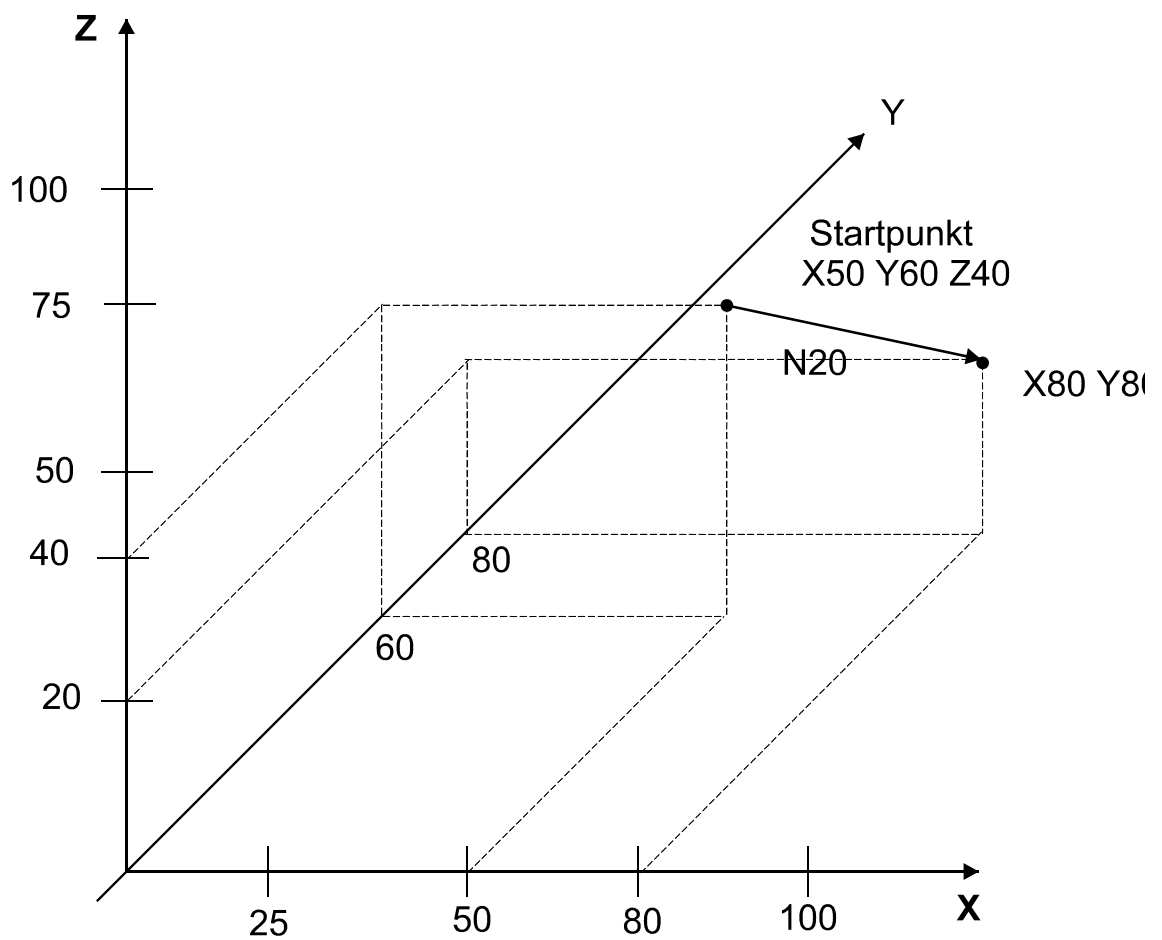
Zielpunkt

Vorschub

Drehzahl

40mm/min

100 U/min



Die Zielpunktkoordinaten können sowohl im Bezugsmaß als auch im Kettenmaß eingegeben werden.

4.3 Zirkularinterpolation

4.3.1 G02 / G03 Kreisinterpolation mit Mittelpunktsgabe

Syntax:

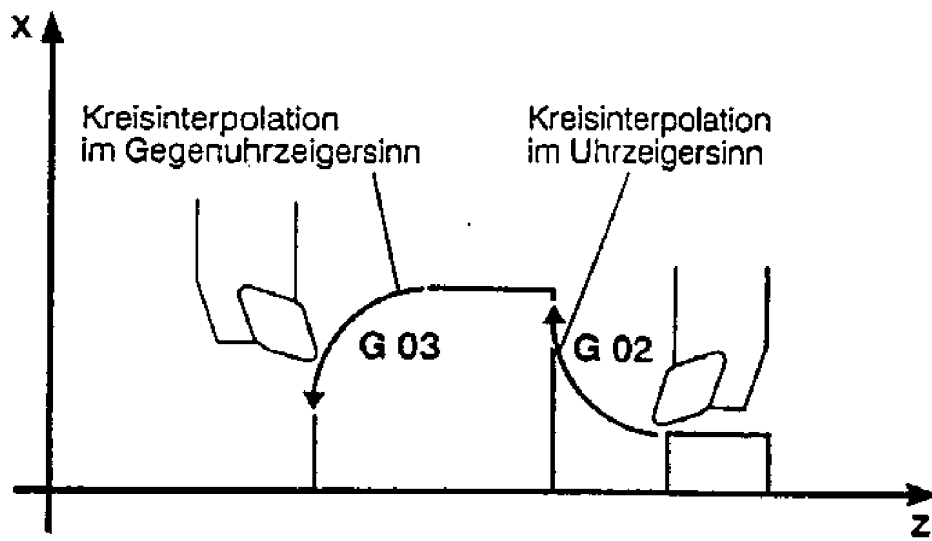
| | |
|---------------------------|-------------|
| G2/G3 X... Y... I... J... | (G17 aktiv) |
| G2/G3 Z... X... K... I... | (G18aktiv) |
| G2/G3 Y... Z... J... K... | (G19 aktiv) |

Mit dem Programmwort G02 wird die Verfahrenweisung Kreisinterpolation mit Mittelpunktsgabe im Uhrzeigersinn aufgerufen, mit dem Programmwort G03 die Verfahrenweisung Kreisinterpolation mit Mittelpunktsgabe im Gegenuhrzeigersinn.

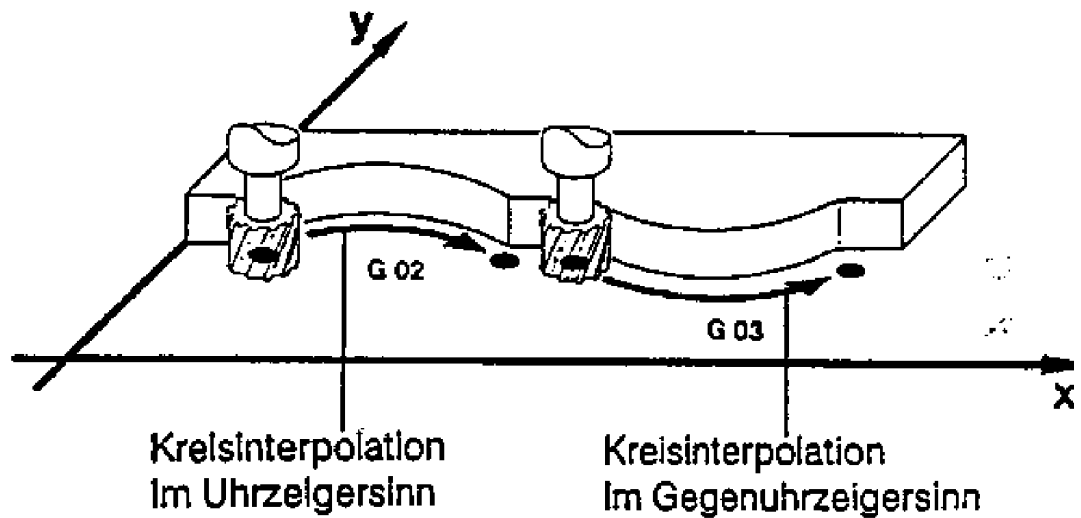
Diese Anweisungen dienen der Programmierung kreisbogenförmiger Werkstückkonturen. Der Kreisbogen muß dabei in der durch G17 bis G20 definierten Ebene liegen.

Die PA 8000 arbeitet mit einem rechtsdrehenden Koordinatensystem; die Angaben im Uhrzeigersinn bzw. im Gegenuhrzeigersinn beziehen sich auf die Relativbewegung des Werkzeuges gegenüber dem Werkstück, wenn man von der auf der Bahnebene senkrecht stehenden Koordinatenachse in negativer Richtung auf die Bahnebene schaut.

Drehsinn bei G02 bzw G03 Drehen :



Drehsinn bei G02 bzw. G03 Fräsen



Die für die Anweisungen G02 und G03 erforderlichen bzw. möglichen Zusatzbedingungen sind:

- die Zielpunktkoordinaten (außer bei der Vollkreisprogrammierung)
- die Koordinaten des Kreismittelpunkts
- der Vorschub
- die Drehzahl oder die Schnittgeschwindigkeit

Ist es geometrisch nicht möglich, aus den in einem G02/G03-Satz programmierten Zusatzbedingungen einen Kreis zu erzeugen, erscheinen die Fehlermeldungen 243 bzw. 203.

Wurde ein Vorschub bzw. eine Drehzahl oder Schnittgeschwindigkeit bereits in einem NC-Satz vor dem Aufruf von G02 bzw. G03 programmiert und sollen die dort programmierten Werte weiterhin gelten, so brauchen sie als modale Zusatzbedingungen für die Anweisungen G02 bzw. G03 nicht noch einmal angegeben zu werden.

In einem Satz können Kreisbögen bis maximal 360° programmiert werden. Ein Kreisbogen muß in der durch G17 bis G20 definierten Ebene liegen. Die Koordinaten des Kreismittelpunktes werden immer im Relativmaß bezüglich des Startpunktes angegeben. Zur Angabe der Kreismittelpunktskoordinaten sind bei G17, G18 und G19 die Adreßbuchstaben I, J und K zu verwenden:

| Adreßbuchstabe | Abstand vom Startpunkt zum Kreismittelpunkt |
|----------------|---|
| I | in Richtung der X-Achse |
| J | in Richtung der Y-Achse |
| K | in Richtung der Z-Achse |

Bei einer mit G20 ausgewählten Ebene sind zur Angabe des Kreismittelpunktes die Adreßbuchstaben zu verwenden, mit denen die Ebene selbst angewählt wurde:

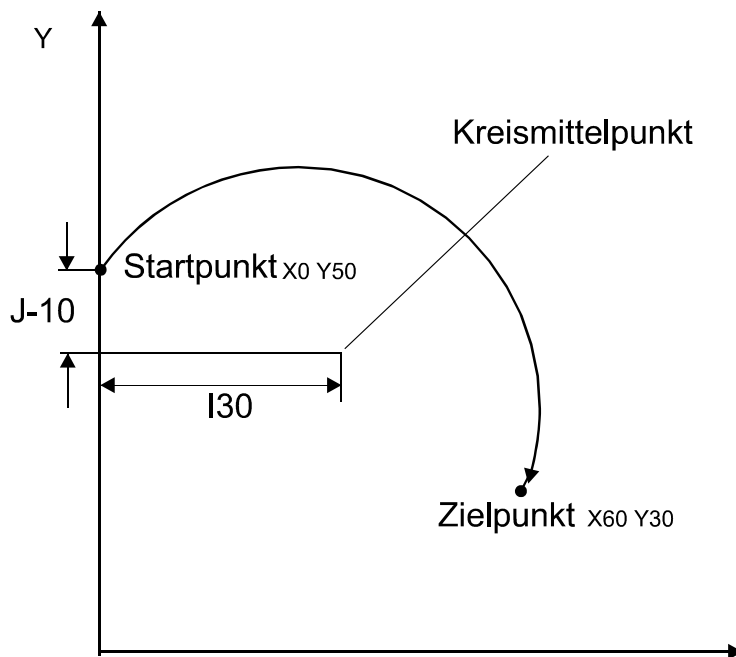
| | |
|---|------------|
| I | Hauptachse |
| J | Nebenachse |

Die Koordinaten des Kreismittelpunktes sind vorzeichenabhängig anzugeben. Ein positives Vorzeichen braucht dabei wie immer nicht programmiert zu werden.

Beispiel:

(Startpunkt: X = 0, Y = 50)

| | | | |
|--------|-----------|---|-----------------------|
| N30 G2 | X60 Y30 | I30 J-10 | F200 |
| | Zielpunkt | Kreismittelpunkt, Kettenmaß bzgl. Startpunkt | Vorschub 200mm/min |



X

Hinweis:

Die Konturgenauigkeit des Kreises und die Kreisbearbeitungs-geschwindigkeit hängen bei der Kreisinterpolation von dem in einem G86-Satz programmierten K-Wort-Wert ab (siehe G86 Eckenbeschleunigung, Konturgenauigkeit). Falls kein K-Wort programmiert wurde, ist der vom Maschinenhersteller voreingestellte Wert wirksam.

4.3.2 G12, G13 Kreisinterpolation mit Radiusangabe

Syntax:

G12/G13 X... Y... K...

Die Anweisungen G12 und G13 dienen wie G02 und G03 zur Programmierung von Kreisbögen. Zwischen den Anweisungen G12 bzw. G13 und G02 bzw. G03 bestehen jedoch die folgenden Unterschiede:

- Bei G02 und G03 sind die Mittelpunktskoordinaten durch die Interpolationsparameter I, J und K anzugeben. Bei G12 und G13 ist neben dem Endpunkt lediglich der Radius als Interpolationsparameter K anzugeben.
- Im Gegensatz zu G02 und G03 können mit den Anweisungen G12 und G13 keine Vollkreise programmiert werden.

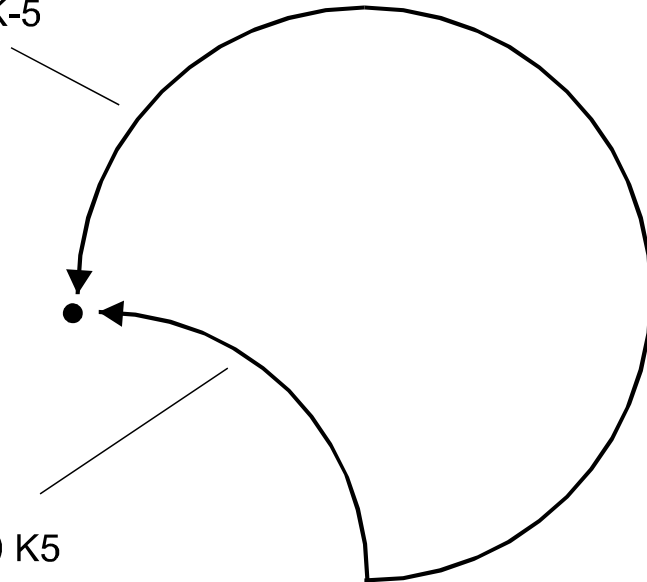
Mit G12 wird ein Kreisbogen im Uhrzeigersinn programmiert, mit G13 ein Kreisbogen im Gegenuhrzeigersinn. Die Angaben im Uhrzeigersinn bzw. im Gegenuhrzeigersinn beziehen sich auf die Relativbewegung des Werkzeuges gegenüber dem Werkstück, wenn man von der auf der Bahnebene senkrecht stehenden Koordinatenachse in negativer Richtung auf die Bahnebene schaut

Mit positivem Interpolationsparameter K wird ein Kreisabschnitt programmiert, der kleiner als 180° ist, mit negativem Interpolationsparameter K ein Kreisabschnitt, der größer als 180° ist.

G13 Kreisinterpolation mit Radiusangabe im Gegenuhrzeigersinn mit $K > 0$ und $K < 0$

G13 X95 Y80 K-5

G13 X95 Y80 K5



Die folgenden Eingaben werden mit der Fehlermeldung 114 zurückgewiesen:

- Anfangspunkt = Endpunkt
- Fehlende Angabe von K
- Radius zu klein, d.h., der Abstand zwischen dem Anfangs- und dem Endpunkt ist größer als der doppelte Radius

Hinweise:

- Eine Spirale kann und soll mit G12/G13 nicht erzeugt werden.
- Die Konturgenauigkeit und die Kreisbearbeitungsgeschwindigkeit hängen bei der Kreisinterpolation vom in einem G86-Satz programmierten K-Wort Wert ab (siehe 4. Programmbeeinflussung-->G86 Eckenbeschleunigung, Konturgenauigkeit). Falls kein K-Wort programmiert wurde, hängen sie von dem vom Maschinenhersteller eingestellten Wert ab.

4.3.3 Helixinterpolation

Ist die Helixinterpolation im System appliziert, wird die Helixinterpolation im Zusammenhang mit G02, G03, G12 und G13 ausgeführt. Alle Achsen außerhalb der aktiven Ebene werden als Helixachse behandelt. Es sind maximal 6 Helixachsen möglich.

Beispiel für die Ebene X/Y (G17):

```
N10 G02 I10.73 Z20.1
```

In der X/Y-Ebene wird ein Vollkreis interpoliert, Die Z-Achse wird als Helixachse behandelt.

Hinweis:

- Es sind maximal 6 Helixachsen möglich.
- Diese Funktion ist kombinierbar mit Tangentialkreisinterpolation und Bahnkorrektur (G41, G42).

4.4 G07 Tangentialkreisinterpolation

Syntax:

```
G7 X... Y...
```

Mit dem Programmwort G07 wird die Tangentialkreisinterpolation aktiviert. Als Zusatzbedingungen sind erforderlich bzw. möglich:

- die Zielpunktkoordinaten
- der Vorschub
- die Drehzahl oder die Schnittgeschwindigkeit

Die Tangentialkreisinterpolation bewirkt, daß ein passender Kreisbogen zwischen den Zielpunkt des vorangehenden Verfahrssatzes und den in Verbindung mit G07 programmierten Zielpunkt gelegt wird, und zwar so, daß der Kreisbogen tangential an den vorangehenden Verfahrssatz anschließt.

Zur Veranschaulichung der Funktion der Tangentialkreisinterpolation die folgenden drei Beispiele:

Beispiel 1 :Gerade / Kreisbogen

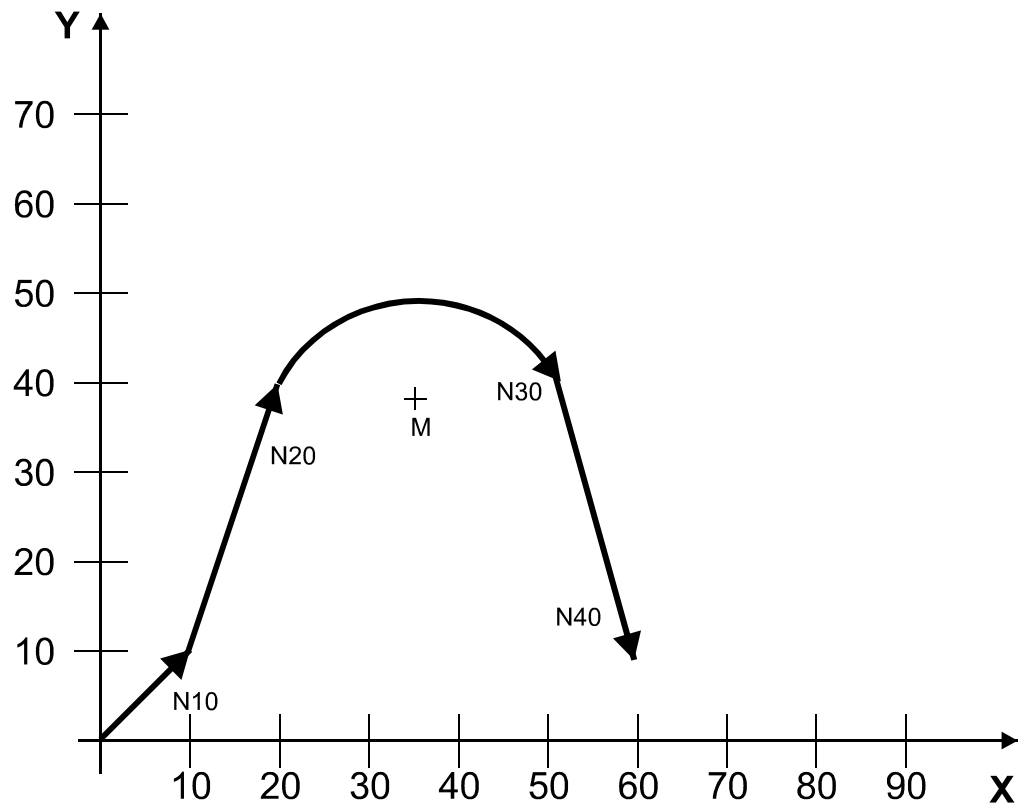
N10 G0 X10 Y10 F1000

N20 G1 X20 Y40

N30 G7 X50

N40 G1 X60 Y10

N50 M30



Beispiel 2: Gerade/Kreisbogen

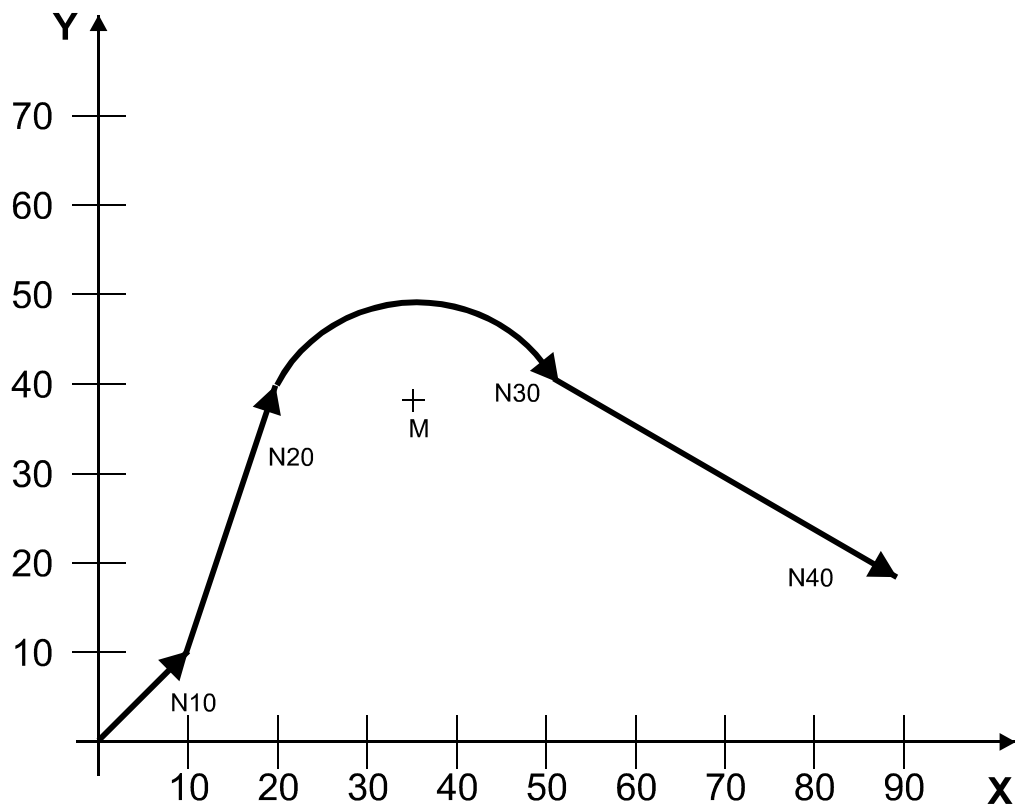
N10 G0 X10 Y10 F1000

N20 G1 X20 Y40

N30 G7 X50

N40 G1 X90 Y20

N50 M30



Hinweis:

- Bei diesem Beispiel schließt der Kreisbogen lediglich tangential an die Gerade des vorangehenden Verfahrssatzes an, nicht jedoch an die des nachfolgenden. Die beiden tangentialen Anschlüsse im vorhergehenden Beispiel ergeben sich nur zufällig durch die Lage der Geraden des Satzes N40.

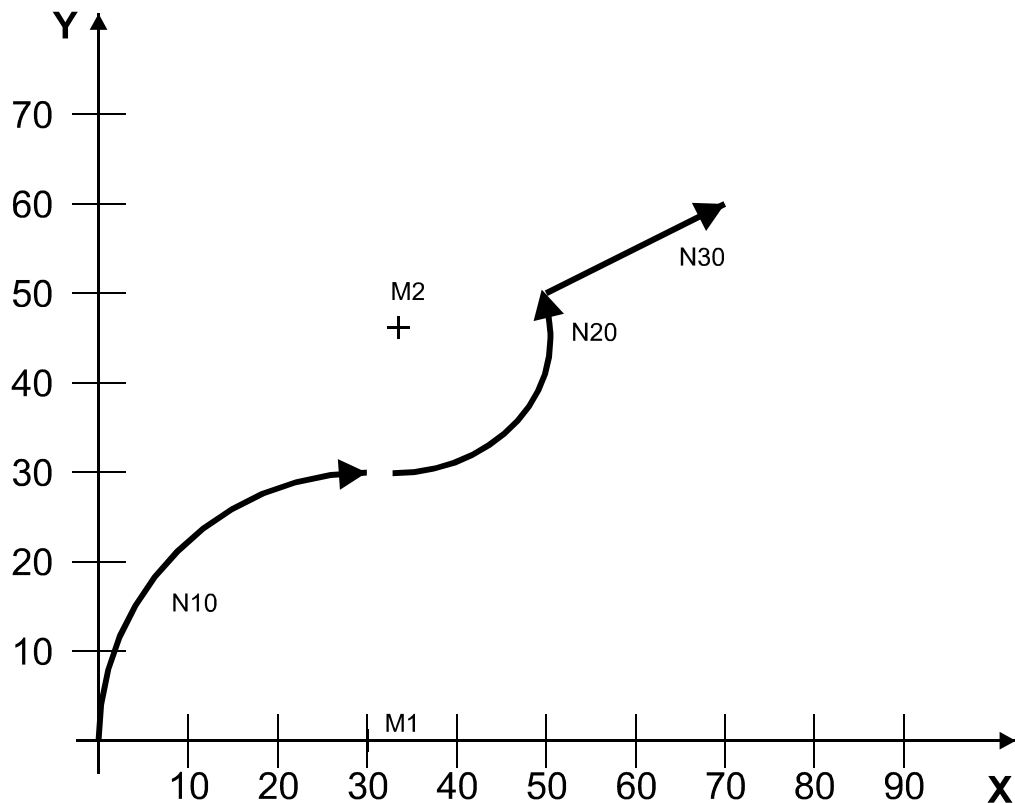
Beispiel 3: Kreisbogen/Kreisbogen

N10 G2 X30 Y30 I30

N20 G7 X50 Y50

N30 G1 X70 Y60

N40 M30



Wurde in dem Satz vor dem Aufruf der Tangentialkreisinterpolation ein Kreisbogen programmiert, so wird ein Kreisbogen durch den Zielpunkt des zuvor programmierten Kreisbogens und die Zielpunktkoordinaten von G07 gelegt.

Der Kreisbogen wird dabei so gelegt, daß der im vorangehenden Satz programmierte Kreisbogen und der durch die Tangentialkreisinterpolation erzeugte Kreisbogen im Berührungspunkt die gleiche Tangente besitzen

Ist eine Tangente an den Anfangspunkt des durch die Tangentialkreisinterpolation zu erzeugenden Kreisbogens geometrisch nicht möglich oder ist der Radius größer als 10.000.000 Inkremente, so wird durch die Anweisung G07 statt eines Kreisbogens eine Gerade erzeugt.

Hinweis:

- Die Konturgenauigkeit und die Kreisbearbeitungsgeschwindigkeit hängen bei der Tangentialkreisinterpolation vom in einem G86 Satz programmierten K-Wort-Wert ab. (G86 Eckenbeschleunigung, Konturgenauigkeit).
- Falls kein K-Wort programmiert wurde, hängen sie von dem vom Maschinenhersteller eingestellten Wert ab.

4.5 G05, G06 Splinedefinition bzw. -interpolation 2D

Syntax:

G5 X... Y... M70/71/72/73 (Splinedefinition)

G6 X... Y... F... (Splineinterpolation)

Die Splineinterpolation dient zur Verbindung gegebener Punkte mit glatten (d.h. knickfreien) Kurven, deren Krümmungsradien sich stetig ändern. Sie eignet sich besonders in Verbindung mit der Funktion „Teach In“ zur Bearbeitung von Konturen, die nicht durch Maßangaben gegeben sind, sondern als Modelle vorliegen.

Die Programmierung einer Splineinterpolation erfolgt in zwei Schritten:

4.5.1 Splinedefinition

Im ersten Schritt wird mit dem Programmwort G05 die Splineinterpolation vorbereitet. In Verbindung mit dem Programmwort G05 sind die Adreßbuchstaben der Achsen zu programmieren, die an der Splineinterpolation beteiligt sein sollen.

Für jede programmierte Achse ist ein Dummy-Wert anzugeben, der mindestens eine Ziffer umfassen muß, jedoch keinerlei Bedeutung hat (s. Beispiel unten).

Die Splineart wird durch eine M-Anweisung bestimmt. Standardmäßig stehen die M-Anweisungen M70 bis M73 mit folgenden Bedeutungen zur Verfügung:

| | |
|------------|---|
| M70 | Spline-Anfang und Spline-Ende mit der Krümmung 0 (natürlicher Spline), M70 ist voreingestellt |
| M71 | Spline-Anfang mit tangentialem Übergang und Spline-Ende mit der Krümmung 0 |
| M72 | Spline-Anfang mit der Krümmung 0 und Spline-Ende mit tangentialem Übergang |
| M73 | Spline-Anfang und Spline-Ende mit tangentialen Übergängen |

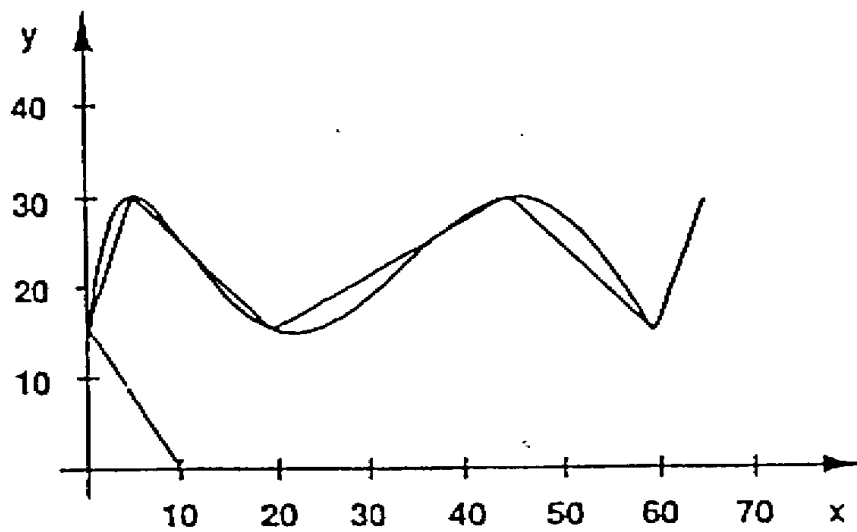
4.5.1.1 Splines mit tangentialen Übergängen

Splines mit tangentialen Übergängen schließen ohne Knick an den letzten Satz vor der Splineinterpolation bzw. an den ersten Satz nach der Splineinterpolation an.

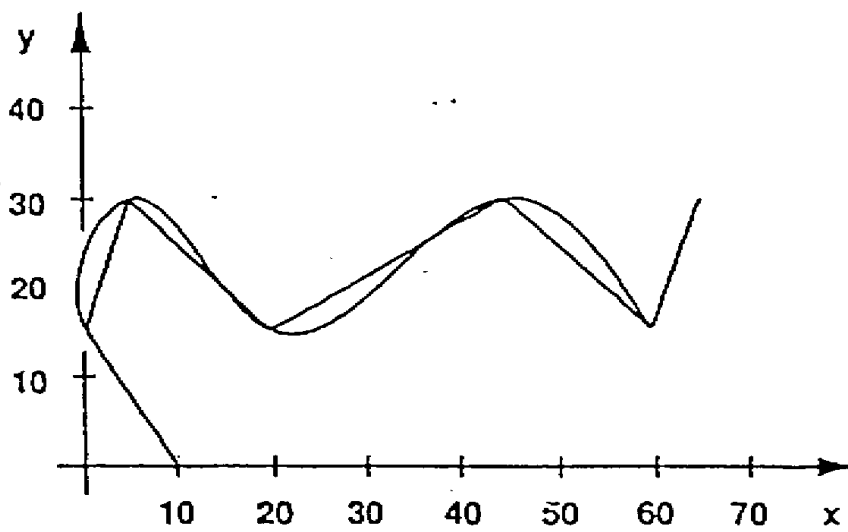
Dabei können diese Sätze linear oder zirkular sein. Enthalten sie keine Verfahrinformation und ist deshalb keine Richtung definiert, beginnt bzw. endet der Spline mit der Richtung des ersten bzw. des letzten Splinesatzes.

4.5.1.2 M70: Spline-Anfang und Spline-Ende mit der Krümmung 0

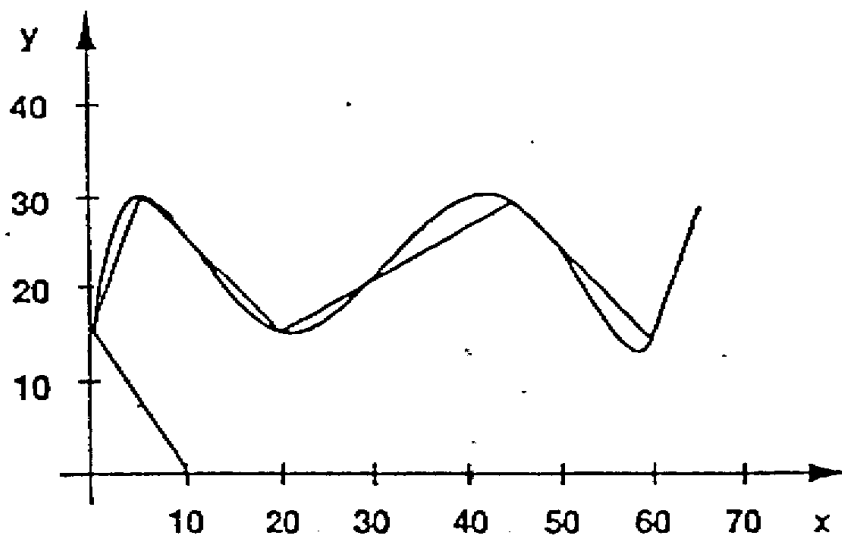
| | | | | | |
|-----|----|-----|-----|-----------------|---------------------|
| N10 | G5 | X1 | Y1 | M70/M71/M72/M73 | (Spline definition) |
| N20 | G1 | X10 | Y0 | | |
| N30 | | X0 | Y15 | | |
| N40 | G6 | X5 | Y30 | | |
| N50 | | X20 | Y15 | | |
| N60 | | X45 | Y30 | | |
| N70 | | X60 | Y15 | | |
| N80 | G1 | X65 | Y30 | | |
| N90 | | | | M30 | |



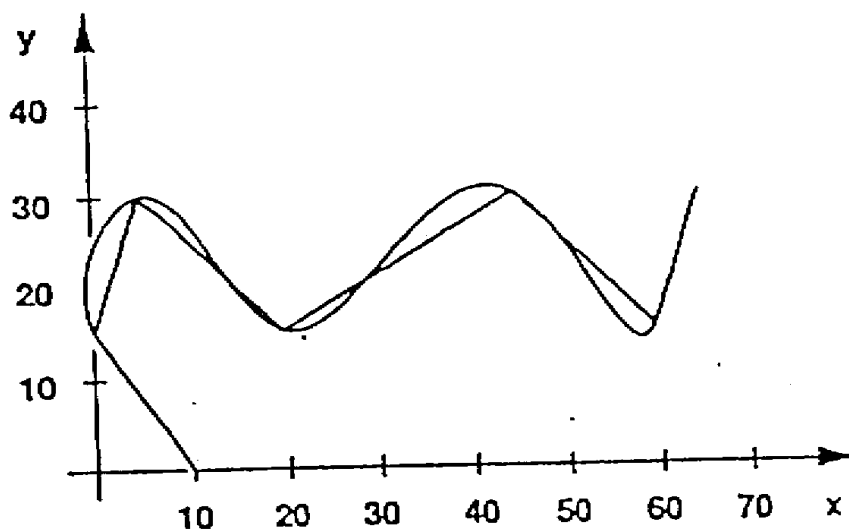
4.5.1.3 M71: Spline-Anfang mit tangentialem Übergang und Spline-Ende mit der Krümmung 0



4.5.1.4 M72: Spline-Anfang mit der Krümmung 0 und Spline - Ende mit tangentialem Übergang



4.5.1.5 M73: Spline-Anfang und Spline-Ende mit tangentialen Übergängen



4.5.2 Aktivieren der Splineinterpolation

Im zweiten Schritt wird die Splineinterpolation mit G06 aktiviert.

Deaktiviert wird die Splineinterpolation mit einer beliebigen anderen G-Anweisung der gleichen Gruppe (z.B. G00, G02, G13).

Der einem G06 Satz vorangehende Satz muß stets Verfahrinformationen enthalten, wenn ein tangentialer Übergang erzielt werden soll.

Beispiel:

...

N30 G5 X1 Z1 M71

N40 G1 X2 Z5

N50 G6 X3 Z10

...

Diese Programmsätze haben für eine Steuerung mit den drei Achsen X, Y und Z die folgende Wirkung:

Die Splineinterpolation wird für die Achsen X und Z wirksam, Y wird linear interpoliert. Die im G05 Satz mit den Adreßbuchstaben X und Z programmierten Werte führen nicht zu Achsbewegungen und haben keinerlei Einfluß auf die späteren Verfahrwege der Achsen. Der Spline beginnt tangential in dem Zielpunkt des letzten Verfahrsatzes vor dem Aufruf der G06 Anweisung. Aufgrund von M71 ist die Krümmung am Spline-Ende 0.

Die Splinedefinition G05 kann mit den Dummykoordinaten der am Spline beteiligten Achsen und einer M-Anweisung für die Splineart (M70-M73) zusammen in einem Satz programmiert werden (s. Beispiel oben).

Werden in Verbindung mit G05 keine Koordinaten programmiert, so ist keine Achse am Spline beteiligt, d.h. eine spätere Aktivierung der Splineinterpolation mit G06 hat die gleiche Wirkung wie G01.

Wird eine Splineinterpolation durch die Programmierung einer anderen G-Anweisung der gleichen Anweisungsgruppe in einem Programm deaktiviert und später wieder aufgerufen, so gelten sowohl die ursprüngliche Splinedefinition mit G05 als auch die ursprüngliche Definition der Splineart (M70-M73) weiter.

Sollen beim erneuten Aufruf der Splineinterpolation andere Achsen an der Bearbeitung des Splines beteiligt sein, so sind ihre Adreßbuchstaben (jeweils mit einem DummyWert) in einem neuen G05 Satz vor der Aktivierung der Splineinterpolation zu programmieren. Soll sich die Splineart ändern, so ist in einem Satz vor der Reaktivierung der Splineinterpolation oder in dem Satz, ab dem sich die Splineart ändern soll, die M-Anweisung für die gewünschte Splineart zu programmieren.

Hinweise:

- Eine bereits angewählte Splineart wird nicht beeinflusst, wenn zusammen mit G05 nur Achsbuchstaben, jedoch keine neue Splineart programmiert werden.
- Wird G05 programmiert, während G06 aktiv ist, so erscheint die Fehlermeldung 108.
- Ist die Splineinterpolation aktiv, dürfen nur Sätze mit Verfahrenweisungen in der Ebene, in der der Spline bearbeitet wird, programmiert werden; Sätze ohne Verfahrenweisungen (z.B. G04, G92) führen zu der Fehlermeldung 257.
- Ein Spline, der sich nur über einen Satz erstreckt, wird ohne Fehlermeldung als normale Geradeninterpolation wie G01 ausgeführt.
- Zu Testzwecken können Programme, die Splineinterpolation verwenden, auf Linearinterpolation umgestellt werden, indem in dem entsprechenden Programm G06 durch G01 ersetzt wird. Die Anweisungen für die Splinedefinition bzw. die Anwahl der Splineart beeinflussen die Linearinterpolation nicht.

- Auf Splineinterpolation wirkt sich eine bei aktivem „Look Ahead“ mit G86 in Verbindung mit einem K-Wort programmierte Konturgenauigkeit nicht aus.

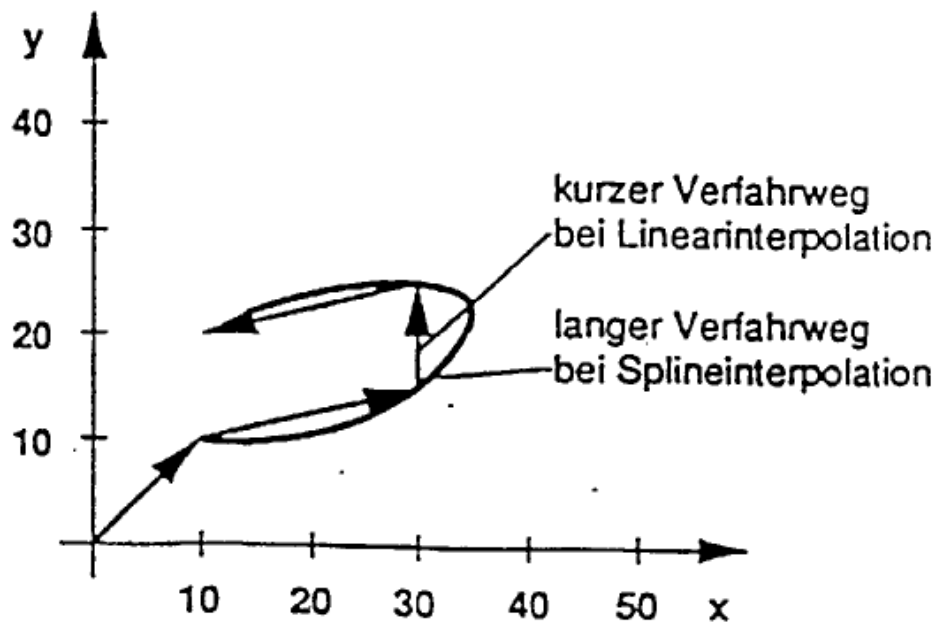
4.5.3 Bahngeschwindigkeit

Bei extremen Abweichungen eines Splines von dem programmierten linearen Verfahrweg kann die tatsächliche Bahngeschwindigkeit höher sein als die programmierte. Dies liegt daran, daß sich die programmierte Bahngeschwindigkeit stets auf den linearen Verfahrweg bezieht. Bei der Bearbeitung eines Splines verfährt das Werkzeug mit einer so hohen Bahngeschwindigkeit, daß es den Zielpunkt zu dem gleichen Zeitpunkt erreicht, zu dem es ihn auch bei linearem Verfahrweg mit der programmierten Bahngeschwindigkeit erreichen würde.

...

| | | | | |
|-----|----|-----|-----|------------------|
| N10 | G5 | X1 | Y1 | M70 |
| N20 | G1 | X10 | Y10 | |
| N30 | G6 | X30 | Y15 | bzw. N30 X30 Y15 |
| N40 | | X30 | Y25 | |
| N50 | | X10 | Y20 | |

...



Hinweise:

- Bitte beachten Sie die Wirkungsweise der Bahnkorrekturen bei der Splineinterpolation. Näheres dazu finden Sie im Abschnitt G40-G44 Bahnkorrekturen.
- Um optimale Ergebnisse bei der Splineinterpolation zu erzielen, kann eine Programmierung von G11 („Dynamischen Satzpuffer füllen“) vor der Aktivierung der Splineinterpolation sinnvoll sein(siehe --> G10, G11 Dynamischen Satzpuffer leeren bzw. füllen).
- Die Funktion „G05, G06-Spline“ ist eine Option und nicht in allen PA Systemen verfügbar.

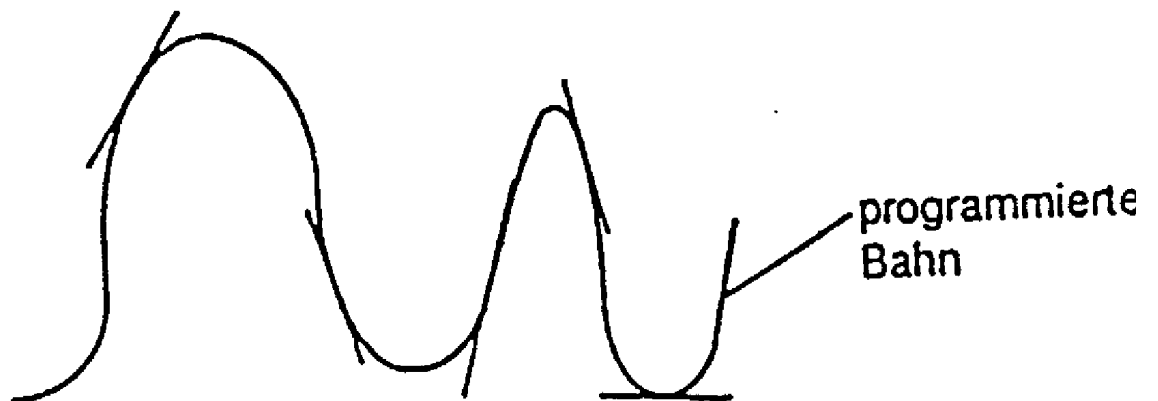
4.6 G78, G79 Anstellen an Bahn 2D

Syntax:

| | |
|------------|--------------------------|
| G78 (C...) | Anstellen an Bahn 2D EIN |
| G79 | Anstellen an Bahn 2D AUS |

Die Funktion Anstellen an Bahn 2D ermöglicht es, eine Rundachse während einer Verfahrbewegung in einer Ebene so auszurichten, daß sie stets einen bestimmten Winkel mit der Tangente an den jeweils erreichten Punkt einschließt.

4.6.1 Anwendungsbeispiele



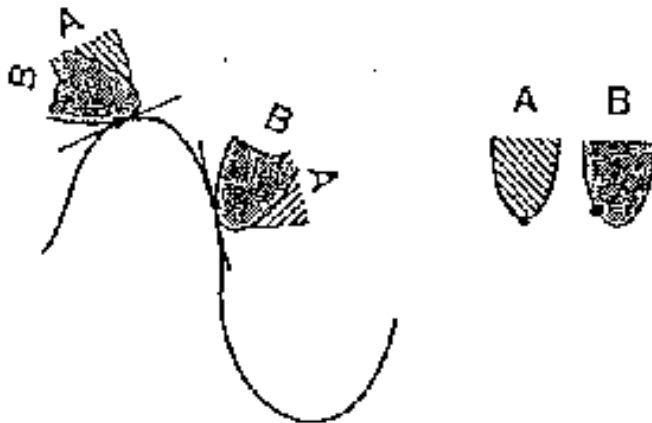
Sägen:

Um beim Sägen die in oben dargestellte Kontur zu erzielen, muß die Säge während der Verfahrbewegung jeweils so gedreht werden, daß das Sägeblatt tangential zur Kontur steht.

Laserschweißen:

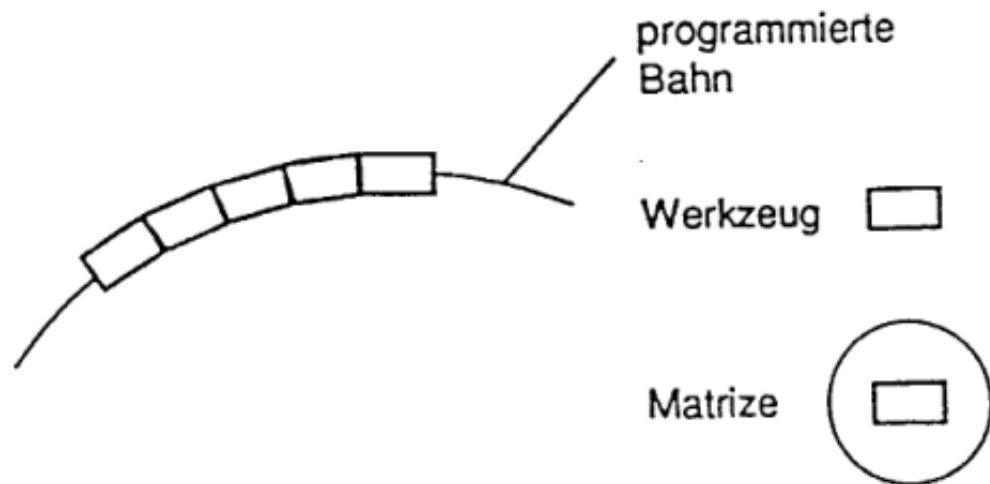
Beim Laserschweißen muß die Materialzuführung in einem bestimmten Winkel zum Laserstrahl erfolgen. Das Material muß in Verfahrrichtung stets vor dem Laserstrahl zugeführt werden.

Drehen:



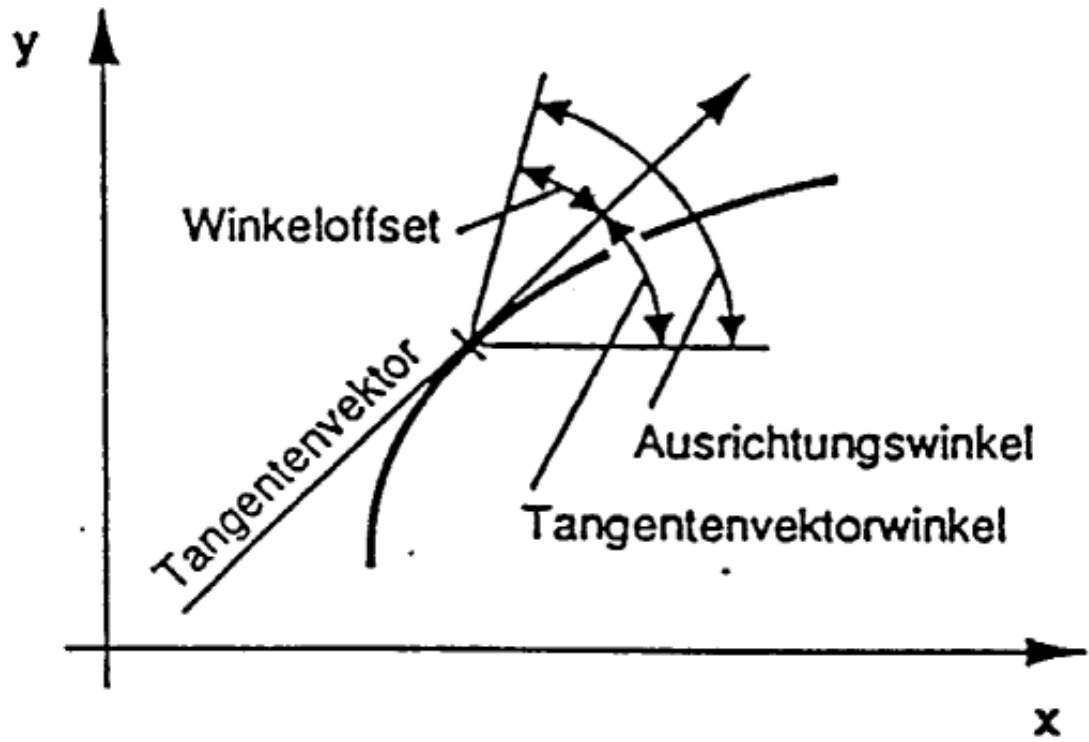
Soll beim Drehen das Material stets mit der Spitze (A) des Drehmeißels abgenommen werden, muß die Spitze immer tangential an der Werkstückkontur entlang geführt werden. Soll die Materialabnahme jedoch durch die Stelle B des Drehmeißels erfolgen, muß der Meißel stets in einem bestimmten Neigungswinkel an der Werkstückkontur entlang geführt werden.

Stanzen/Nibbeln:



Soll die oben beschriebene Kontur durch Stanzen bzw. Nibbeln erzielt werden, so muß das Werkzeug bzw. die Matrize stets entsprechend der gewünschten Werkstückkontur ausgerichtet werden.

4.6.2 Begriffserklärungen



Der **Tangentenvektor** ist ein Einheitsvektor, der in jedem Punkt des Fahrweges in die momentane Fahrtrichtung in der aktiven Ebene zeigt.

Der Tangentenvektorwinkel ist der Winkel, den der Tangentenvektor mit der Hauptachse des Koordinatensystems einschließt. Der Ausrichtungswinkel ergibt sich aus der Summe des Tangentenvektorwinkels und einem evtl. programmierten Winkeloffset.

4.6.3 Programmierung

Die Funktion **Anstellen an Bahn 2D** wird aktiviert durch die modal wirksame Anweisung G78. Wirksam ist diese Funktion ab dem Satz, der G78 enthält.

Wird in dem G78 Satz der Adreßbuchstabe der Rundachse nicht programmiert, so erfolgt eine tangentiale Nachführung, d.h. der Winkeloffset beträgt 0.

Um eine Nachführung unter einem bestimmten Winkel zur jeweiligen Tangente an den Fahrweg (Winkeloffset) zu programmieren, ist in Verbindung mit G78 der Adreßbuchstabe der Rundachse mit dem gewünschten Winkeloffset-Wert anzugeben.

Deaktiviert wird die Funktion Anstellen an Bahn 2D mit der Anweisung G79 bzw. durch Grundstellung. Beim Abschalten werden Zwischensätze (zur Synchronisation) generiert.

Wird die Funktion Anstellen an Bahn 2D aktiviert, springt die Rundachse zu Beginn der Abarbeitung mit dieser Funktion auf dem kürzesten Weg (Drehung $< 180^\circ$) auf den Ausrichtungswinkel. Die Funktion Anstellen an Bahn 2D ist bereits bei der Abarbeitung des G78 Satzes aktiv.

Die Werte des in Verbindung mit dem Adreßbuchstaben der Rundachse programmierten Winkeloffsets sind auf den Bereich -360° bis $+360^{\circ}$ begrenzt. Liegt der programmierte Wert außerhalb dieses Bereichs, erscheint die Fehlermeldung 54 (siehe auch Abschnitt Modulo-Achse).

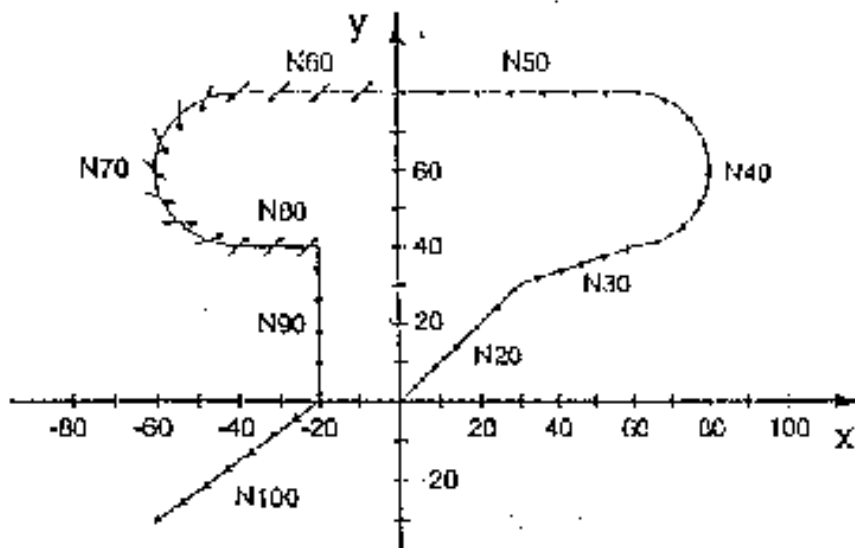
4.6.3.1 Ändern des Winkeloffsets bei modal wirksamem G78

Ist die Funktion Anstellen an Bahn 2D bereits aktiv, so kann der Winkeloffset durch erneutes Programmieren eines G78-Satzes geändert werden. Wird G78 ohne Angabe eines Winkeloffsets programmiert, so wird der Winkeloffset ab diesem Satz auf den Wert 0, gesetzt. Im anderen Fall wird er auf den programmierten Wert gesetzt.

Hinweise:

- In G78 Sätzen ist keine Programmierung der Rundachse möglich, sondern lediglich die Angabe des Winkeloffsets für die Rundachse.
- Bei modal wirksamem G78 kann die Rundachse auch zusammen mit anderen Achsen jedoch wie gewöhnlich programmiert werden. In dem Satz, in dem die Rundachse bei modal wirksamem G78 programmiert wird, setzt die Nachführung dann aus. Wird die Rundachse bei modal wirksamem G78 inkremental (mit aktivem G91) verfahren, so beziehen sich die programmierten Werte auf die aktuelle (nachgeführte) Position der Rundachse.

Beispiel:



| | | | | | | |
|------|-----|------|------|------|-------|---|
| N10 | G1 | X0 | Y0 | C0 | F3000 | |
| N20 | G78 | X30 | Y30 | | | Ausrichtungswinkel 45°. |
| N30 | G1 | X60 | Y40 | | | Ausrichtungswinkel ca. 16,5° |
| N40 | G3 | | Y80 | J-20 | | tangentiale Nachführung an Kreisbogen |
| N50 | G1 | X0 | | | | Ausrichtungswinkel 180° |
| N60 | G78 | X-40 | | C45 | | Ausrichtungswinkel 225° |
| N70 | G3 | | Y40 | J-20 | | Ausrichtungswinkel: jeweils 45° + Tangentenvektorwinkel |
| N80 | G1 | X-20 | | | | Ausrichtungswinkel 45° |
| N90 | G78 | | Y0 | | | Ausrichtungswinkel 270° |
| N100 | G1 | X-30 | Y-30 | | M30 | Ausrichtungswinkel: ca. 217° |

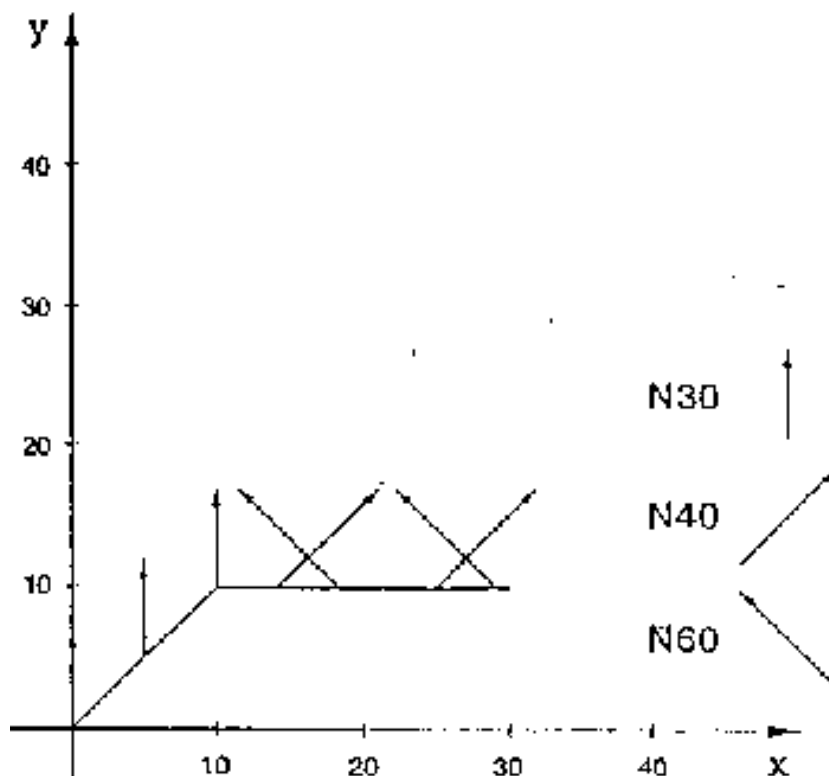
Werden zwei gegenläufige Verfahrssätze programmiert, so springt das Werkzeug bei der Rückbewegung auf der gleichen Bahn um 180° . Dies kann durch die Vereinbarung eines Grenzwinkels verhindert werden. Der Grenzwinkel gibt den maximalen Winkel an, um den die Drehachse an Satzübergängen springen darf.

Eine zweite Möglichkeit, das „Springen“ der Drehachse zu verhindern, besteht darin, den Winkeloffset entsprechend dem gewünschten Sprung im Programm zu verändern.

Das nachfolgende Programm stellt eine Abwandlung des vorangehenden Programmbeispiels dar. Die Auswirkungen dieses Programms im Vergleich zum vorangehenden werden bei einem Abbildungsvergleich deutlich.

Beispiel:

Beeinflussung der Nachführung bei einer Verfahrsumkehr



| | | | |
|-----|-----|------|-----|
| N10 | G78 | C45 | |
| N20 | G1 | X0 | Y0 |
| N30 | | X10 | Y10 |
| N40 | | X30 | |
| N50 | G78 | C-45 | |
| N60 | G1 | X10 | |

4.6.3.3 Programmieren von G92 und G54-G59 bei aktivem G78

Bei aktivem G78 ist das Programmieren von G92 „Achswert setzen“ in Verbindung mit einem Wert für die Rundachse nicht zulässig. Werte für die übrigen Achsen können in Verbindung mit G92 auch bei aktivem G78 wie gewohnt programmiert werden.

Darüberhinaus darf für eine Rundachse kein Achswert gesetzt sein, wenn G78 zusammen mit G92 aufgerufen wird. Ggf. muß ein für die Rundachse gesetzter Achswert wieder auf die ursprüngliche Position zurückgesetzt werden.

Bei aktivem G78 haben mit G54 bis G59 aufgerufene Nullpunktverschiebungen für die Rundachse keine Auswirkung.

4.6.3.4 Achsgrenzen der Rundachse bei vollen Umdrehungen

Nach dem Einschalten der Funktion „Anstellen an Bahn 2D“ wird jeweils die aktuelle Position der Rundachse angezeigt. Die angezeigten Winkelwerte werden dabei auf den Bereich 0° bis 360° reduziert, d.h. bei einer Position der Rundachse von 365° wird 5° angezeigt.

Das Verhalten der Steuerung beim Abschalten der Funktion ist voreinstellbar; es kann zwischen den folgenden beiden Möglichkeiten gewählt werden:

1. Möglichkeit:

Die Steuerung zählt die Vollumdrehungen intern mit, die die Rundachse beim wiederholten Verfahren entlang einer geschlossenen Kontur in derselben Richtung macht. Die Reduzierung auf den Bereich 0° bis 360° wird nach dem Ausschalten der Funktion „Anstellen an Bahn 2D“ wieder aufgehoben, d.h. die absolute Position der Rundachse wird wiederhergestellt. Bei dieser Voreinstellung kann es jedoch durch fortgesetzte Drehungen in einer Richtung zu einer Verletzung der Achsgrenzen der Rundachse kommen, die in Echtzeit erkannt wird. Die Fehlermeldung 211 wird angezeigt und „NOT AUS“ gesetzt.

Die Achsgrenzen der Rundachse begrenzen daher in diesem Fall die Anzahl der Vollumdrehungen, die die Rundachse in derselben Richtung machen kann. Die Achsgrenzen sind voreinstellbar, sie gehen aus der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers hervor.

2. Möglichkeit:

Die Steuerung zählt die Vollumdrehungen der Rundachse intern nicht mit. Infolgedessen kann die absolute Position der Rundachse nach dem Ausschalten der Funktion „Anstellen an Bahn 2D“ nicht wiederhergestellt werden. Dem Nachteil, daß bei dieser Voreinstellung die absolute Position der Rundachse verloren geht, steht jedoch der Vorteil gegenüber, daß es in diesem Fall nicht zu einer Verletzung der Achsgrenzen der Rundachse kommen kann.

Welche der beiden Möglichkeiten in Ihrer PA 8000 voreingestellt ist, geht aus der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers hervor.

Hinweis:

- Fortgesetztes Drehen der Rundachse in dieselbe Richtung kann auch Probleme verursachen wie etwa das Verdrillen von Kabeln o.ä.

4.6.3.5 Programmierbarer Grenzwinkel

Mit Hilfe dieser Funktion ist es möglich, die tangentielle Nachführung so lange abzuschalten bis die Richtungsänderung in den Führungsachsen den programmierten Grenzwinkel überschreitet. Die Funktion wirkt nur bei Linearinterpolation, da bei allen anderen Interpolationsarten eine stetige Richtungsänderung innerhalb eines Satzes erfolgt.

Es soll ermöglicht werden, bei kleinen, zufälligen Richtungsänderungen der Führungsachsen die Nachführung zu unterdrücken, um Sprünge der nachgeführten Achsen in solchen Fällen zu vermeiden.

Die Programmierung des Grenzwinkels erfolgt mit Hilfe einer applizierbaren NC-Adresse (in den folgenden Beispielen wird der Buchstabe Z verwendet). Die Programmierung des Grenzwinkels kann bei aktiver oder deaktivierter Nachführung erfolgen.

Im folgenden wollen wir annehmen, daß die Führungsachsen mit X und Y, die nachgeführte Achse mit C bezeichnet werden.

Beispiel:

| | | | | Position der CAchse (Grad) |
|------|--------|----------|---------|----------------------------|
| N5 | G0 | F1000 | | |
| N 10 | G78 X0 | Y0 F3000 | | |
| N 15 | X10 | Y0 | 0 | |
| N 20 | X20 | Y-1 | 354.289 | |
| N 30 | X40 | Y+1 | 5.711 | |
| N 40 | X59 | Y0.5 | 358.493 | |
| N 50 | X71 | Y-1.5 | 350.538 | |
| N 60 | X80 | Y0 | 9.462 | |
| N 70 | X102 | Y-1.8 | 355.323 | |
| N 80 | X120 | Y0.5 | 7.282 | |
| N 90 | X140 | Y0 | 358.568 | |

| | | | | |
|------|-----|------|-------------|---------|
| N100 | G02 | X160 | Y-20 J20 I0 | 358.568 |
| | | | | -270 |
| N110 | G1 | | Y-100 | 270 |
| N120 | | X0 | | 180 |
| N130 | | | Y0 | 90 |
| N140 | | | M30 | |

Das Beispielprogramm beschreibt im wesentlichen ein Rechteck mit abgerundeter Ecke an der rechten oberen Seite.

In den Sätzen N10 bis N90 wird parallel zur X-Achse nach rechts gefahren, wobei die Y-Werte um 0 gestreut sind. Das bedeutet, daß die tangential nachgeführte Achse an jedem Satzübergang um einen Wert zwischen 2° und 10° springt.

Ändert man jetzt das Beispielprogramm derart, daß man den Satz N15 folgendermaßen ergänzt

| | | | |
|-----|-----|----|-----|
| N15 | X10 | Y0 | Z10 |
|-----|-----|----|-----|

so werden ab Satz N15 alle Sprünge die kleiner als 10° sind unterdrückt. Das heißt, die tangential nachgeführte Achse bleibt bis einschließlich Satz N90 in ihrer Ausgangsstellung. Erst am Beginn des Kreissatzes wird ihre Position verändert.

Der programmierte Z-Wert bezieht sich immer auf die zuletzt erreichte Rundachsposition. Würde man also den Wert Z-10 erst in Satz N30 programmieren, so erfolgte dann beim Übergang auf Satz N50 ein Sprung um 15,173 Grad.

Ein Z-Wert kann an jeder beliebigen Stelle eines Programmes programmiert werden und bleibt so lange aktiv, bis ein neuer Wert programmiert wird. Bei Grundstellung und Programmende wird der Z-Wert gelöscht.

5 Technologische Anweisungen

5.1 Vorschubbeeinflussung

5.1.1 F-Wort

Der Vorschub (die Bahngeschwindigkeit) wird mit einem F-Wort als Weg/min (bei aktivem G94) bzw. als Weg/U (bei aktivem G95) programmiert. Die Einheit des Weges ist dabei Millimeter (bei aktivem G71) bzw. Inch (bei aktivem G70).

Beispiel:

F2000 bedeutet Vorschub 2000 mm/min (bei aktivem G94 und G71)

Hinweis:

- Außer für das Positionieren im Eilgang (G00), das programmierbare Referenzpunktanfahren (G74) und das Gewindeschneiden (G33, G34) muß für alle Interpolationsarten ein Vorschub ungleich 0 programmiert werden. Bei G00 wird die vorgegebene Eilganggeschwindigkeit aktiv. Ein programmierter Vorschub ist modal wirksam, d.h., er gilt so lange, bis im Programm ein neuer Vorschub programmiert wird.
- Eine programmierte Vorschubgeschwindigkeit und die Eilganggeschwindigkeit können über einen Vorschub-Override verändert werden (siehe G63, G66 Vorschub-Override).
- Bei Grundstellung wird $F=0$ gesetzt. Das bedeutet, daß im ersten Verfahrssatz eines Programmes ein F-Wort programmiert sein muß. Dies gilt jedoch nicht für Programme, die lediglich als Unterprogramme abgearbeitet werden sollen. In Unterprogrammen bietet das Fehlen des F-Wortes einen gewissen Schutz davor, daß das Unterprogramm als Hauptprogramm gestartet wird. Bei fehlendem F-Wort erscheint die Fehlermeldung 199; das Programm wird nicht abgearbeitet.
- In Verbindung mit der Anweisung G04 wird über F eine Verweilzeit programmiert (siehe 3 Programmbeeinflussung --> G04 Verweilzeit).

5.1.2 G63, G66 Vorschub-Override

Syntax:

| | |
|----------|-----------------------|
| G63 F... | Vorschub-Override EIN |
| G66 | Vorschub-Override AUS |

Unter einem Vorschub-Override versteht man eine prozentuale Veränderung des programmierten Vorschubs (eine sog. Prozentwert-Begrenzung).

Von der PA 8000 können grundsätzlich zwei verschiedene Vorschub-Overrides berücksichtigt werden:

- der an der Werkzeugmaschine (meist an einem Drehschalter) eingestellte Vorschub-Override
- ein programmierter Vorschub-Override

In den Betriebsarten „MANUELL“ und „AUTOMATIK“ werden im Fenster VORSCHUB der programmierte Vorschub (SOLL), der Override in % und der momentan tatsächlich wirksame Vorschub, die Interpolations-geschwindigkeit der Steuerung (IST) angezeigt. Ein über einen Override beeinflusster Vorschub kann so zur Programmoptimierung direkt am Bildschirm abgelesen werden.

Achtung:

Vorschub- und Spindel-Override sind bei der PA 8000 nicht über die Bedieneroberfläche einstellbar.

Programmierung

Programmiert wird ein Vorschub-Override in einem G63-Satz mit einem F-Wort. Der Wert des F-Wortes (in %) muß ganzzahlig sein und im Bereich von 1 bis 120 liegen.

Ein mit G63 programmierter Vorschub-Override hat Vorrang vor dem an der Werkzeugmaschine eingestellten Vorschub-Override.

Hier besteht jedoch eine wichtige Ausnahme: Wird an der Werkzeugmaschine der Vorschubdrehschalter bis an den Anschlag zurückgedreht, dann hat diese Einstellung stets Vorrang vor einem programmierten Vorschub-Override. Somit ist es jederzeit möglich, das Verfahren der Achsen durch eine Verringerung des Vorschub-Overrides auf 0% zu stoppen.

Durch die Anweisung G66 kann ein mit G63 programmierter Vorschub-Override deaktiviert werden. G66 aktiviert dabei gleichzeitig den am Vorschub-Override-Schalter der Werkzeugmaschine eingestellten Vorschub-Override.

Wurde kein Vorschub-Override mit G63 programmiert, ist der an der Werkzeugmaschine eingestellte Vorschub-Override aktiv.

Wird in einem G63-Satz kein F-Wort programmiert, verfahren die Achsen mit dem im NC-Programm programmierten Vorschub. Wurde jedoch in einem vorangehenden G63-Satz durch ein F-Wort bereits ein Vorschub-Override programmiert, der zwischenzeitlich deaktiviert wurde, so wird dieser bereits programmierte Vorschub-Override erneut wirksam.

Beispiel:

| | |
|--------------|---|
| N10 G66 | Der an der Werkzeugmaschine eingestellte Vorschub-Override wird aktiviert. |
| ... | |
| N50 G63 | Der an der Werkzeugmaschine eingestellte Vorschub-Override wird deaktiviert. Die Achsen verfahren mit dem im NC-Programm programmierten Vorschub. |
| ... | |
| N100 G63 F55 | Der Vorschub-Override wird auf 55% eingestellt, d.h. die Achsen verfahren mit 55% des programmierten Vorschubs. |
| .. | |

| | |
|----------|---|
| N200 G66 | Der programmierte Vorschub Override wird unwirksam, der an der Werkzeugmaschine einge stellte Vorschub-Override wird aktiviert. |
| ... | |
| N300 G63 | Gleiche Wirkung wie N100. |

Hinweise:

- Vorschub-Overrides wirken sich sowohl auf den programmierten Vorschub als auch auf die Eilganggeschwindigkeit aus. Bei G00 (Eilgang) ist der Vorschub-Override auf 100 % begrenzt.
- Vorschub-Override-Werte ungleich 0 wirken sich nicht auf G74-Sätze („Programmierbares Referenzpunktfahren“) und G33- bzw. G34-Sätze („Gewindescheiden“) aus.

5.1.3 Programmierbare Beschleunigung

Syntax:

B... ..

Die Funktion Programmierbare Beschleunigung dient zur Reduktion der Achsbeschleunigung gegenüber dem voreingestellten Maximalwert. Unter Beschleunigung ist jede Geschwindigkeitsänderung der Achsen zu verstehen, also sowohl eine Geschwindigkeitszunahme als auch eine Geschwindigkeitsabnahme.

Anwendung:

Eine Verringerung der voreingestellten Maximalbeschleunigung ist z.B. dann erforderlich, wenn die Belastung bestimmter Komponenten, z.B. einer Laseroptik, begrenzt werden muß.

Programmierung:

Die Beschleunigung wird mit dem Adreßbuchstaben B und einem Wert (in %) zwischen 1 und 100 ohne Nachkommastellen programmiert. Der programmierte Prozentwert bezieht sich auf die maximal zulässige Beschleunigung.

Eine programmierte Beschleunigung ist modal wirksam. Sie kann verändert werden durch die Programmierung eines neuen B-Wortes mit einem anderen Wert. Aufgehoben wird eine programmierte Beschleunigung durch Grundstellung.

Beispiel:

Die voreingestellte maximal zulässige Beschleunigung wird auf 25% reduziert, d.h. die Beschleunigungs- bzw. Bremszeit vervierfacht sich.

N20 B25

N30 G1 X10 Y15

Der programmierte Wert wirkt auf alle Achsen.

Hinweise:

- Bei Eingabe von Werten, die größer sind als 100 oder eine Beschleunigungszeit von mehr als 32 Sekunden ergeben würden, erscheinen die Fehlermeldungen 212 bzw. 110.
- Bei aktivem „Look Ahead“ kann es vorteilhaft sein, die Beschleunigung mit Hilfe der Anweisung „Programmierbare Beschleunigung“ zu begrenzen. Diese bewirkt eine Nivellierung der Beschleunigungen bei aktivem „Look Ahead“.
- Die Funktion „Programmierbare Beschleunigung“ ist eine Option und nicht in allen PA-Systemen verfügbar.

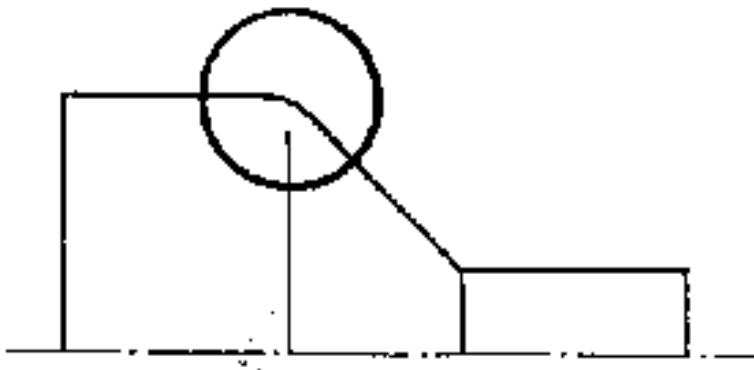
5.1.4 G72, G73 Interpolation mit Genauhalt AUS bzw. EIN

Syntax:

G72/G73...

Mit dem Programmwort G73 wird die Anweisung Interpolation mit Genauhalt aktiviert, mit dem Programmwort G72 wird sie deaktiviert. Durch die Interpolation mit Genauhalt werden Schleppfehler zum Satzende hin abgebaut.

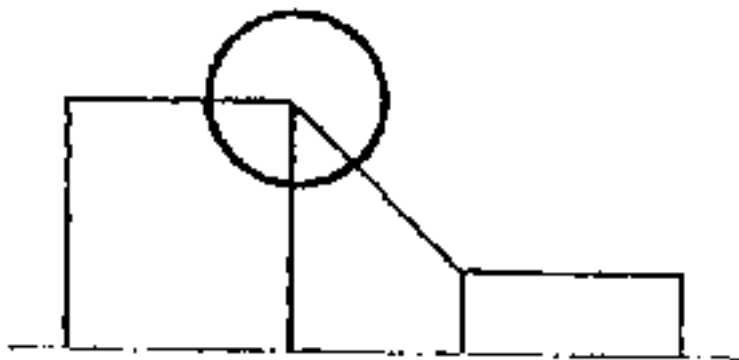
Schleppfehler resultieren aus unvermeidbaren Regelabweichungen. Die Größe von Schleppfehlern hängt von der Vorschubgeschwindigkeit und der Regelkreis-Verstärkung (KV-Faktor) ab. Schleppfehler können sich so auswirken, daß die Ecken des Werkstückes leicht abgerundet sind (wie unten gezeigt). Abhängig vom Bearbeitungsfall kann es auch zu Verdrehungen und Verformungen der Ecken kommen.



Abgerundete Konturecken infolge von Schleppfehlern sind im Normalfall keine negative Erscheinung, denn scharfe Kanten sind meist unerwünscht. Müssen Schleppfehler jedoch vermieden werden, (z.B. beim Drehen von speziellen Dichtungskanten), so ist dies mit Hilfe der Anweisung G73 möglich. Sie bewirkt bei sämtlichen Interpolationsarten, daß der jeweils nachfolgende NC-Satz erst dann aktiviert wird, wenn die Achsen den Zielpunkt des momentan in Abarbeitung befindlichen Satzes erreicht haben.

Auf diese Weise können Schleppfehler bis auf einen voreinstellbaren Rest zum Satzende hin abgebaut werden.

Wird G73 programmiert, so ist zu beachten, daß sich das Werkzeug beim Anhalten freischneiden kann. Es entstehen Marken in der Werkstückkontur, da der Schnittdruck wegen des fehlenden Vorschubs plötzlich verringert wird.



5.2 Spindelansteuerung

5.2.1 S-Wort

Mit einem S-Wort wird die Spindeldrehzahl in U/min programmiert.

Beispiel:

S2000 bedeutet Drehzahl 2000 U/min

Hinweis:

- Die Funktion „Spindel“ ist eine Option und nicht in allen PA-Systemen verfügbar.
- In Verbindung mit der Anweisung G63 kann mit einem S-Wort ein Spindel-Override programmiert werden (siehe G63, G66 Spindel-Override).
- Eine Begrenzung der Spindeldrehzahl kann mit G92 programmiert werden (siehe G92 Drehzahlbegrenzung).
- Die Drehrichtung der Spindel wird über M-Anweisungen festgelegt (siehe M03, M04 Spindel EIN, Rechts- bzw. -Linkslauf).

5.2.2 M03, M04 Spindel EIN Rechts- bzw. –Linkslauf

Syntax:

| | |
|----------|--------------------------|
| M03.... | Spindel EIN (Rechtslauf) |
| M04..... | Spindel EIN (Linkslauf) |

Mit den Anweisungen M03 und M04 wird die Spindeldrehrichtung programmiert und die Spindel eingeschaltet. Die Anweisung M03 bewirkt einen Spindel-Rechtslauf, d.h. eine Spindeldrehung im Uhrzeigersinn, die Anweisung M04 bewirkt einen Spindel-Linkslauf, d.h. eine Spindeldrehung im Gegenuhrzeigersinn. Die Blickrichtung ist dabei von der Spindel in den Arbeitsraum.

5.2.3 M05 Spindel AUS

Syntax:

M5...

Mit der Anweisung M05 wird ein Spindelhalt programmiert, d.h. die Spindeldrehzahl wird auf 0 gesetzt.

5.2.4 G63, G66 Spindel-Override

Syntax:

| | |
|----------|----------------------|
| G63 S... | Spindel-Override EIN |
| G66 | Spindel-Override AUS |

Unter einem Spindel-Override versteht man eine prozentuale Veränderung der programmierten Spindeldrehzahl.

Von der PA 8000 können grundsätzlich zwei verschiedene Spindel-Overrides berücksichtigt werden:

- der an der Werkzeugmaschine (meist einem Drehschalter) eingestellte Spindel-Override
- ein programmierter Spindel-Override

In den Betriebsarten „MANuell“ und „AUTOMatik“ werden im Fenster SPINDEL die programmierte Spindeldrehzahl (SOLL), der Override in % und die momentan tatsächlich wirksame Spindeldrehzahl (IST) angezeigt. Eine über einen Spindel-Override beeinflusste Spindeldrehzahl kann so zur Programmoptimierung direkt am Bildschirm abgelesen werden.

Achtung:

Vorschub- und Spindel-Override sind bei der PA 8000 nicht über die Bedieneroberfläche einstellbar.

Programmierung:

Programmiert wird ein Spindel-Override in einem G63-Satz mit einem S-Wort. Der Wert des S-Wortes (in %) muß ganzzahlig sein und im Bereich von 50 bis 120 liegen. Ein mit G63 programmierter Spindel-Override hat Vorrang vor dem an der Werkzeugmaschine eingestellten Spindel-Override.

Durch die Anweisung G66 kann ein mit G63 programmierter Spindel-Override deaktiviert werden. G66 aktiviert dabei gleichzeitig den Spindel-Override-Schalter der Werkzeugmaschine.

Wurde kein Spindel-Override mit G63 programmiert, ist der an der Werkzeugmaschine eingestellte Spindel-Override aktiv

Wird in einem G63-Satz kein S-Wort programmiert, dreht sich die Spindel mit der im NC-Programm programmierten Drehzahl. Wurde jedoch in einem vorangehenden G63-Satz durch ein S-Wort bereits ein Spindel-Override programmiert und dieser zwischenzeitlich deaktiviert, so wird der bereits programmierte Spindel-Override erneut wirksam.

Beispiel:

| | |
|--------------|--|
| N10 G66 | Der an der Werkzeugmaschine eingestellte Spindel-Override wird aktiv. |
| ... | |
| N50 G63 | Der an der Werkzeugmaschine eingestellte Spindel-Override wird deaktiviert. Die Spindel dreht sich mit der im NC-Programm programmierten Drehzahl. |
| ... | |
| N100 G63 S60 | Der Spindel-Override wird auf 60% eingestellt, d.h. die Spindel dreht sich mit 60% der programmierten Spindeldrehzahl. |
| ...- | |
| N200 G66 | Der programmierte Spindel-Override wird unwirksam, der an der Werkzeugmaschine eingestellte Spindel-Override wird aktiviert. |
| ... | |
| N300 G63 | Gleiche Wirkung wie N1 00. |

Hinweis:

- Spindel-Overrides wirken sich nicht auf G74-Sätze („Programmierbares Referenzpunktanfahren“) und G33- bzw. G34-Sätze („Gewindeschneiden“) aus.

5.2.5 G92 Drehzahlbegrenzung

Syntax:

G92 S...

Mit der Anweisung G92 kann in Verbindung mit einem S-Wort eine Drehzahlbegrenzung programmiert werden. Der Wert des S-Wortes gibt die maximale Drehzahl in U/min an.

Ergibt sich bei aktiver Drehzahlbegrenzung während der Programmabarbeitung eine Drehzahländerung, wird diese nur ausgeführt, solange die programmierte Maximaldrehzahl nicht überschritten wird.

Anwendung:

Eine Drehzahlbegrenzung kann z.B. erforderlich sein:

- beim Einsatz von Werkzeugen mit vorgeschriebener Maximaldrehzahl.
- bei bestimmten Werkstücken, um eine Überlastung der Antriebe zu vermeiden.
- beim Einsatz von Spannfuttern ohne Fliehkraftausgleich. Hier sollte die Drehzahl aus Sicherheitsgründen auf einen Wert begrenzt werden, bei dem noch eine ausreichende Spannung gewährleistet ist.

5.2.6 Richtungswechsel bei M19 „Spindelorientation“

Bei Spindeln mit Meßsystem kann die Einstellung genutzt werden, um eine programmierte Position zu erreichen.

Ist dies der Fall, wird der Regelkreis geschlossen, nachdem die Spindel langsamer geworden ist und die „Stop-Umdrehung“ erreicht hat. Die programmierte Position wird dann im kürzesten Abstand erreicht.

Je nach der Position, an der die „Stop-Umdrehung“ erreicht wird, kann ein Richtungswechsel erfolgen. Bei Spindeln mit nur einer Richtung besteht die Möglichkeit der Einstellung, daß ein Richtungswechsel nicht zugelassen wird. In diesem Fall dreht sich die Spindel, nachdem sie die „Stop-Umdrehung“ erreicht hat, in der aktuellen Richtung zur Position (möglicherweise ist das nicht der kürzeste Abstand).

6 Werkzeugfunktionen

6.1 Werkzeugkorrekturen

Auch bei einwandfreier Vorbereitung der Teileprogramme, Vorrichtungen; Werkzeuge usw. ist es notwendig, Korrekturen, die das verwendete Werkzeug charakterisieren, in die Bearbeitung einfließen lassen zu können. Die PA 8000 speichert und verarbeitet zwei Arten von Werkzeugkorrekturen:

- Werkzeugradiuskorrekturen (zugeordneter Adreßbuchstabe D) und
- Werkzeuglängenkorrekturen (zugeordneter Adreßbuchstabe H).

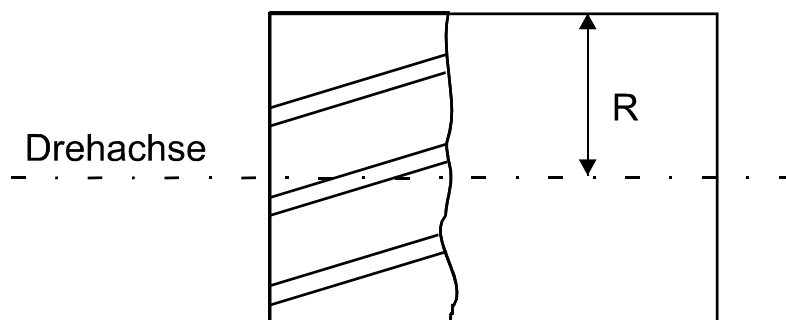
Für jeden Typ der Korrektur kann die Größe und der Verschleiß definiert werden. Intern werden beide Werte addiert.

Beiden Arten von Korrekturwerten sind in der PA 8000 eigene Korrekturwertspeicher zugewiesen. Die Größe dieser Speicher und damit die Anzahl der Korrekturwerte, die gespeichert werden können, ist voreinstellbar; die entsprechenden Werte entnehmen Sie bitte der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers.

6.1.1 Werkzeugradiuskorrekturen

Werkzeugradiuskorrekturen dienen der Berücksichtigung des Radius des eingesetzten Werkzeugs während der Bearbeitung mit Hilfe der Funktion „Bahnkorrektur“ (siehe G40 - G44 Bahnkorrekturen). Der Radiuskorrekturwertspeicher enthält den Werkzeugradius.

Werkzeugradiuskorrektur bei drehbaren Werkzeugen:



6.1.1.1 Eingabe von Werkzeugradiuskorrekturen

Der Werkzeugradiuskorrektur-Speicher kann auf drei Arten mit Werten belegt werden:

- **manuell:**

Hierzu gehen Sie wie folgt vor:

- Wählen Sie in der Betriebsart „DATA“ F1 :Datenauswahl --> F4: Bahnkorrektur an.
- Aktivieren Sie das Feld Bahnkorrektur durch Anklicken, falls es nicht bereits aktiv ist. (Im aktivierten Zustand erscheint es invers).
- Wählen Sie die Betriebsart „DATA“
- Wählen Sie F5:Verändern an.
- Wählen Sie den Speicherplatz an, dessen Wert Sie ändern möchten. (Der Speicherplatz erscheint nun im Eingabefenster. Dort können Sie den alten Wert mit der Backspace-Taste löschen und einen neuen Wert eingeben.)
- Klicken Sie das OK-Feld an oder drücken Sie die Return-Taste.

Ihre Eingaben werden nun in den Korrekturwertspeicher der PA 8000 übernommen und im oberen Fenster auf dem Bildschirm angezeigt.

- **durch Zuweisung in einem Zyklensatz:**

(siehe Allgemeine Zyklenprogrammierung)

- **durch Einlesen einer Datei, die die benötigten Werte enthält:**

Dabei muß ein bestimmtes Dateiformat eingehalten werden, das an das Dateiformat für Teilprogramme (siehe Extern erzeugte NC-Programme) angelehnt ist:

<lf>

% <lf>

DTABXX <lf>

Nummer der Korrekturwert-Tabelle

D001=+00000.000+00000.000 <lf>

.

.

<ETX>

Dateiende-Zeichen

Hinweise:

- Anstelle von <lf> kann auch <cr> <lf> verwendet werden.
- Das Dateiende-Zeichen (in obiger Darstellung <ETX> =03H) ist voreinstellbar.
- XX ist eine zweistellige Tabellen-Nummer.

6.1.1.2 Aufruf von Werkzeugradiuskorrekturwerten

Werkzeugradiuskorrekturwerte werden mit dem Adreßbuchstaben D und der Nummer des gewünschten Korrekturwertspeichers aufgerufen.

Beispiel:

...

N30 G1 X5 Y0 D4

...

Hier wird im Satz N30 der Inhalt des vierten Radiuskorrekturwert-Speichers aufgerufen. Dieser Wert wird für die Funktion „Bahnkorrektur“ verwendet. Ein zuvor aufgerufener Radiuskorrekturwert wird inaktiv durch:

- die Anwahl eines anderen Korrekturwertspeichers
- Programmieren von D0.

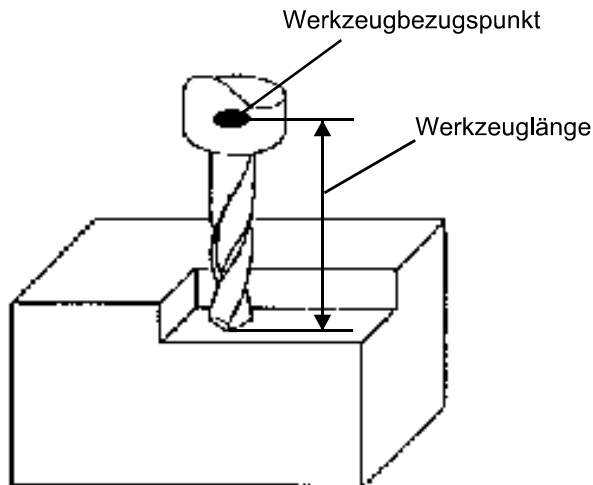
Hinweise:

- Aktive Werkzeugradiuskorrekturen werden in der Betriebsart „Information“ im Fenster Korrekturen angezeigt.
- Bei Splineinterpolation besteht ein Zusammenhang zwischen der Nummer des Radiuskorrekturwert-Speichers und der verwendeten Methode zur Bahnkorrektur (siehe Bahnkorrekturen bei Splineinterpolation).

6.1.2 Werkzeuglängenkorrekturen

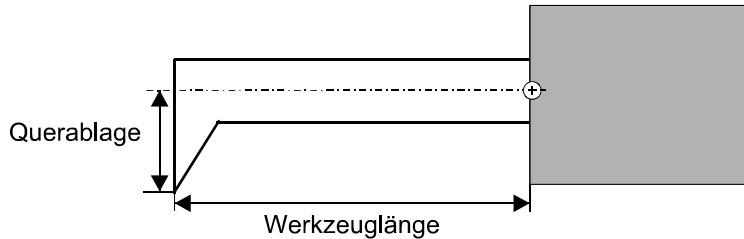
Werkzeuglängenkorrekturen ermöglichen den Ausgleich zwischen der vorgegebenen und der tatsächlichen Werkzeuglänge. Entsprechend enthält der Werkzeuglängenkorrektur-Speicher die Länge des Werkzeugs in Zustellrichtung bezogen auf einen Werkzeugbezugspunkt.

Werkzeuglängenkorrektur bei drehbaren Werkzeugen:



Zusätzlich kann voreingestellt sein, daß der Längenkorrekturwert-Speicher pro Korrekturwert noch einen zweiten Wert enthalten kann, der eine achsparallele Korrektur in Richtung einer weiteren Achse ermöglicht. Damit kann z.B. die Querablage eines Werkzeugs berücksichtigt werden.

Werkzeuiglängenkorrektur bei feststehenden Werkzeugen:



Ob diese Möglichkeit voreingestellt ist, entnehmen Sie bitte der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers.

6.1.2.1 Eingabe von Werkzeuiglängenkorrekturwerten

Der Werkzeuiglängenkorrektur-Speicher kann ebenfalls auf drei Arten mit Werten belegt werden:

- **manuell:**

Hierzu gehen Sie wie folgt vor:

- Wählen Sie in der Betriebsart „DATA“ F1 :Datenauswahl --> F3: Längenkorrektur an.
- Aktivieren Sie das Feld Längenkorrektur durch Anklicken, falls es nicht bereits aktiv ist. (Im aktiven Zustand erscheint es invers).
- Klicken Sie das **OK**-Feld an, oder drücken Sie die **Return**-Taste.
- Wählen Sie die Betriebsart „DATA“
- Wählen Sie F5 : Verändern an.
- Klicken Sie den Speicherplatz an, dessen Wert Sie ändern möchten. (Der Speicherplatz erscheint nun im Eingabefenster. Dort können Sie den alten Wert mit der Backspace-Taste löschen und einen neuen Wert eingeben).
- Klicken Sie das OK-Feld an, oder drücken Sie die Return-Taste.

Ihre Eingaben werden nun in den Korrekturwertspeicher der PA 8000 übernommen und im oberen Fenster auf dem Bildschirm angezeigt.

- **durch Zuweisung in einem Zyklensatz:**
(siehe Allgemeine Zyklenprogrammierung)
- **durch Einlesen einer Datei, die die benötigten Werte enthält:**
Dabei muß das folgende Dateiformat eingehalten werden:

</f>

% <lf>

HTABXX <lf> Nummer der Korrektur wert-Tabelle

H001X=+00000.000+00000.000 Y=+00000.000+00000.000 <lf>

•

•

| | |
|-------|-------------------|
| <ETX> | Dateiende-Zeichen |
|-------|-------------------|

Hinweise:

- Anstelle von <lf> kann auch <cr> <lf> verwendet werden.
- Das Dateiende-Zeichen (in obiger Darstellung <ETX> =03H ist voreinstellbar.
- XX ist eine zweistellige Tabellen-Nummer.
- Die Achsbuchstaben der Achsen, die für Längenkorrekturen voreingestellt sind, müssen mitangegeben werden. Wenn nur eine Achse für Längenkorrekturen voreingestellt ist, dann kann auch nur ein Wert pro Zeile eingegeben werden, jedoch auch in diesem Fall mit Achsbuchstaben.

6.1.2.2 Aufruf von Werkzeuglängenkorrekturen

Werkzeuglängenkorrekturwerte werden mit dem Adreßbuchstaben H und der Nummer des gewünschten Korrekturwertspeichers aufgerufen.

Beispiel:

...

N30 X2 Y1 H2

...

Hier wird im Satz N30 der Inhalt des zweiten Längenkorrekturwert-Speichers aufgerufen und im folgenden bei den Verfahrbewegungen der für Längenkorrekturen voreingestellten Achsen (max. 2) berücksichtigt.

Ein zuvor aufgerufener Längenkorrekturwert wird inaktiv durch:

- Anwahl eines anderen Korrekturwertspeichers,
- Programmierung von H0.

Hinweise:

- Werkzeuglängenkorrekturen sollten am Programmende mit H0 deaktiviert werden.
- Aktive Werkzeuglängenkorrekturen werden während der Programmarbeitung im Achsbild (Betriebsart „AUTOMATIK“ und „MANUELL“) und in der Betriebsart „INFORMATION“ im Fenster Korrekturen angezeigt.

6.2 G40-G44 Bahnkorrekturen

Syntax:

| | |
|----------|---|
| D | Anwahl des Korrekturwertspeichers |
| G40 ... | Bahnkorrektur AUS |
| G41 ... | Bahnkorrektur links der Werkstückkontur |
| G42 ... | Bahnkorrektur rechts der Werkstückkontur |
| G43 ... | Bahnkorrektur links der Werkstückkontur mit verändertem Anfahren |
| G44 ... | Bahnkorrektur rechts der Werkstückkontur mit verändertem Anfahren |

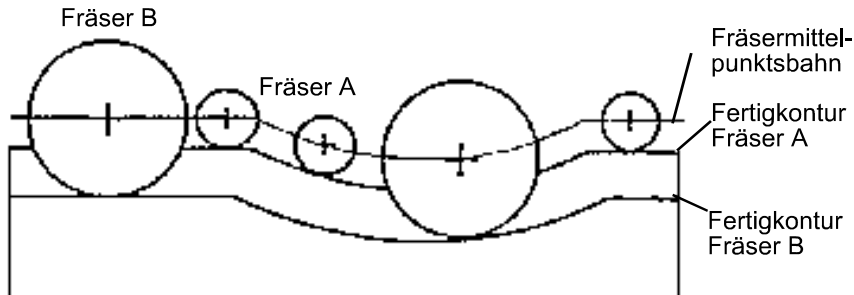
6.2.1 Notwendigkeit von Bahnkorrekturen

In NC-Programmen werden hauptsächlich Werkzeugverfahrbewegungen programmiert. Bei der Programmierung der Verfahrbewegungen kann entweder

- von der Werkstückkontur oder
- von der Fräsermittelpunktsbahn für ein „Normwerkzeug“, d.h. ein Werkzeug mit ganz bestimmten Abmessungen, ausgegangen werden.

In beiden Fällen ist es von Vorteil, wenn die exakten Abmessungen der später tatsächlich eingesetzten Werkzeuge bei der Programmierung noch unberücksichtigt bleiben können und erst bei der Abarbeitung des NC-Programmes berücksichtigt werden müssen. Bleiben die Abmessungen der Werkzeuge bei der Programmabarbeitung unberücksichtigt, können die Werkzeugverfahrbewegungen je nach tatsächlich eingesetztem Werkzeug unterschiedliche Auswirkungen auf die Werkstückkontur haben.

Auswirkung unterschiedlicher Werkzeugradien auf die Werkstückkontur :



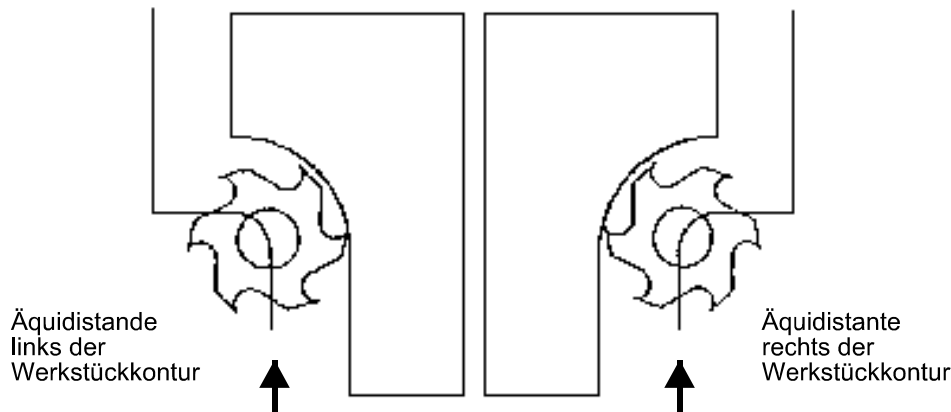
Aus der Abbildung wird deutlich:

Beim Einsatz eines Fräasers mit relativ kleinem Radius (A) wird bei der Abarbeitung des gleichen NC- Programms vom Werkstück weniger Material abgenommen als beim Einsatz eines Fräasers mit relativ großem Radius (B) bei gleicher Fräsermittelpunktsbahn.

Eine solche Abhängigkeit der Fertigkontur des Werkstückes von den Werkzeugabmessungen ist unerwünscht. Um solche Abhängigkeiten zu vermeiden, stehen G-Anweisungen für Bahnkorrekturen zur Verfügung. Werden diese G-Anweisungen aktiviert, bewegt sich das Werkzeug je nach Größe bzw. Abmessung auf einer Bahn, die einen bestimmten, während der Bearbeitung gleichbleibenden Abstand zur programmierten Kontur hat.

Der Abstand wird dabei von der PA 8000 je eingesetztem Werkzeug so berechnet, daß das Werkstück exakt die gewünschten Maße erhält. Die Bahn, auf der sich das Werkzeug bewegt und die zur Werkstückkontur stets einen gleichbleibenden Abstand hat, wird **Äquidistante** genannt.

Um diese Äquidistante, auf der das Werkzeug verfahren werden muß, ermitteln zu können, benötigt die Steuerung u.a. die Daten des eingesetzten Werkzeugs und die Angabe, ob die Äquidistante in Verfahrrichtung links oder rechts der Werkstückkontur liegen muß, wie die folgende Abbildung verdeutlicht:



Hierbei wird immer die (mit G17 - G20 auswählbare) aktive Ebene zugrunde gelegt, d.h. die Bahnkorrektur findet immer in der aktiven Ebene statt. Zur Ermittlung, ob die Bahnkorrektur in Verfahrrichtung links oder rechts der Werkstückkontur erfolgen soll, ist in die negative Richtung der auf der aktiven Ebene senkrecht stehenden Achse zu schauen.

Die Steuerung bezieht die Werkzeugdaten aus dem Werkzeugradiuskorrektur-Speicher. Sie werden beim Einrichten entweder anhand des Einrichteblattes in die CNC-Steuerung eingegeben oder aber eingelesen.

Wird bei der Programmerstellung von der Werkstückkontur ausgegangen, so gibt der Bahnkorrekturwert den Radius des Werkzeuges an. Wird bei der Programmerstellung von einem Normwerkzeug ausgegangen, so gibt der Bahnkorrekturwert die Abweichung des Radius des tatsächlich eingesetzten Werkzeuges vom Normwerkzeugradius an.

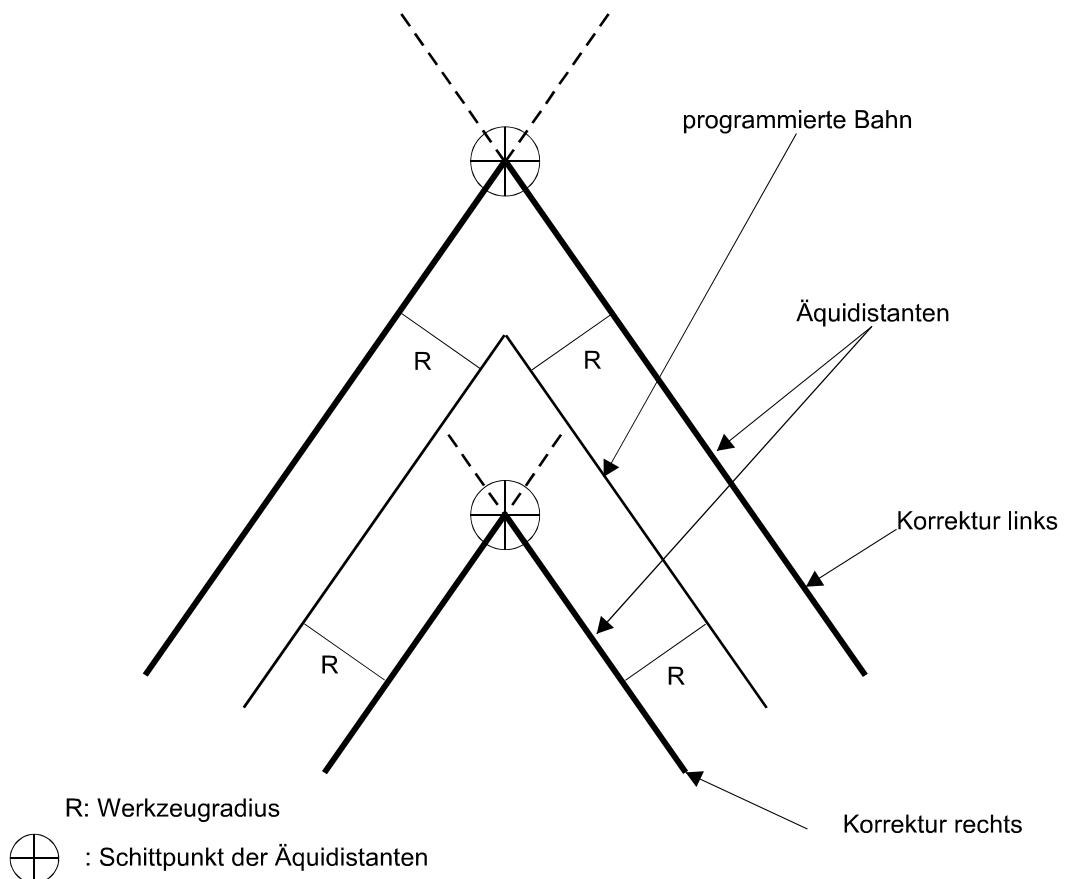
Im folgenden wird davon ausgegangen, daß bei der Programmerstellung die Werkstückkontur programmiert wurde.

6.2.2 Prinzip der Bahnkorrektur, Schnittpunktverfahren

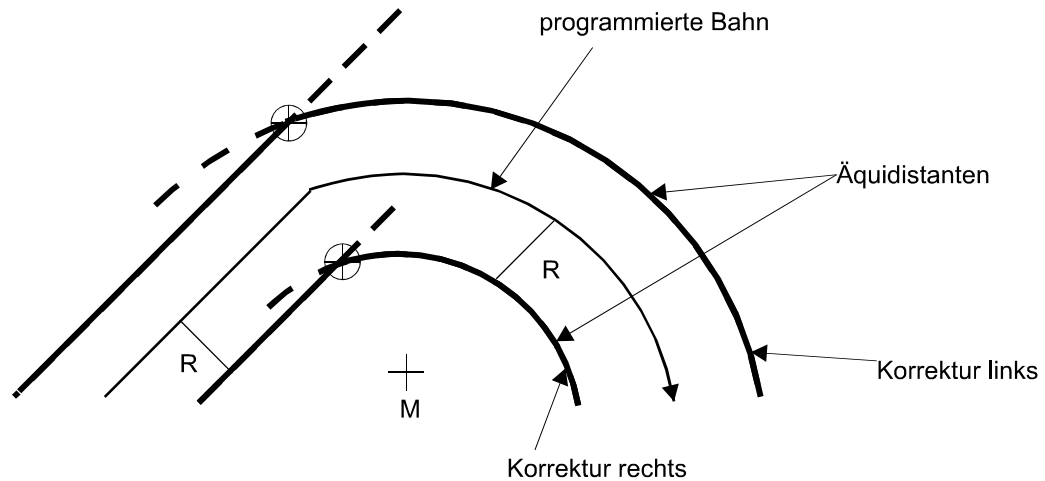
Bei aktiver Bahnkorrektur wird bei der Satzabarbeitung auf einer Äquidistanten zur programmierten Kontur verfahren; an Satzübergängen wird jeweils der Schnittpunkt der verlängerten Äquidistantenbahnen des aktuell in Abarbeitung befindlichen Satzes und des Folgesatzes angefahren und wird dort angehalten. Ergibt sich kein Schnittpunkt, werden lineare Zwischensätze erzeugt.

Beispiele zum Schnittpunktverfahren:

Bahnkorrektur am Satzübergang Gerade/Gerade:



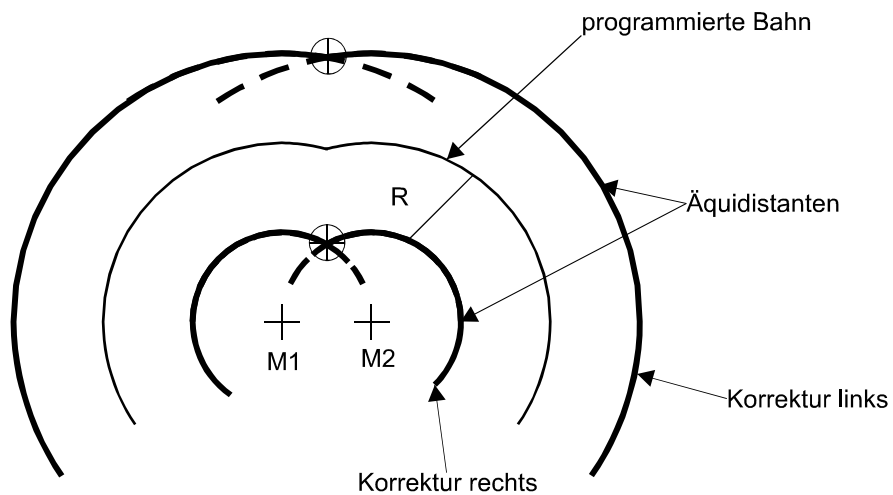
Bahnkorrektur am Satzübergang Gerade/Kreisbogen



R : Werkzeugradius

⊕ : Schnittpunkt der Äquidistanten

Bahnkorrektur am Satzübergang Kreisbogen/Kreisbogen



R : Werkzeugradius

⊕ : Schnittpunkt der Äquidistanten

6.2.3 Programmierung von Bahnkorrekturen

Bahnkorrekturen werden mit den Anweisungen G41 bis G44 aktiviert.

Mit den Anweisungen G41 bzw. G43 wird eine Bahnkorrektur programmiert, bei der die Äquidistante in Werkzeugverfahrungsrichtung links der Werkstückkontur liegt.

Mit den Anweisungen G42 bzw. G44 wird eine Bahnkorrektur programmiert, bei der die Äquidistante in Werkzeugverfahrungsrichtung rechts der Werkstückkontur liegt.

Die Anweisungen G41 und G43 bzw. G42 und G44 unterscheiden sich jeweils durch das Anfahrverhalten der Achsen (siehe Abschnitt Anfahr- bzw. Wegfahrverhalten der Achsen).

Die exakten Maße des jeweiligen Werkzeuges, die die Steuerung zur Ermittlung der Äquidistantenbahn benötigt, sind im Werkzeugradiuskorrektur-Speicher abgelegt.

Diese Korrekturwerte werden mit dem Adreßbuchstaben D in Verbindung mit der Nummer des gewünschten Korrekturwertspeichers aktiviert.

Hierbei sind auch negative Korrekturwerte möglich. G41 bzw. G42 in Verbindung mit einem negativen Korrekturwert ist gleichbedeutend mit G42 bzw. G41 in Verbindung mit einem positiven Korrekturwert gleichen Betrags.

Der Aufruf der Korrekturwerte und die Aktivierung der Bahnkorrektur können in verschiedenen NC-Sätzen (Beispiel A) oder im gleichen NC-Satz (Beispiel B) programmiert werden.

Beispiel A:

| | |
|---------|---|
| N10 D7 | Aufruf des 7. Werkzeugradiuskorrekturwertes aus dem Korrekturwertspeicher |
| N20 G41 | Aktivierung der Bahnkorrektur (Äquidistante links der Werkstückkontur) |

Beispiel B:

| | |
|------------|--|
| N10 G41 D2 | Aufruf des 2. Werkzeugradiuskorrekturwertes aus dem Korrekturwertspeicher und Aktivierung der Bahnkorrektur (Äquidistante links der Werkstückkontur) |
|------------|--|

Hinweise:

- In folgenden Fällen ist eine Bahnkorrektur nicht möglich:
 - Achswert setzen mit G92 während der Bahnkorrektur. Es erscheint die Fehlermeldung 121.
 - Programmierbares Referenzpunktanfahren mit G74 während der Bahnkorrektur. Es erscheint die Fehlermeldung 209.
 - Gewindestrehlen (G33; G34). Es erfolgt keine Fehlermeldung; es wird jedoch keine Bahnkorrektur ausgeführt.

6.2.3.1 Anfahrverhalten der Achsen

Der Verfahrssatz nach der Aktivierung einer Bahnkorrektur wird im folgenden Anfahrssatz genannt. Wird eine Bahnkorrektur zusammen mit einer Verfahrenweisung im gleichen Satz programmiert, so wird dieser Satz als Anfahrssatz bezeichnet.

Wird eine Bahnkorrektur mit G41 bzw. G42 aktiviert, so wird zunächst der Schnittpunkt der Äquidistanten von Anfahrssatz und Folgesatz angefahren. Handelt es sich bei dem Anfahrssatz um einen Linearsatz, wird der Schnittpunkt linear angefahren; handelt es sich bei dem Anfahrssatz um einen Zirkularsatz, wird der Schnittpunkt auf einer Spiralbahn angefahren.

Beispiel Lineares Anfahren:

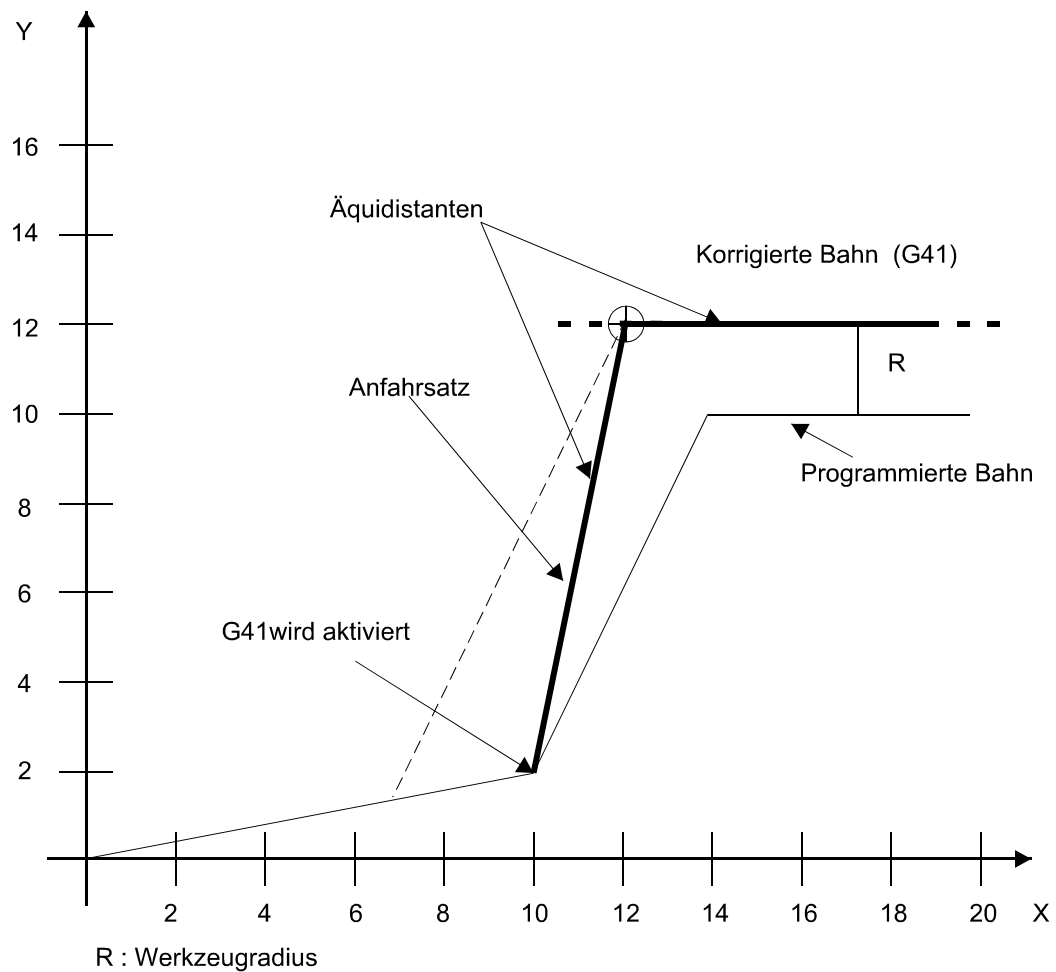
N10 G1 X10 Y2 F1000

N20 G41 D2

N30 X14 Y10

N40 X20

...



⊕ : Schnittpunkt der Äquidistanten des Anfahrsatzes und Folgesatzes

Beispiel Anfahren auf einer Spiralbahn :

N10 G1 X1 Y1 F1000

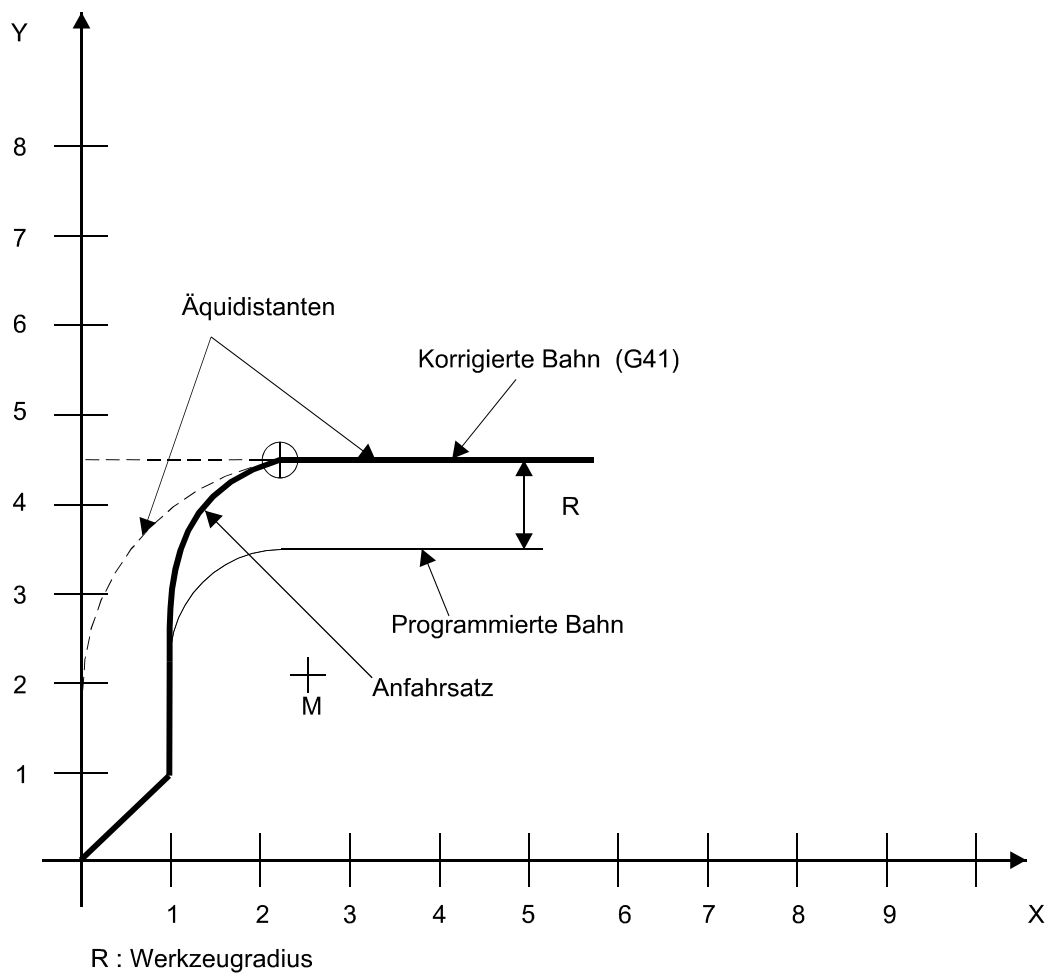
...

N40 Y2

N50 G41 D1

N60 G2 X2.5 Y3.5 11.5

N70 G1 X5



⊕ : Schnittpunkt der Äquidistanten

Durch die Anweisungen G43 bzw. G44 wird ein verändertes Anfahren der Äquidistantenbahn ermöglicht.

Nach der Programmierung von G43 bzw. G44 wird der senkrecht zur programmierten Werkzeugbahn versetzte Startpunkt der Äquidistantenbahn des Folgesatzes angefahren. Wesentlich ist hierbei, daß die Anweisungen G43 und G44 in einem Verfahrssatz zu programmieren sind. Ist dies nicht der Fall, haben diese Anweisungen die gleiche Wirkung wie G41 bzw. G42.

Beispiel Bahnkorrektur G41 und G43 im Vergleich:

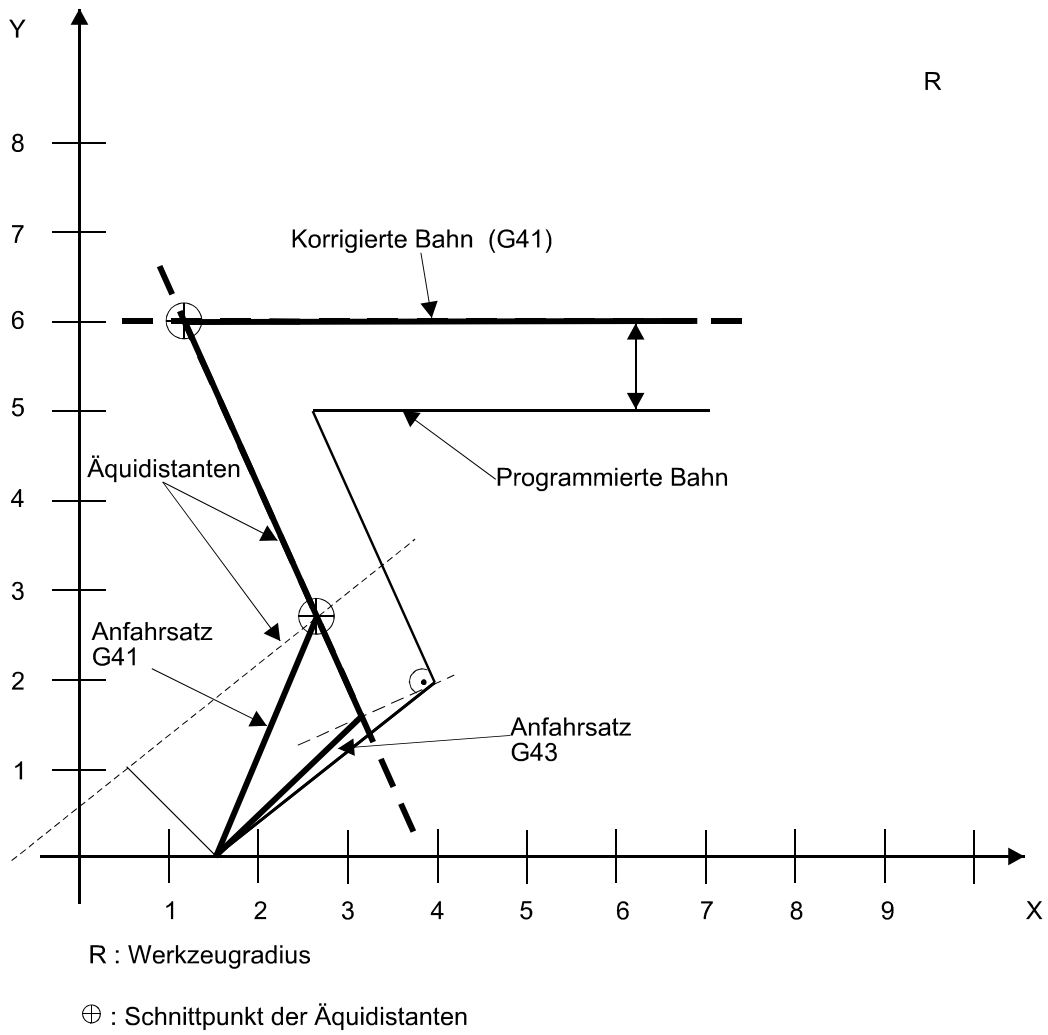
N10 G1 X1,5 Y0

N20 G41 D1 X4 Y2 bzw. N20 G43 D1 X4 Y2

N30 X3 Y5

N40 X7

...



Aus der Abbildung wird deutlich, daß bei der Programmierung mit G41 die gewünschte Werkstückkontur nicht exakt erzielt würde.

Hinweise:

- Die Anweisungen G43 und G44 unterscheiden sich nur im Anfahrverhalten von G41 und G42, ansonsten (insbesondere beim Wegfahren) besteht kein Unterschied zwischen G43/G44 und G41 /G42.

6.2.3.2 Wegfahrverhalten der Achsen

Mit der Anweisung G40 wird die Bahnkorrektur deaktiviert. Bahnkorrekturen werden außerdem deaktiviert durch D0 und die Anwahl eines Werkzeugkorrekturwert-Speichers, der den Wert 0 enthält.

Der erste NC-Satz mit einer Verfahrenweisung nach der Deaktivierung einer Bahnkorrektur mit der Anweisung G40 wird im folgenden Wegfahrsatz genannt. Wird G40 zusammen mit einer Verfahrenweisung im gleichen Satz programmiert, so wird dieser Satz als Wegfahrsatz bezeichnet.

Die Äquidistantenbahn wird am Schnittpunkt der Äquidistante des letzten Satzes mit Bahnkorrektur und der Äquidistante des Wegfahrsatzes linear bzw. auf einer Spiralbahn verlassen.

Beispiel Lineares Wegfahren :

N20 G41 D1

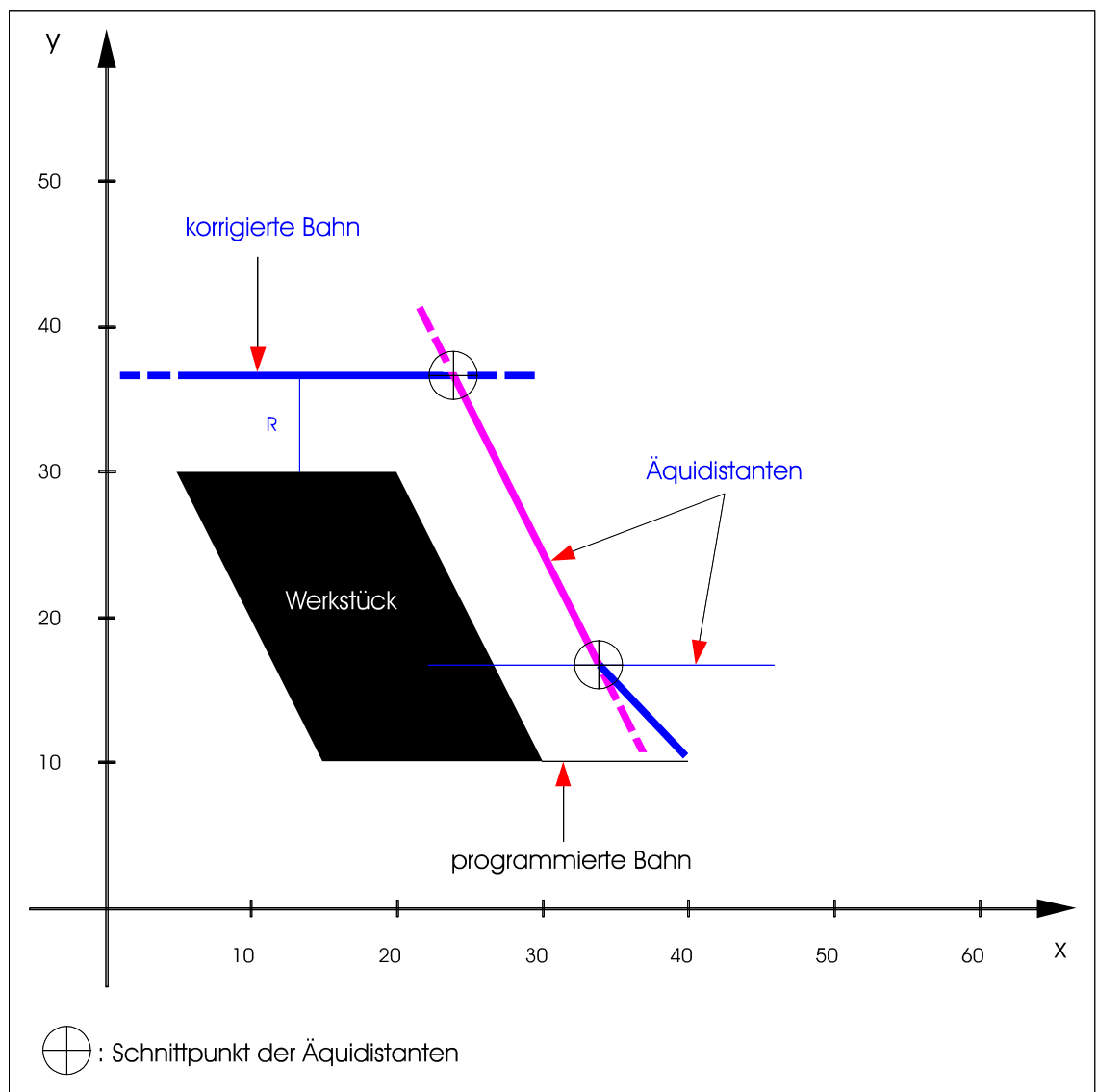
N30...

N40 G1 X20 Y30

N50 X30 Y10

N60 G40 X40

...



Beispiel Wegfahren auf einer Spiralbahn :

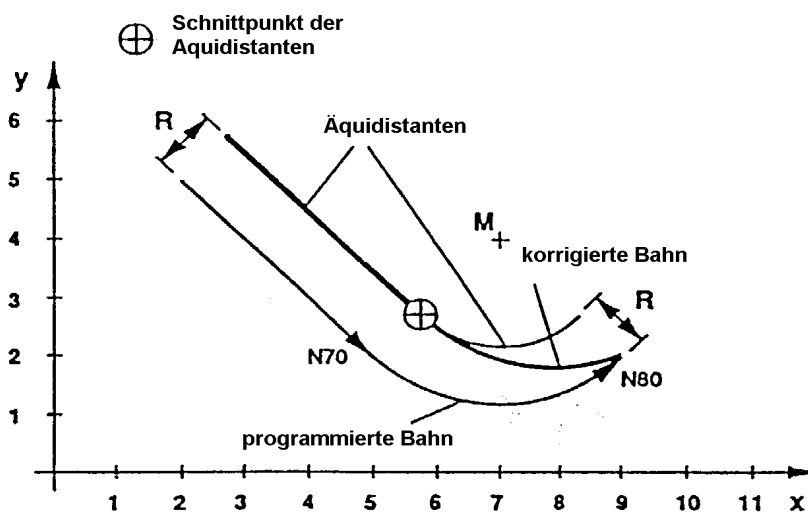
N40 G41 D1

...

N70 X5 Y2

N80 G3 X9 Y2 I2 J2 D0

...



Nach einer Deaktivierung der Bahnkorrektur mit der Anweisung G40 kann das Werkzeug durch erneutes Programmieren von G41 /G43 bzw. G42/G44 unter Beibehaltung des Korrekturwertes wieder auf die vorherige Äquidistantenbahn zurückgeführt werden.

6.2.3.3 Zwischensätze

Weisen die Äquidistanten zweier aufeinanderfolgender Verfahrssätze keinen Schnittpunkt auf, so generiert die PA 8000 automatisch bis zu drei lineare Zwischensätze, nach denen dann am Übergang der beiden Sätze verfahren wird.

Generierung von Zwischensätzen, Beispiel 1:

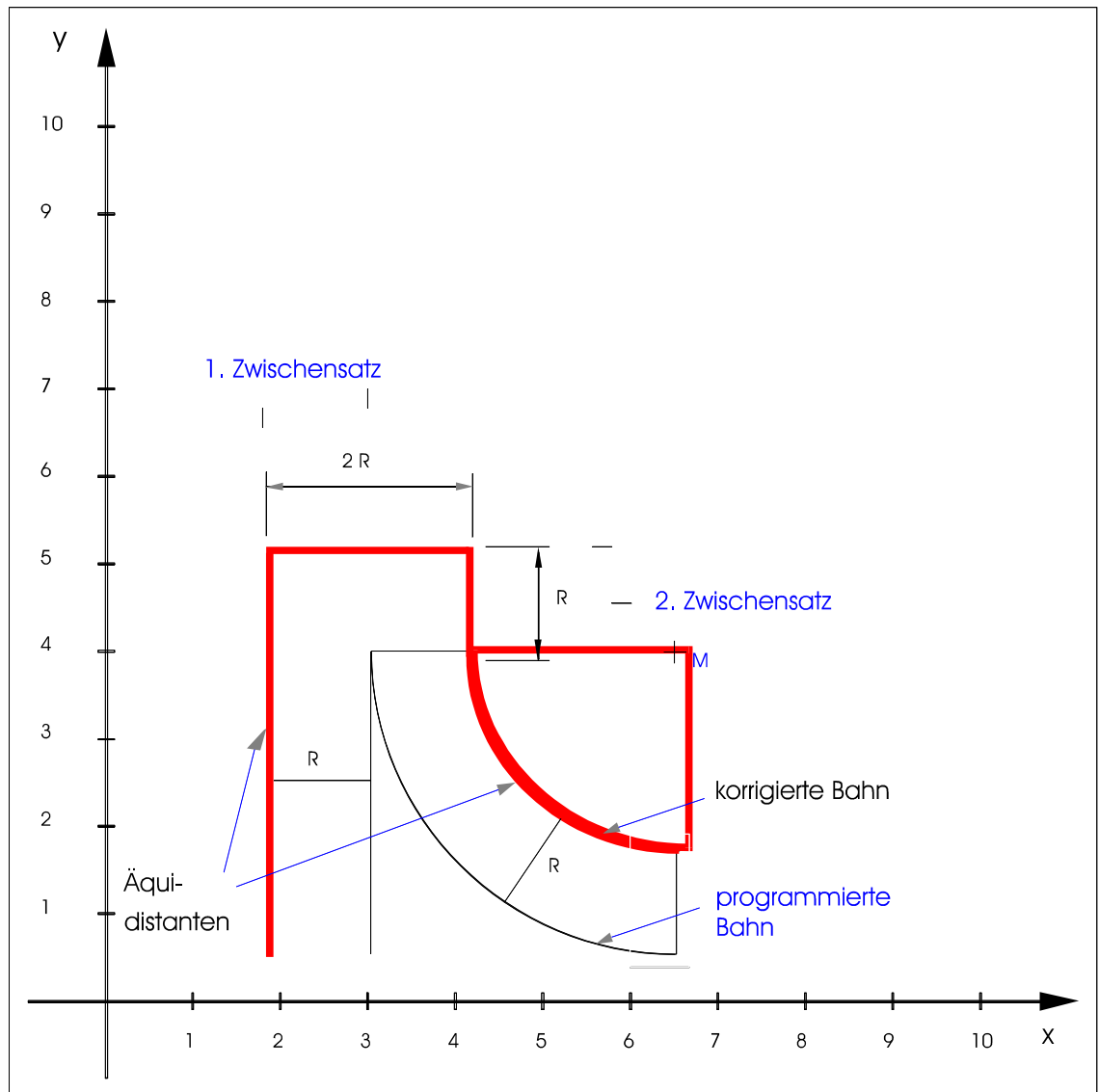
N30 G41 D1

N40...

N50 G1 Y4

N60 G3 X6 Y0.5 I3.5

. . .



Generierung von Zwischensätzen, Beispiel 2:

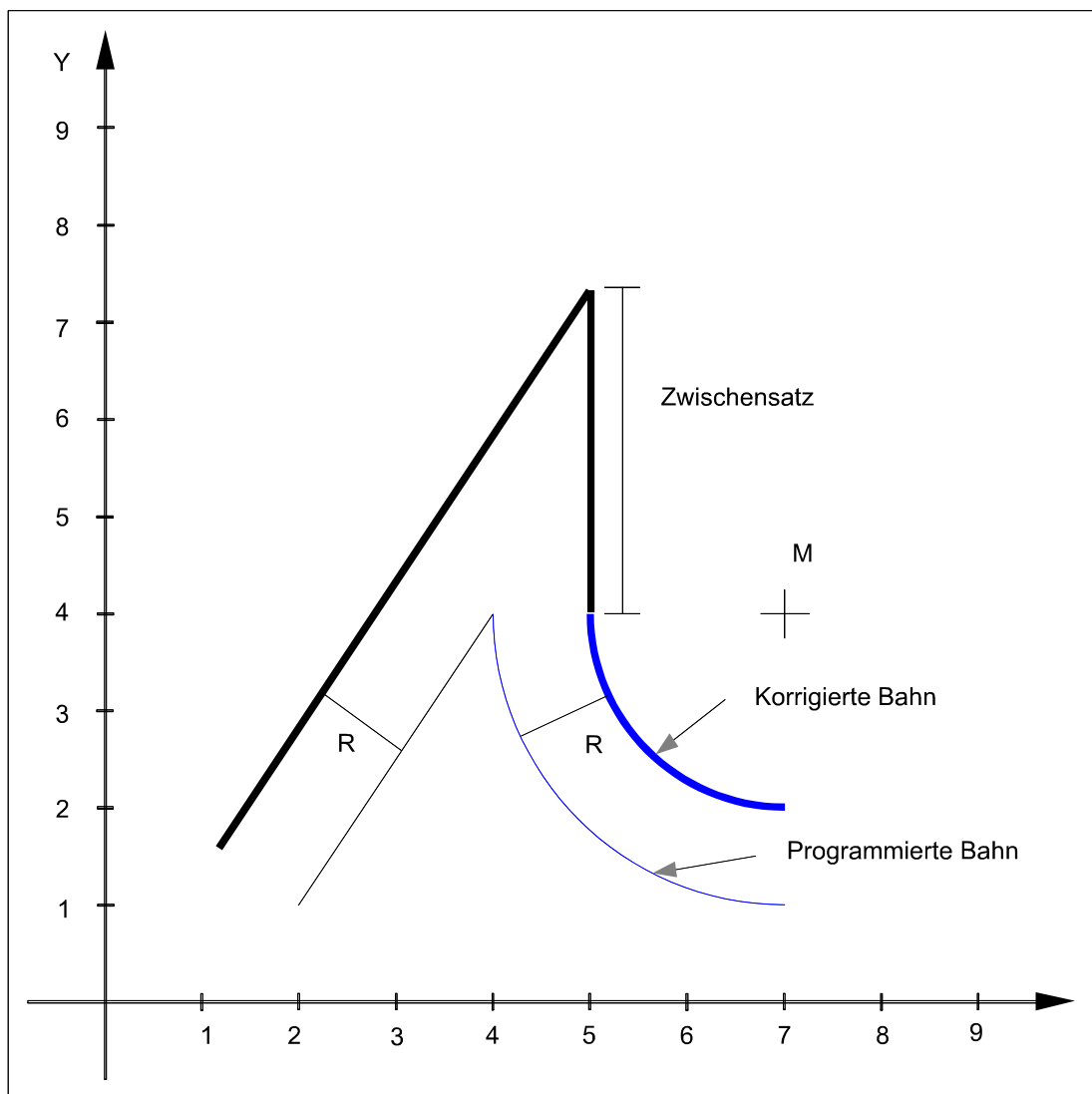
N30 G41 D1

N40. . .

N50 G1 X4 Y4

N60 G3 X7 Y1 I3

. . .



In Fällen wie diesem kann der Verfahrenweg abgekürzt werden (siehe. Winkelabkürzung).

Generierung von Zwischensätzen, Beispiel 3:

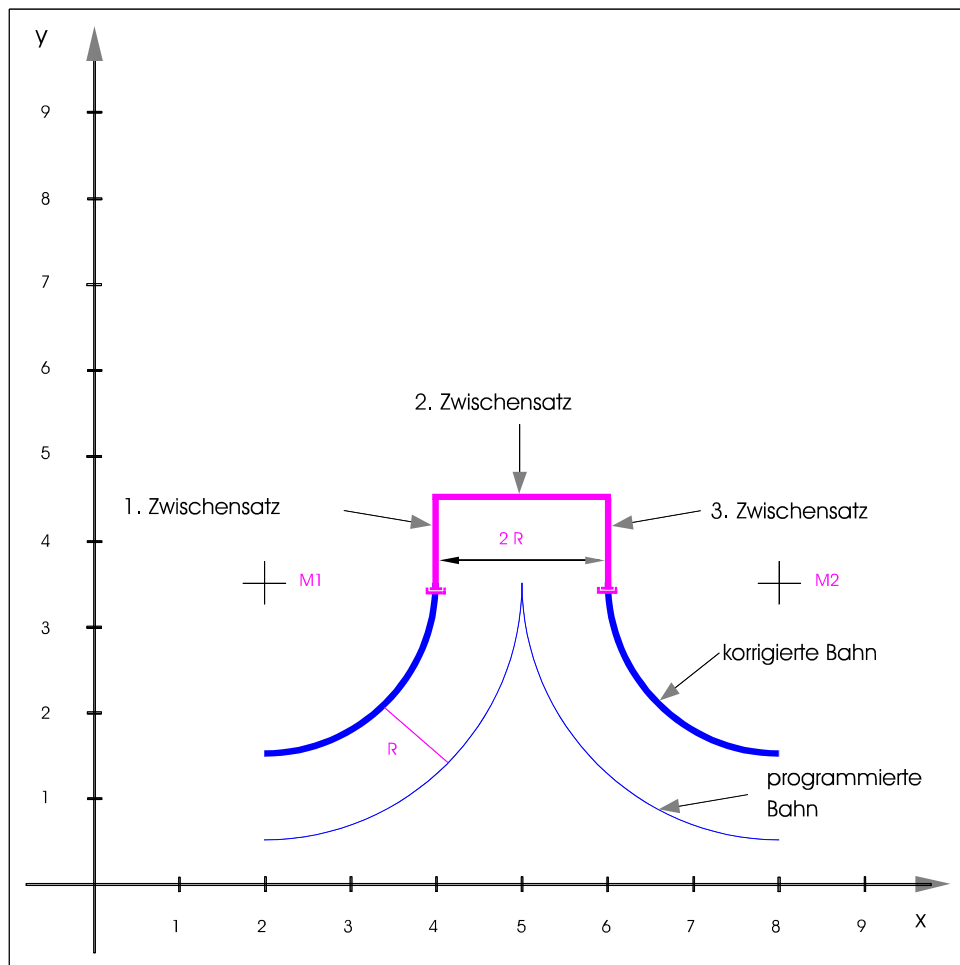
N30 G41 D1

...

N50 G3 X5 Y3.5 J3

N60 X8 Y0.5 I3

...



6.2.3.4 Winkelabkürzung

Liegt der Schnittpunkt zweier Äquidistanten sehr weit von dem programmierten Punkt entfernt, so müßte ein unverhältnismäßig langer Fahrweg zurückgelegt werden, um diesen Schnittpunkt zu erreichen.

In solchen Fällen (d.h. in Fällen, in denen der von den beiden Äquidistanten eingeschlossene Winkel einen voreinstellbaren Wert unterschreitet) wird der Werkzeugfahrweg abgekürzt; es wird nicht der Schnittpunkt der Äquidistanten angefahren, sondern gemäß eines linearen Zwischensatzes verfahren.

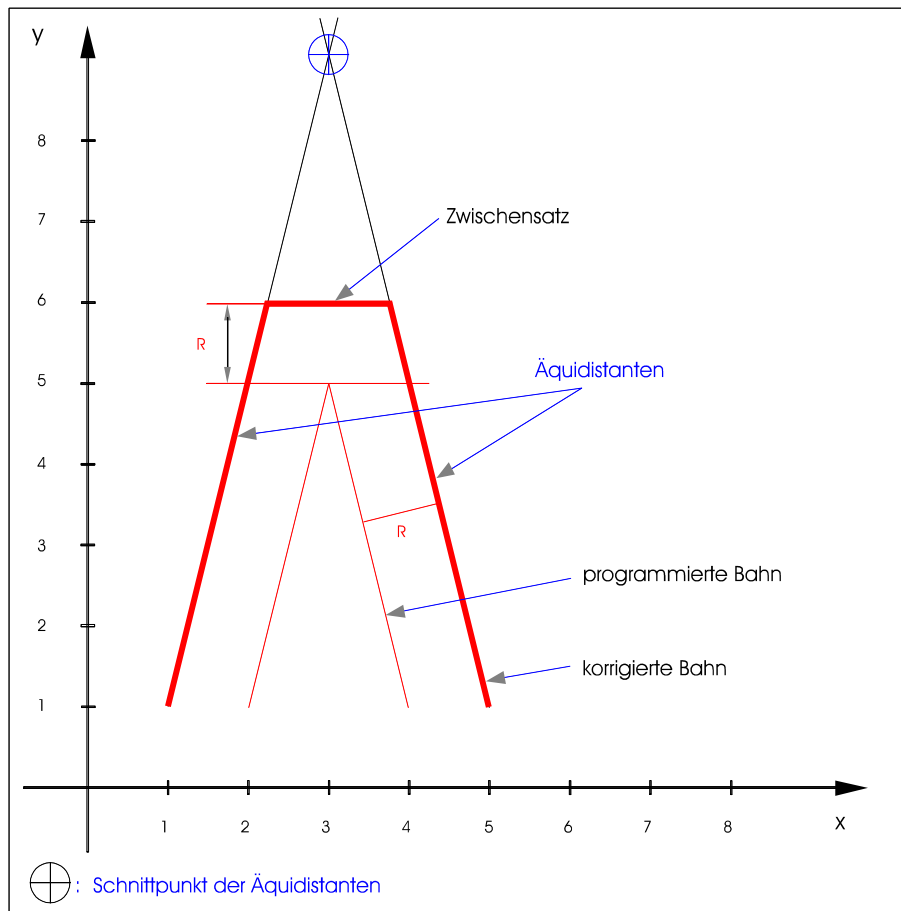
Beispiel Winkelabkürzung:

N30 G41 D1

...

N50 X3 Y5

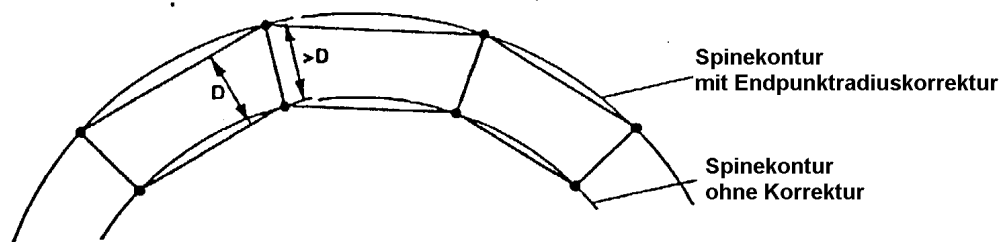
N60 X4 Y1



6.2.4 Bahnkorrekturen bei Splineinterpolation

Bei der Splineinterpolation sind zwei verschiedene Arten von Bahnkorrekturen möglich:

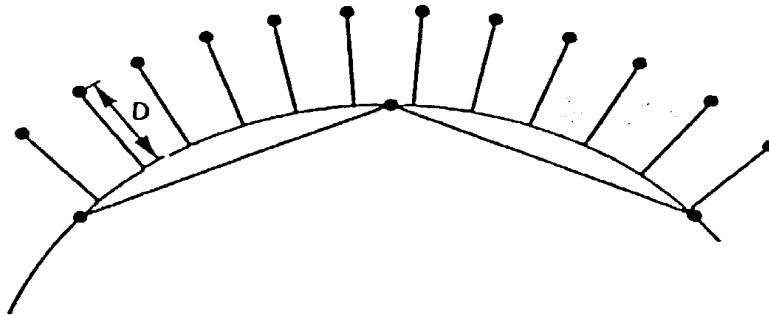
Endpunktradiuskorrektur



Die Endpunktradiuskorrektur beinhaltet folgende Schritte:

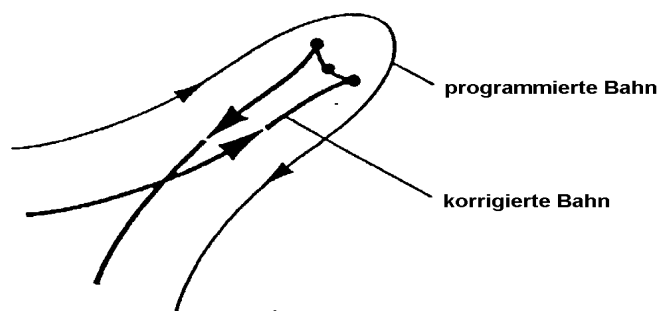
- Zuerst wird der Bereich des Winkels zwischen den Verbindungsgeraden der programmierten Endpunkte berechnet.
- Der Korrektorendpunkt ist anschließend der Punkt in diesem Bereich, der genau den Abstand D zum programmierten Endpunkte darstellt.
- Die einzige Ausnahme hierbei ist die Bildung des ersten und des letzten Splinepunkts.
- Die Korrekturpunkte werden in diesem Fall vom Schnittpunkt zwischen den Verbindungsgeraden und den vorhergehenden oder folgenden Korrektursegmenten gebildet (Gerade oder Kreis).
- Im einzelnen bedeutet das, daß in diesen beiden Fällen der Abstand des Korrekturpunkts zum programmierten Endpunkt größer ist als der Korrekturwert.
- Die Korrektorendpunkte bilden die Splinepunkte für die Berechnung der Korrekturbahn. Daher verläuft die Korrekturbahn zwischen den Satzpunkten nicht genau äquidistant zur ursprünglichen Bahn.

Echtzeitradiuskorrektur:



Hier erfolgt die Bahnkorrektur in Echtzeit senkrecht zu der durch die unkorrigierten Satzendpunkte gelegten Splinekontur. (Die ermittelten Punkte liegen sehr viel dichter als in der Abbildung angedeutet.)

Bei der Echtzeitradiuskorrektur ist der mittlere Abstand der korrigierten zur unkorrigierten Bahn gleich D , d.h. es tritt keine Steigerung an den Satzenden auf wie es bei der Endpunktradiuskorrektur der Fall sein kann, obwohl einige interne Konturen verarbeitet werden, kann es bei der Echtzeitradiuskorrektur dazu kommen, daß ungenügend Material entfernt wird .



Welche der beiden Möglichkeiten zur Anwendung kommt, hängt von der Nummer der D-Korrektur ab.

Unterhalb einer festgelegten D-Nummer kommt die Möglichkeit 1 zur Anwendung, ab dieser D-Nummer die Möglichkeit 2. Diese Aufteilung der D-Korrekturen ist voreinstellbar und geht aus den Inbetriebnahmeunterlagen bzw. der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers hervor.

6.2.5 Bahngeschwindigkeitsabweichungen

Bei aktiver Bahnkorrektur können bei der Programmabarbeitung Abweichungen von den sich aus dem Programm ergebenden Bahngeschwindigkeiten auftreten. Dies liegt darin begründet, daß sich die programmierten Bahngeschwindigkeiten auf die programmierte Bahn (ohne Bahnkorrektur) bzw. den Werkzeugangriffspunkt (bei aktiver Bahnkorrektur) beziehen.

Bahnkorrekturen bewirken jedoch, daß sich der Fräsermittelpunkt nicht auf dieser Bahn, sondern auf einer Äquidistanten bewegt. Dadurch muß der Fräsermittelpunkt je nach Kontur auf längeren Wegen (z.B. bei der Kreisaußenbearbeitung) bzw. auf kürzeren Wegen (z.B. bei der Kreisinnenbearbeitung) verfahren werden.

Die PA 8000 bietet abhängig von der Interpolationsart die Möglichkeit, derartige Bahngeschwindigkeitsabweichungen zu steuern.

Bei Linearinterpolation sowie der Splineinterpolation mit Endpunktradiuskorrektur beziehen sich die programmierten Vorschübe immer auf die Werkzeugmittelpunktsbahn, d.h. es treten keine Abweichungen von der programmierten Geschwindigkeit auf.

Bei Kreisinterpolation sowie der Splineinterpolation mit Echtzeitradiuskorrektur beziehen sich die programmierten Vorschübe auf die korrigierte Bahn. Das Verhalten der PA 8000 bezüglich der daraus resultierenden Achsgeschwindigkeitsabweichungen kann wie folgt voreingestellt werden:

- Geschwindigkeitserhöhung bei Außenkonturen, keine Änderung bei Innenkonturen
- Geschwindigkeitsverringern bei Innenkonturen, keine Änderung bei Außenkonturen
- Geschwindigkeitserhöhung bei Außenkonturen, Geschwindigkeitsverringern bei Innenkonturen

Standardmäßig ist bei Kreis- und Splineinterpolation die dritte Möglichkeit voreingestellt.

6.2.6 Sonderfälle

6.2.6.1 NC-Sätze ohne Verfahrinformationen:

NC-Sätze ohne Verfahrinformationen bzw. mit Verfahrinformationen, die nicht zu Achsbewegungen in der aktiven Ebene führen

Verhalten der Steuerung:

Der Satz nach einem NC-Satz ohne Verfahrinformationen bzw. mit Verfahrinformationen, die nicht zu Achsbewegungen in der aktiven Ebene führen, wird wie ein Anfahrsatz behandelt. Bei der Abarbeitung des Satzes vor diesem „Anfahrsatz“ wird der Versatzpunkt des programmierten Zielpunktes angefahren.

Beispiel:

N20 G41 bzw. G42 D1

N30 G1 X6 Y10

N40 X12

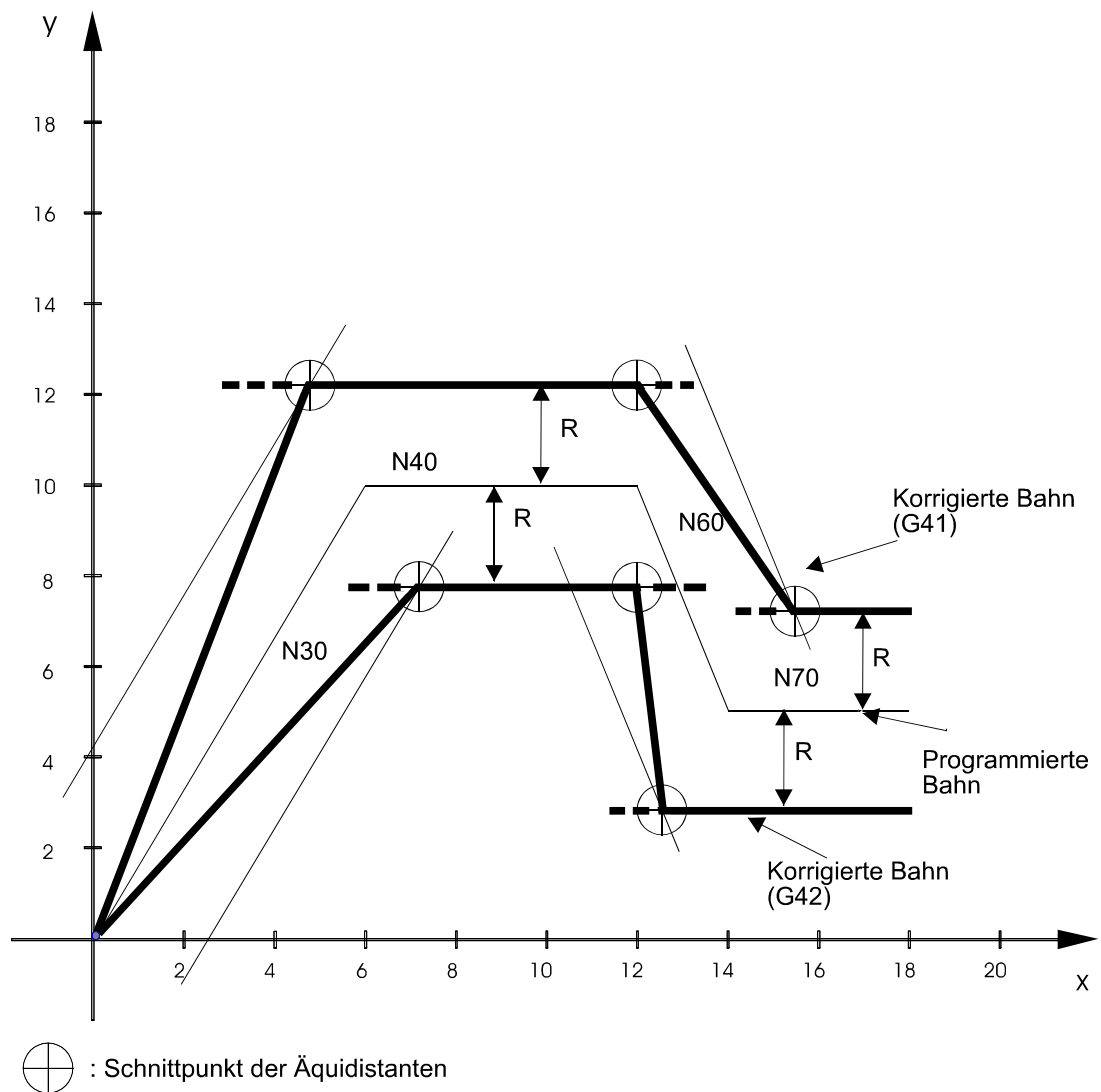
N50...

(Satz ohne Verfahrinformation in der aktiven Ebene)

N60 X14 Y5

N70 X18

N80...



Achtung:

Ein Ebenenwechsel darf nur bei ausgeschalteter Bahnkorrektur (aktives G40) programmiert werden.

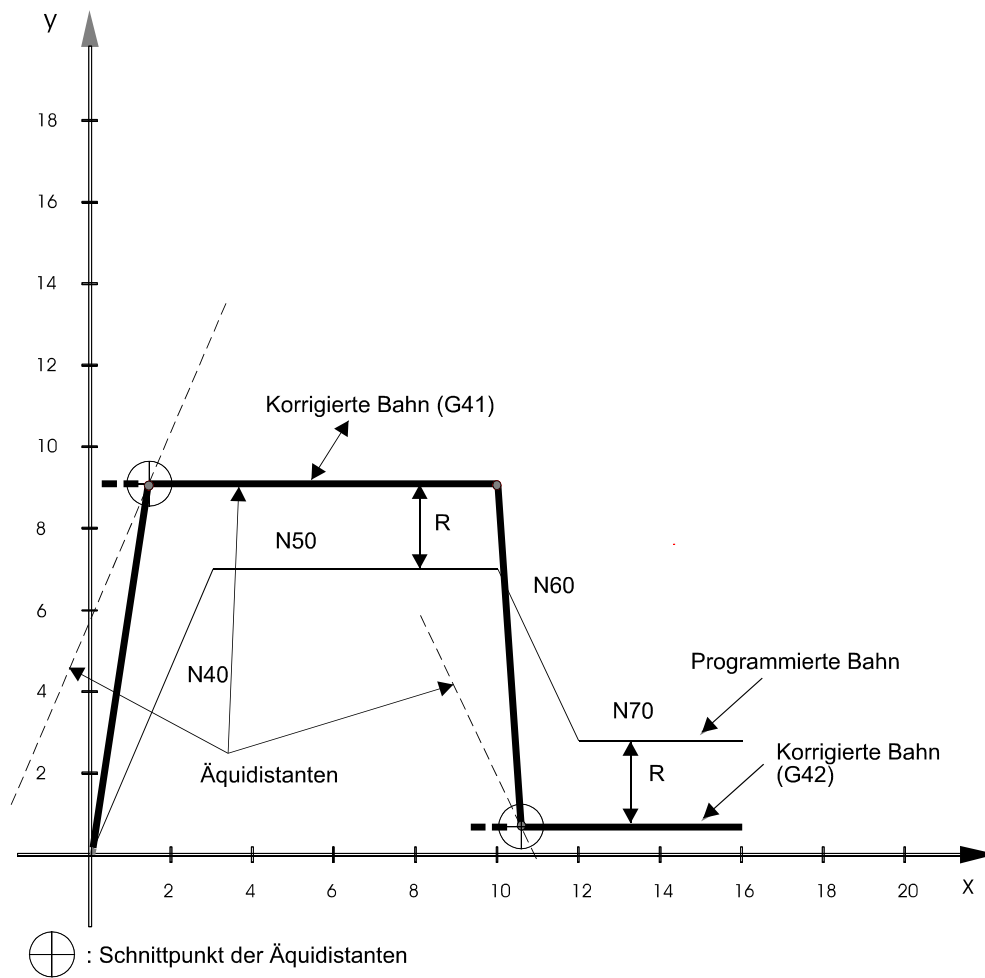
6.2.6.2 Änderung der Korrekturrichtung (Wechsel zwischen G41 und G42):

Verhalten der Steuerung:

Der Satz, in dem der Wechsel zwischen G41 und G42 programmiert wurde, wird wie ein Anfahrsatz behandelt. Bei der Abarbeitung des Satzes vor diesem „Anfahrsatz“ wird der Versatzpunkt des programmierten Zielpunktes angefahren.

Beispiel:

```
...G1
N40 G41 X3 Y7 D1
N50 X10
N60 G42 X12 Y3
N70 X16          (Wechsel der Korrekturrichtung)
...
```



6.2.6.3 Vorzeichenwechsel des Korrekturwertes

Verhalten der Steuerung:

Der Satz, in dem der Korrekturwert mit umgekehrtem Vorzeichen aufgerufen wird, wird wie ein Anfahrsatz behandelt. Bei der Abarbeitung des Satzes vor diesem „Anfahrsatz“ wird der Versatzpunkt des programmierten Zielpunktes angefahren.

Beispiel:

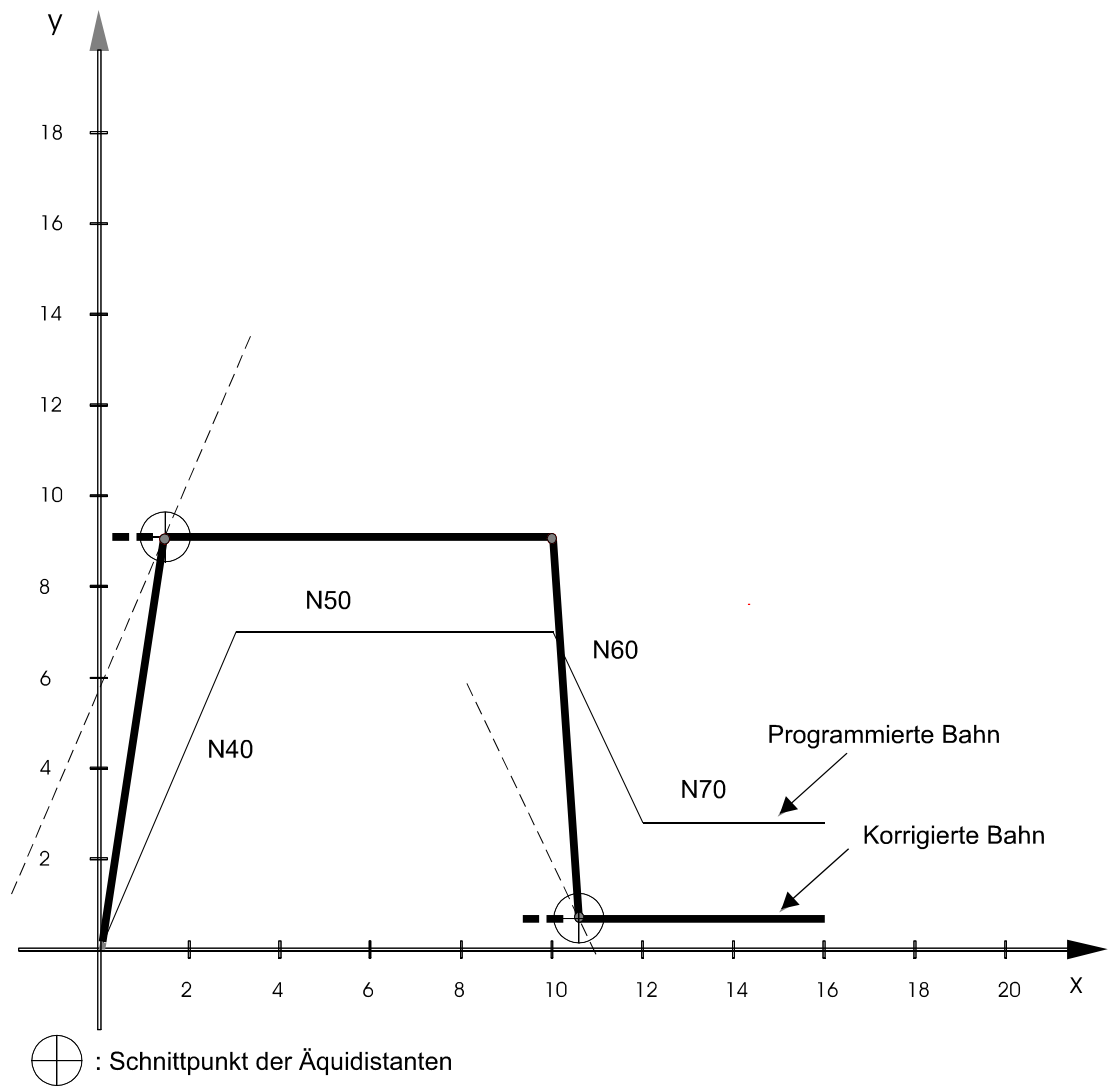
... G1...

N40 G41 X3 Y7 D1 D1 = 2 -

N50 X10 D2 = -2

N60 X12 Y3 D2 (Vorzeichenwechsel des Korrekturwertes)

N70 X16



6.2.6.4 Änderung der Korrekturgröße bei gleichem Vorzeichen

Verhalten der Steuerung:

Es wird der Schnittpunkt der letzten Äquidistante mit dem alten Korrekturwert und der ersten Äquidistante mit dem neuen Korrekturwert angefahren.

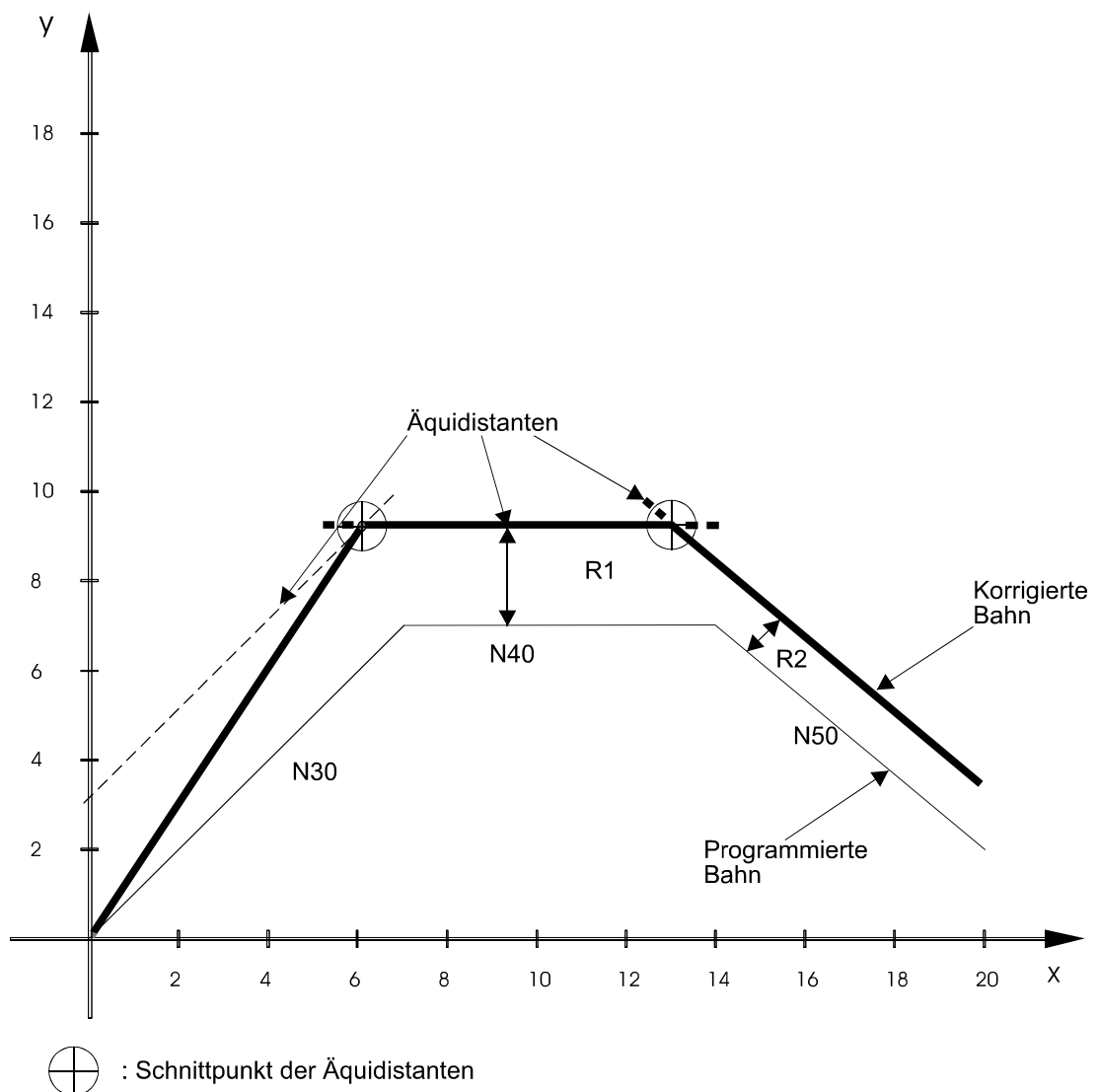
Beispiel 1:

... G1...

N30 G41 X7 Y7 D1 $D1 = 2,2$

N40 X14 $D2 = 1,1 \quad D1 > D2$

N50 X20 Y2 D2 Änderung der Korrekturgröße bei gleichem Vorzeichen



Beispiel 2:

... G1...

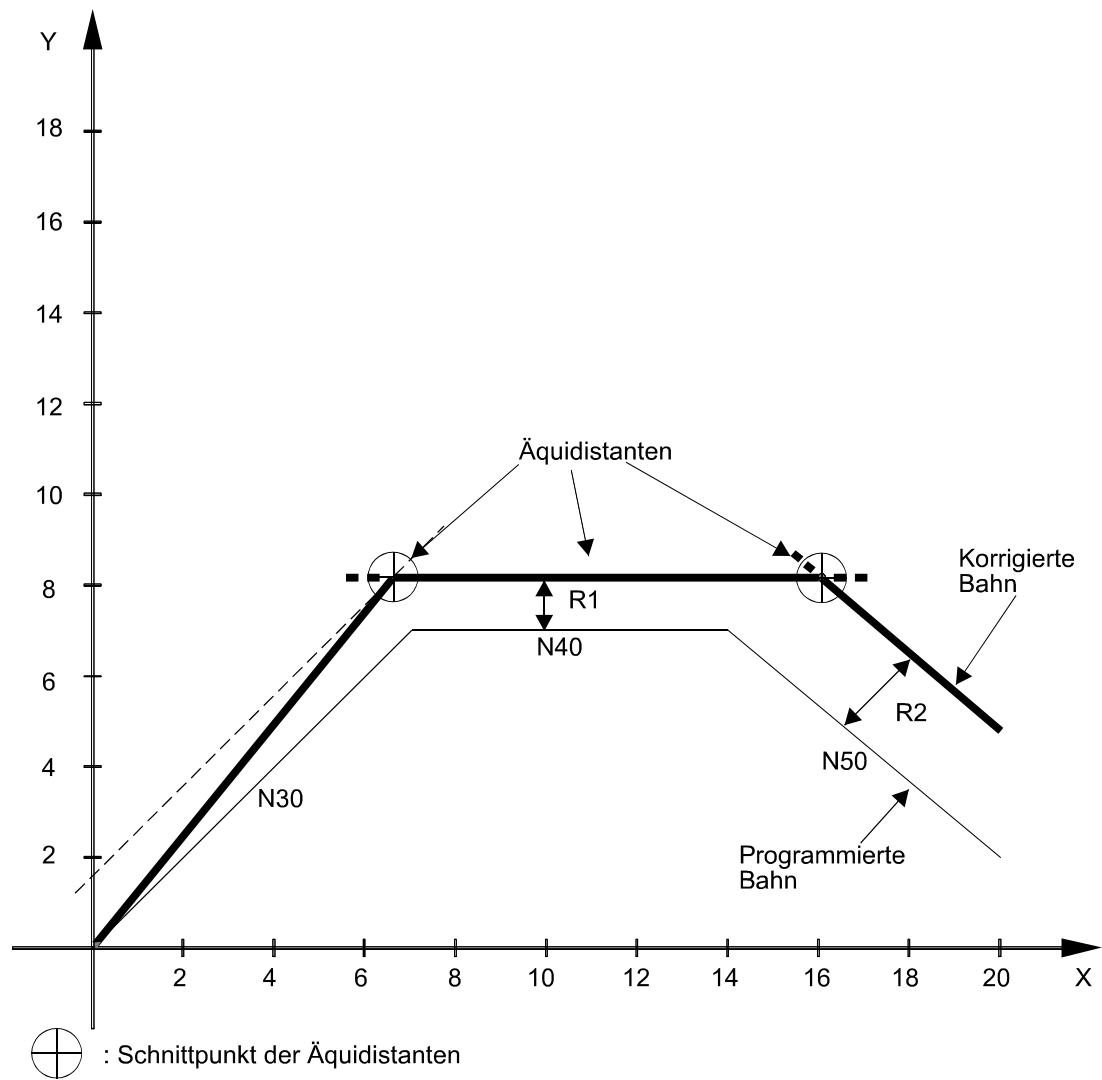
N30 G41 X7 Y7 D1

$D1 = 1,1$

N40 X14

$D2=2,2 \quad D1 < D2$

N50 X20 Y2 D2

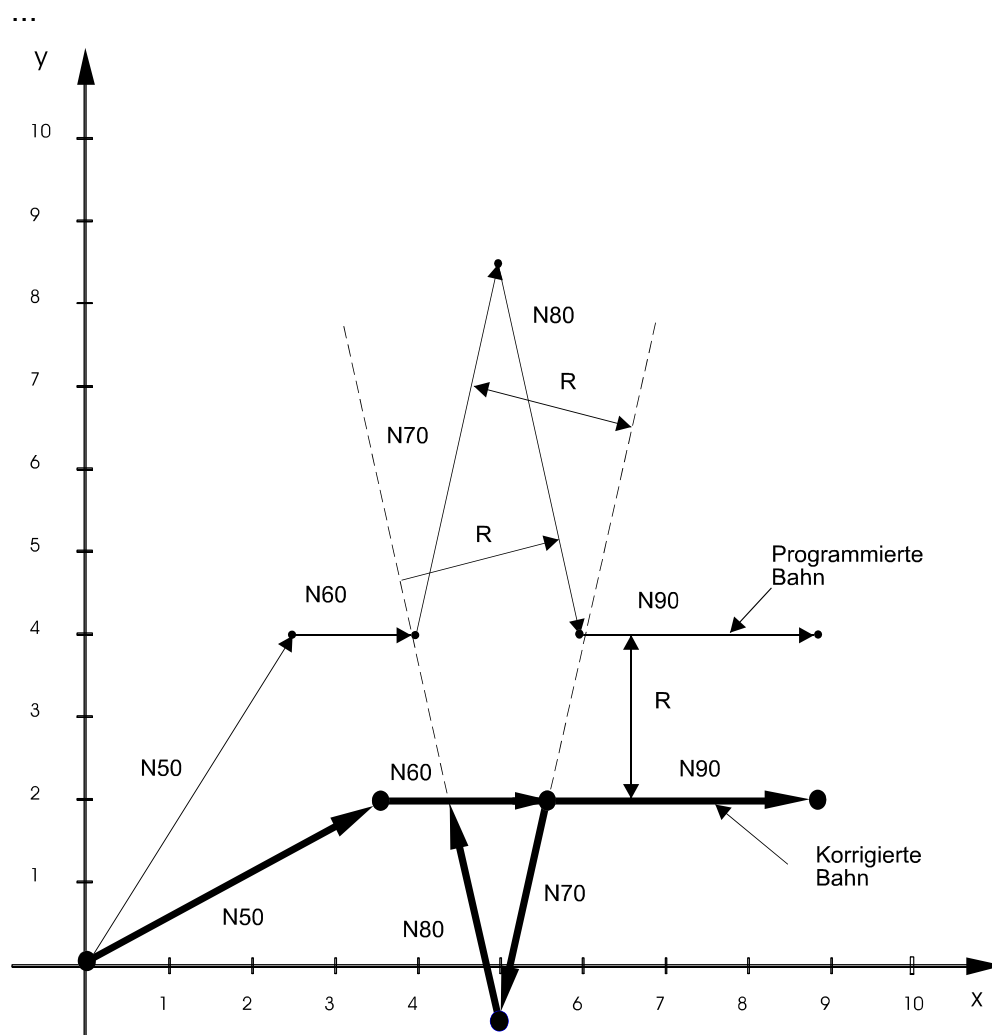


6.2.7 Problemfälle

6.2.7.1 Zu großer Werkzeugradius bei einer Innenecke

Beispiel:

N40 G42 D1
 N50 G1 X2.5 Y4
 N60 X4
 N70 X5 Y8.5
 N80 X6 Y4
 N90 X9



Aus der Zeichnung wird deutlich, daß der Werkzeugradius für die programmierte Innenkontur zu groß ist, so daß es zu einer Umkehr der Verfahrrichtung käme. In solchen Fällen erscheint die Fehlermeldung 207.

6.2.7.2 Radius des Kreises < Korrekturwert ($R < D$)

Beispiel:

... G1...

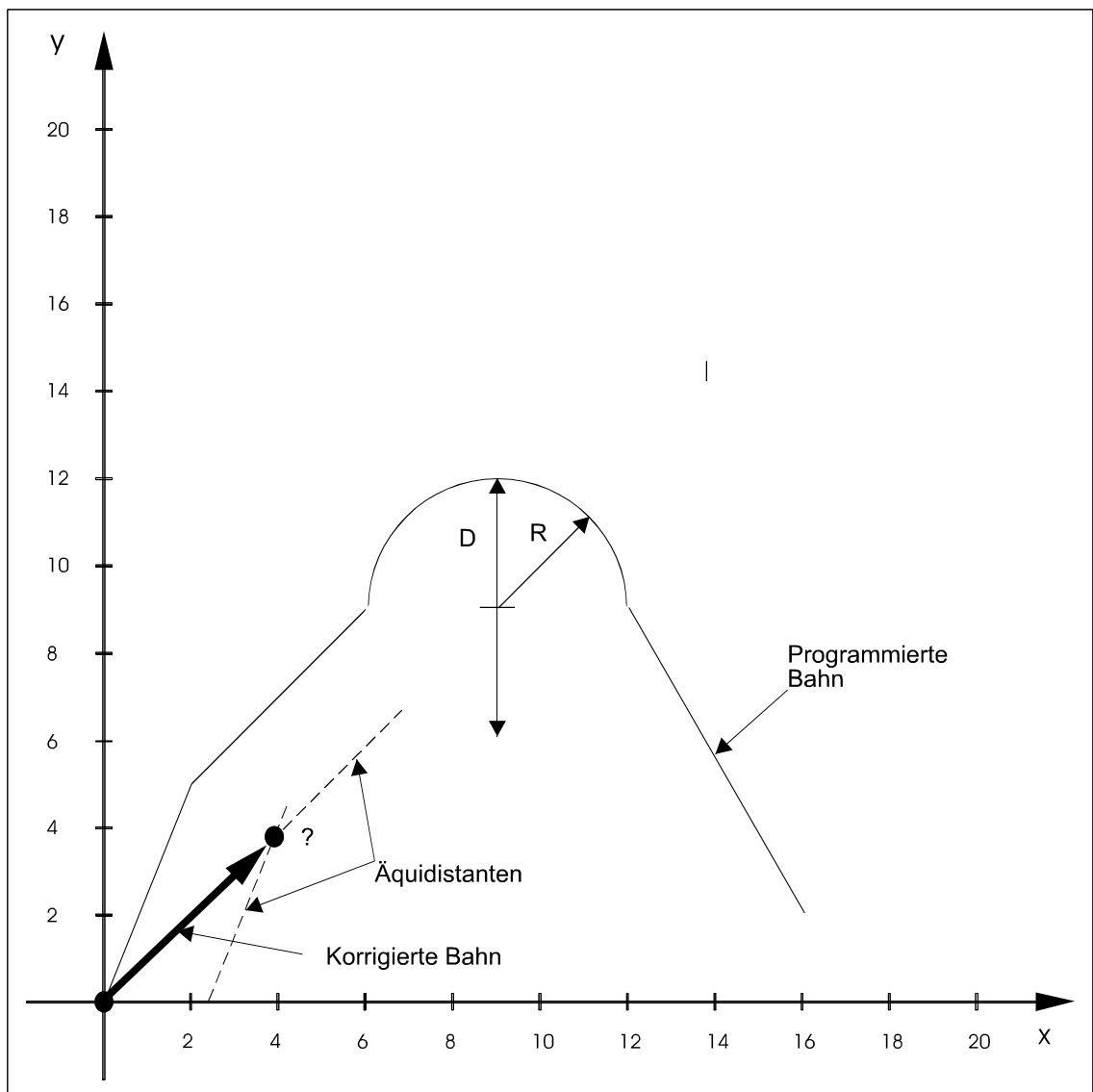
N20 G42 X2 Y5 D1

N30 X6 Y9

N40 G2 X12 I3

N50 G1 X16 Y2

...



Ist der Radius des Kreises kleiner als der Korrekturwert, erscheint die Fehlermeldung 98.

6.2.7.3 Vollkreis mit Radiuskorrektur, Außenbearbeitung

Verhalten der Steuerung:

Im Bereich des programmierten Kreisstartpunktes bleibt Material stehen.

Beispiel 1 (G42):

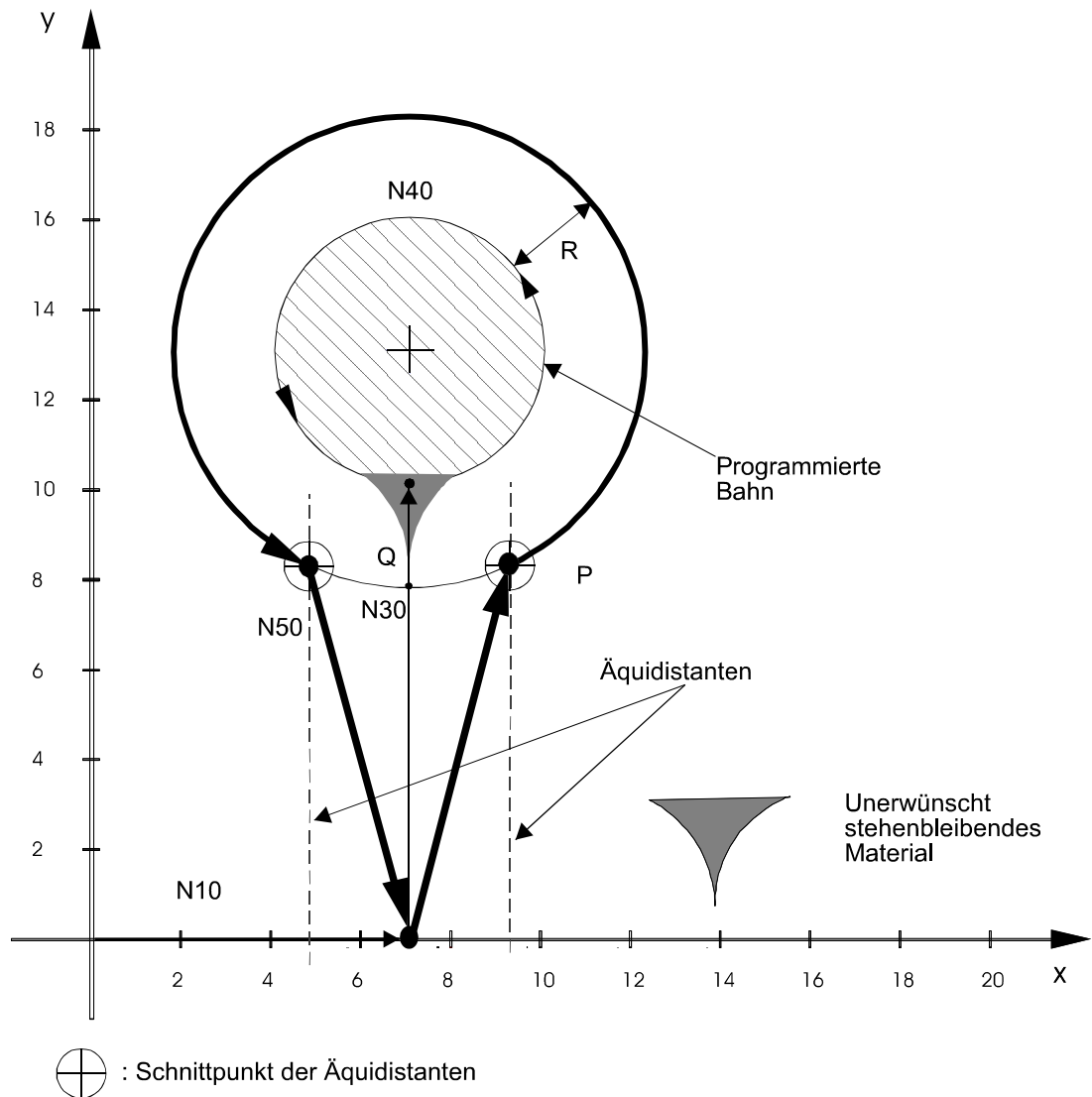
N10 G1 X7 Y0 F1000

N20 G42 D1

N30 Y10

N40 G3 J3

N50 G1 Y0 D0



Der gleiche Konturfehler tritt auch auf, wenn im Satz N20 G41 und im Satz N40 G02 programmiert wird. Auch bei Verwendung von G42 bzw. G44 kann ein derartiger Konturfehler auftreten, es bleibt jedoch weniger Material stehen; da beim Anfahren nicht der Schnittpunkt der Äquidistanten (P), sondern der senkrecht versetzte Kreisstartpunkt (Q) angefahren wird.

Beispiel 2 (G44):

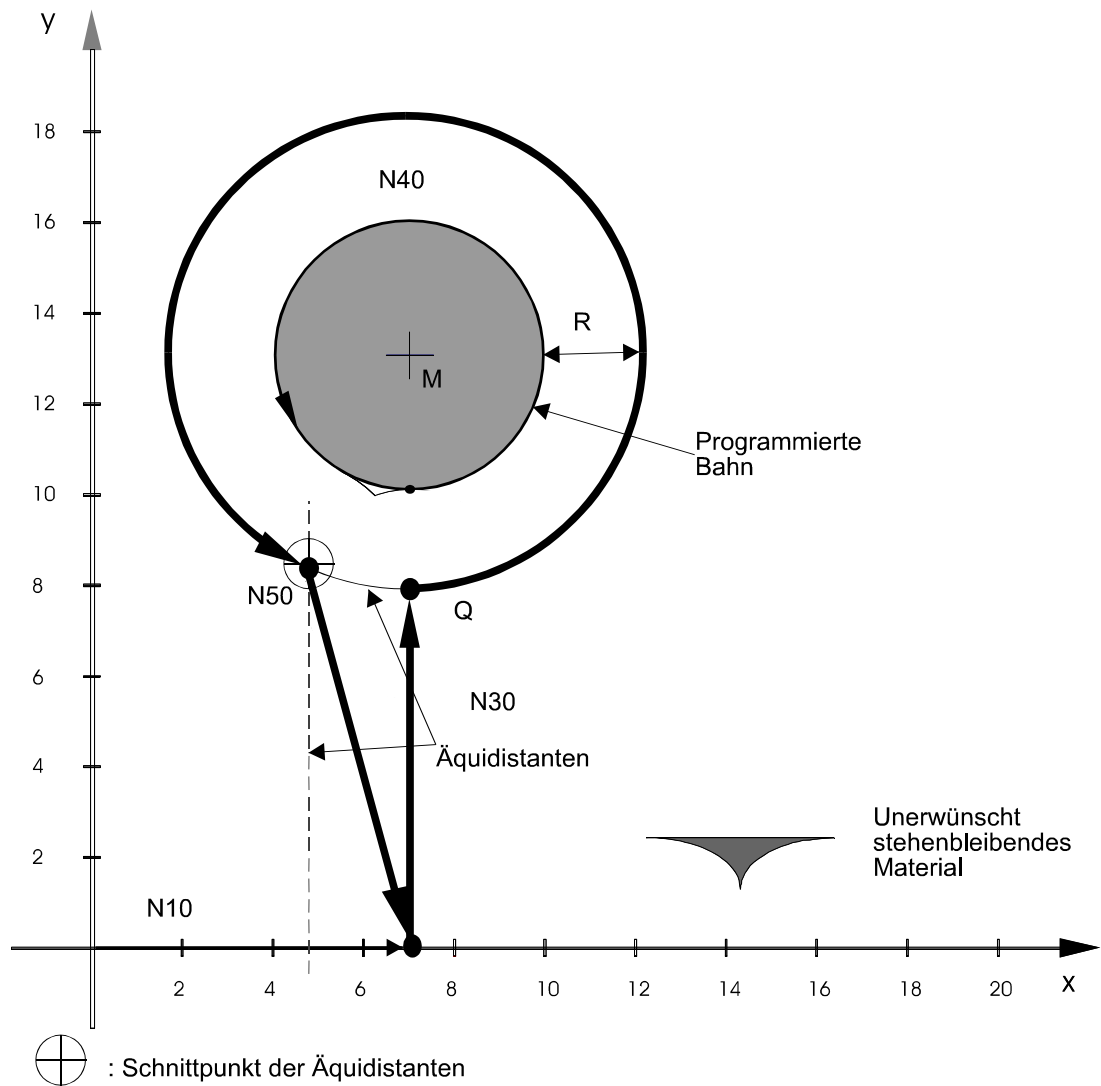
N10 G1 X7 Y0 F1000

N20 G44 D1

N30 Y10

N40 G3 J3

N50 G1 Y0 D0



6.2.7.4 Vollkreis mit Radiuskorrektur G42, Innenbearbeitung

Verhalten der Steuerung:

Es ist nicht ohne weiteres möglich, mit Radius-Korrektur einen Vollkreis als Innenkontur zu erzeugen, da das Werkzeug die Kreisinnenkontur am Schnittpunkt der Äquidistanten von Kreisbahn und Nachfolgesatz bereits wieder verläßt, wie das nachfolgende Beispiel verdeutlicht.

Beispiel:

... G1...

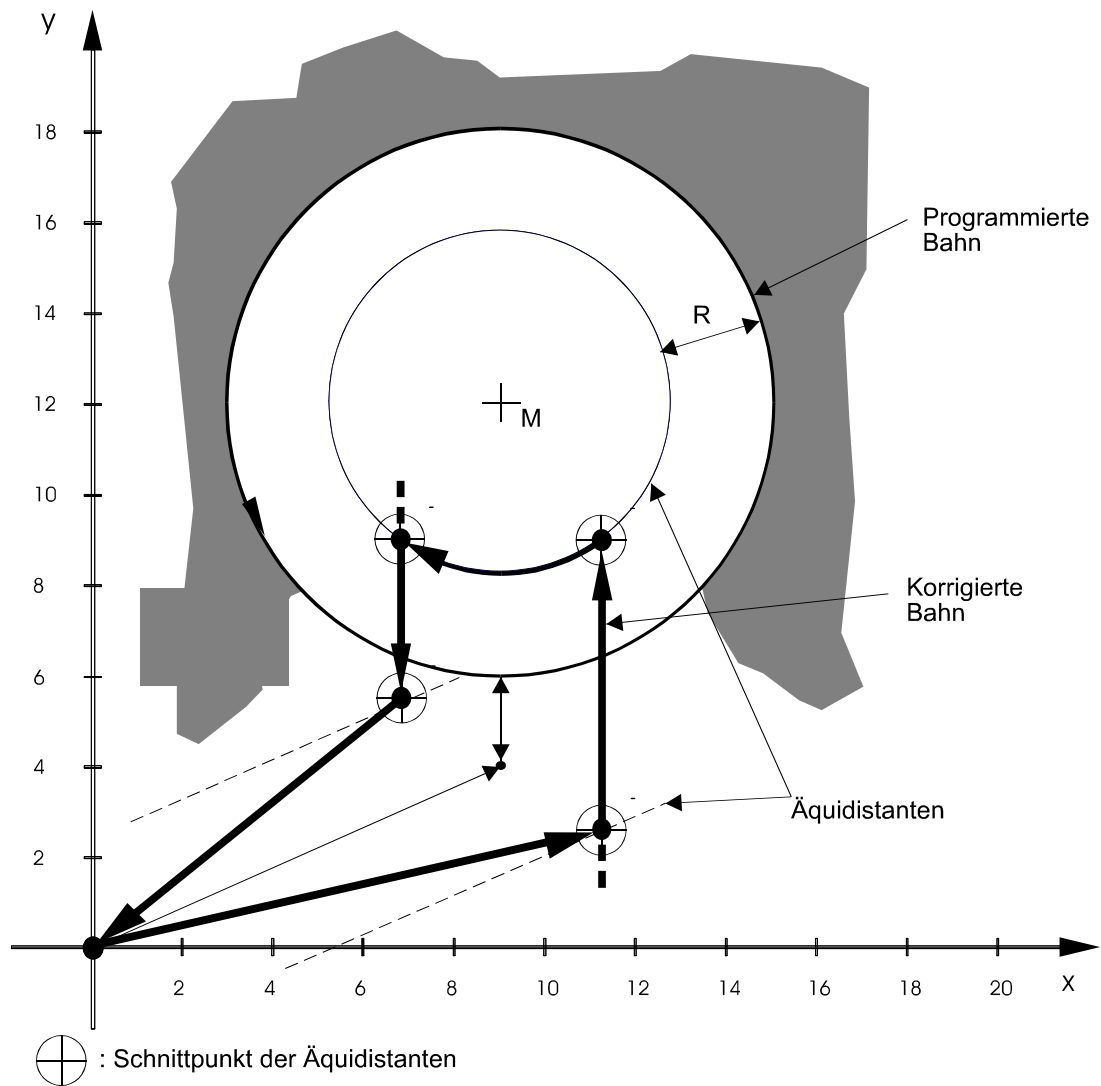
N20 G42 X9 Y4 D1

N30 Y6

N40 G2 J6

N50 G1 Y4

N60 X0 Y0 D0



Analog verhält sich die Steuerung, wenn im obigen Programm G03 nach G41 programmiert wird.

Der oben dargestellte Vollkreis als Innenkontur kann dadurch erzielt werden, daß anstelle eines Vollkreises zwei Halbkreise programmiert werden, d.h. obiges Programmbeispiel müßte wie folgt abgeändert werden:

```
... G1...  
N20 G42 X9 Y4 D1  
N30 Y6  
N40 G2 Y18 J6  
N50 Y6 J-6  
N60 G1 Y4  
...
```

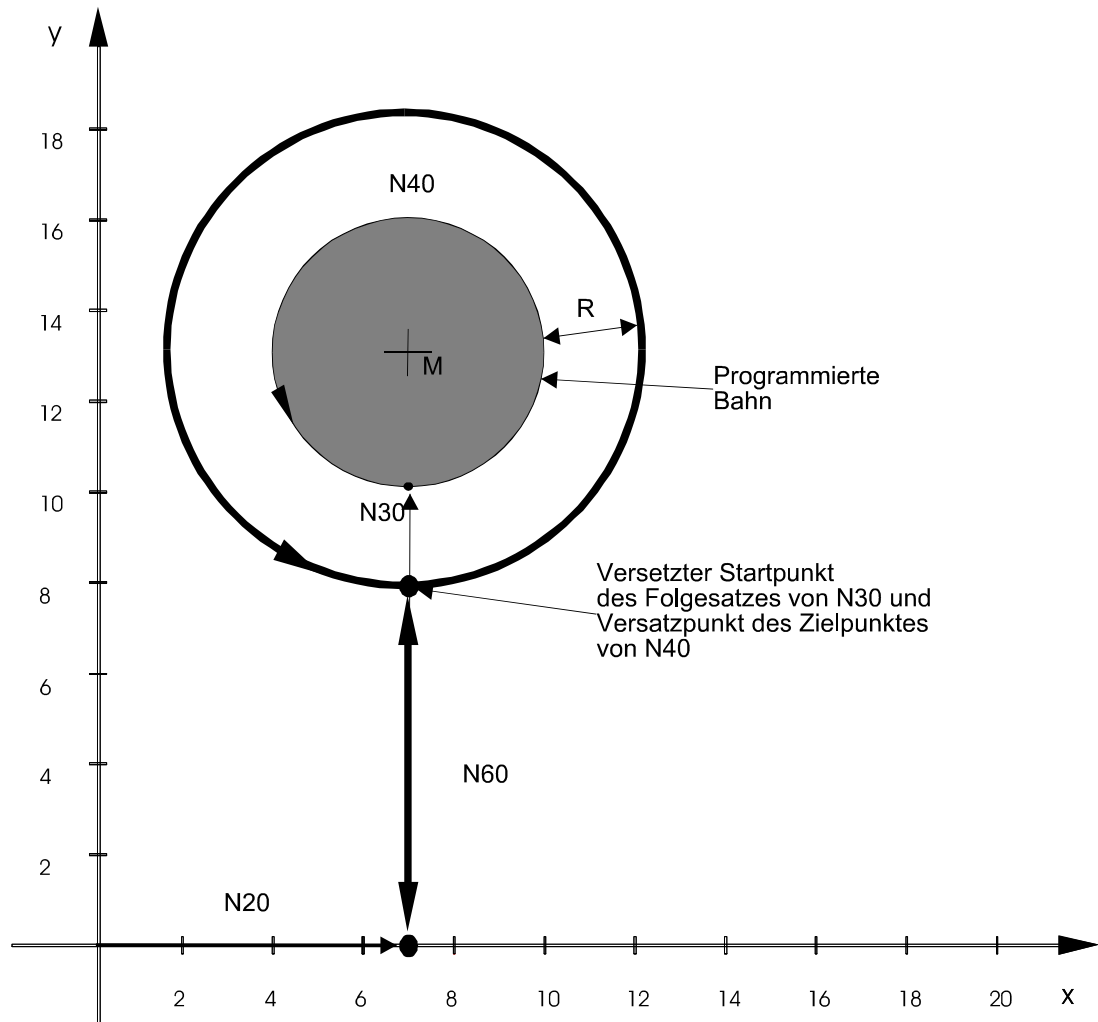
Durch eine geschickte Programmierung und ggf. das Einfügen von NC-Sätzen ohne Verfahrinformationen können Konturfehler umgangen werden

Das nachfolgende Programmbeispiel stellt eine Möglichkeit der Programmierung einer Vollkreisaußenkontur mit Bahnkorrektur dar, die zu einem Vollkreis ohne Konturfehler führt:

Beispiel:

```
...  
N20 G1 X7 Y0  
N30 G44 Y10 D1  
N40 G3 J3  
N50 G4 (Dummy-Satz)  
N60 G1 Y0 D0
```

Vollkreis (mit Radiuskorrektur) als Außenkontur:

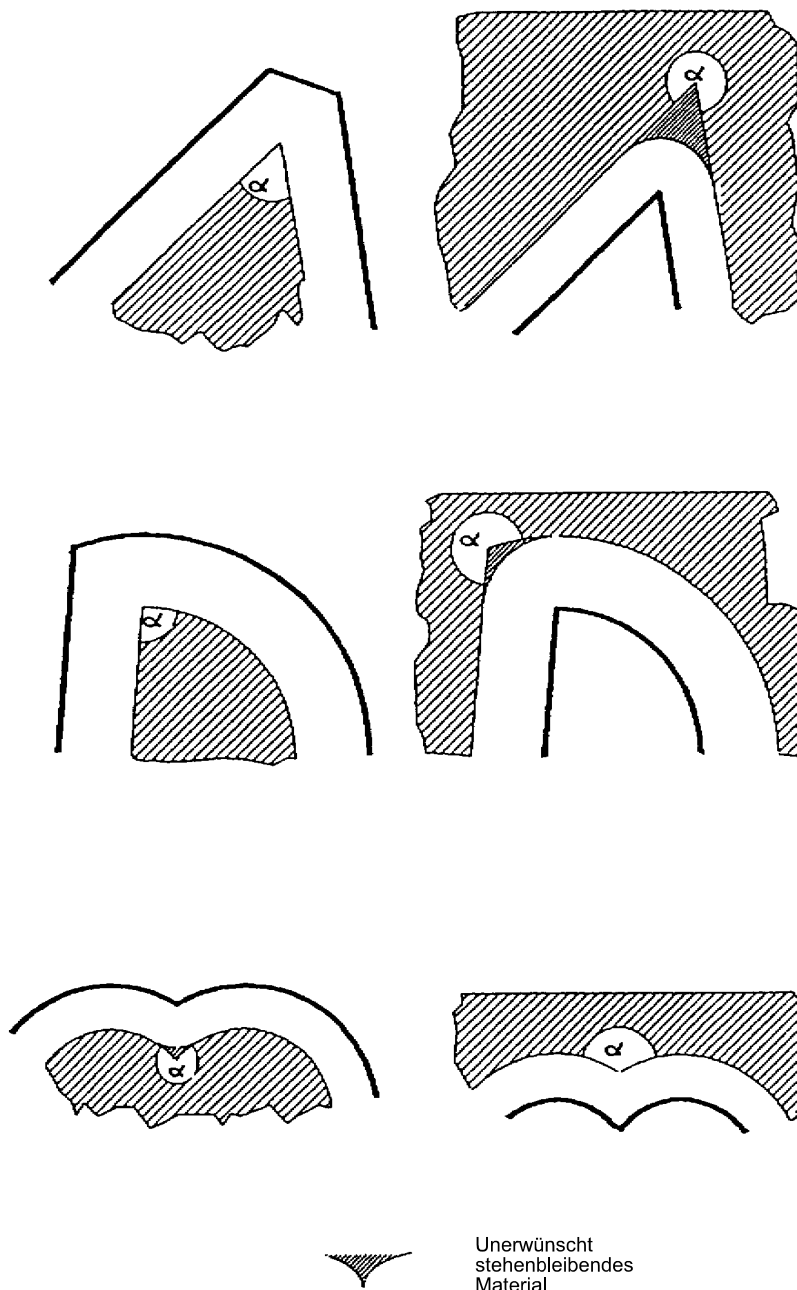


Der Dummy-Satz N50 bewirkt, daß der Versatzpunkt des Zielpunktes des vorangehenden Satzes (N40) angefahren wird. Im Satz N60 wird die Bahnkorrektur deaktiviert (Wegfahrsatz).

6.2.7.5 Hinterschneidungen

Bei der Bearbeitung von Innenecken (Werkstückwinkel $\alpha > 180^\circ$) ist zu beachten, daß es zu Hinterschneidungen kommen kann. Das liegt daran, daß es grundsätzlich unmöglich ist, mit einem Werkzeug mit Radius R eine Innenecke mit Radius $< R$ zu erzeugen.

Beispiele:



Die Beispiele verdeutlichen, daß Hinterschneidungen immer dann auftreten, wenn der Werkstückwinkel α größer als 180° ist.

7 Geometrische Anweisungen

7.1 G92 Achswert setzen

Syntax:

G92 X... Y...

Mit der Anweisung G92 kann der aktuelle Koordinatennullpunkt an einen beliebigen Punkt verschoben werden.

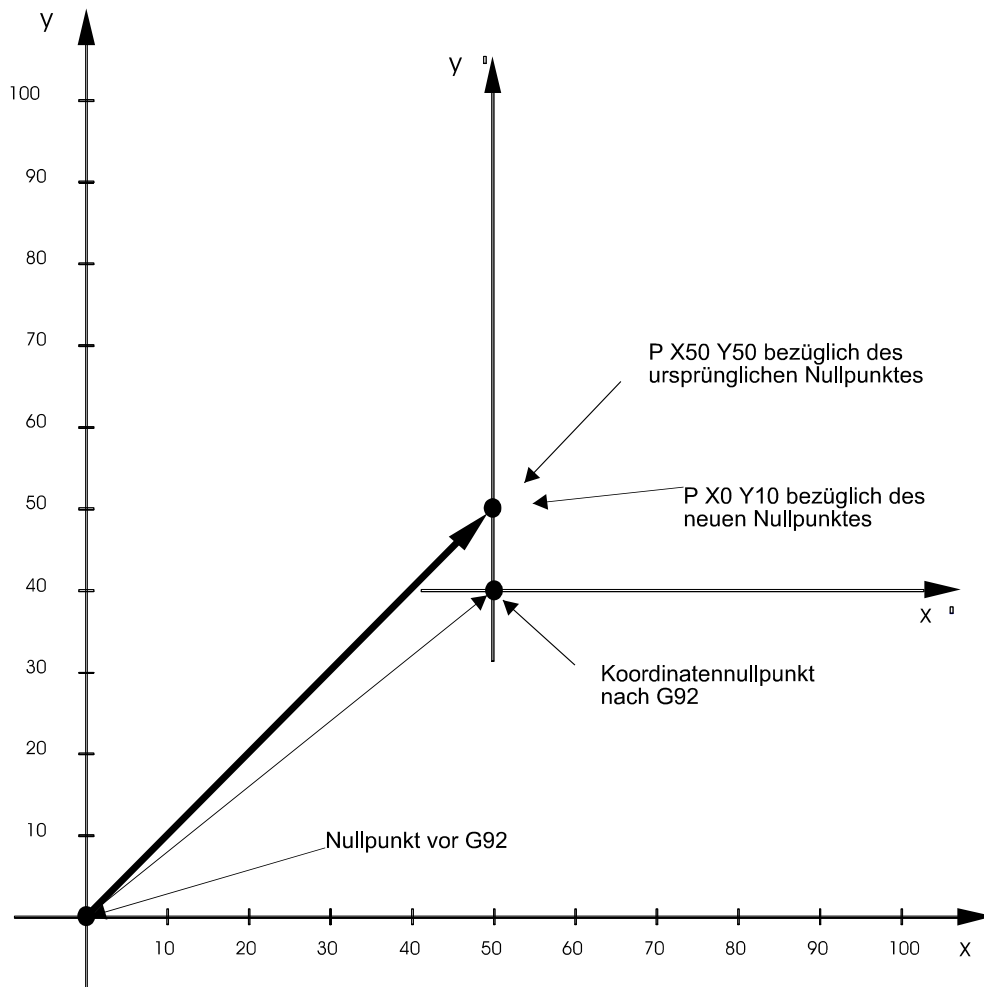
Eine solche Verschiebung wird dadurch erreicht, daß dem Zielpunkt des dem G92-Satz vorangehenden Verfahrssatzes neue Koordinaten zugewiesen werden. Diese neu zuzuweisenden Koordinaten werden in Verbindung mit G92 programmiert. Koordinatenwerte (z.B. der X-Koordinatenwert oder der Y-Koodinatenwert), die sich gegenüber dem ursprünglichen Wert nicht ändern, brauchen nicht programmiert zu werden.

Um eine solche Koordinatenverschiebung wieder rückgangig zu machen, ist die Anweisung G92 ohne Koordinatenwerte zu programmieren.

Beispiel:

N10 G1 X50 Y50

N20 G92 X0 Y10

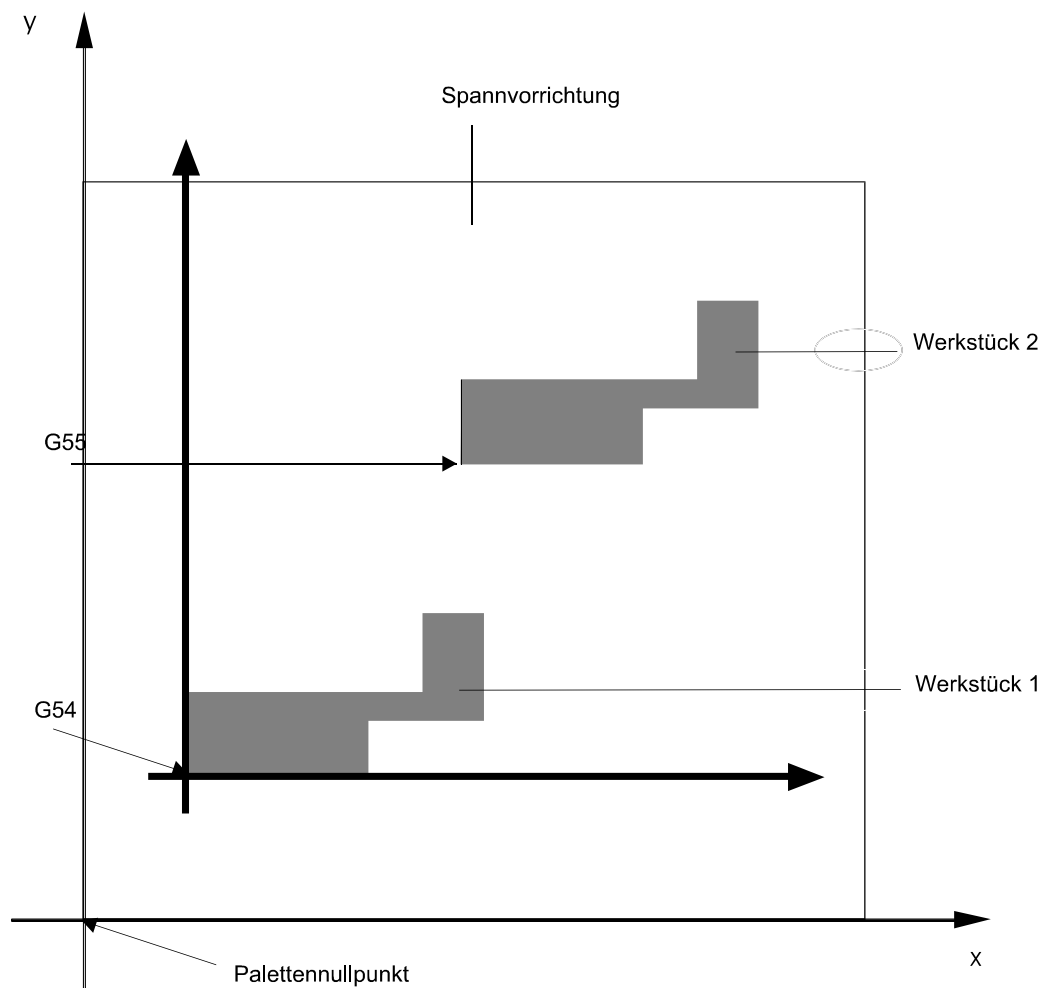


Erklärung zum Beispiel:

Der Zielpunkt des NC-Satzes N10 ist der Punkt mit den Koordinaten X50, Y50. Im NC-Satz N20 werden diesem Punkt die Koordinaten X0, Y10 zugewiesen, d.h. der Koordinatennullpunkt wird wie dargestellt verschoben.

Anwendung:

Mit der Anweisung G92 kann ein Startpunkt für die Werkstückbearbeitung definiert werden, z.B. der Palettenullpunkt für die Werkstücknullpunkte G54 und G55 im oben gezeigten Beispiel.



Wie die Anweisungen G54 bis G59 bewirkt die Anweisung G92 noch keine Achsverfahrenbewegungen, sie bewirkt lediglich eine Koordinatenverschiebung. Die mit G92 programmierten Werte werden erst dann aktiv, wenn nach der Programmierung von G92 Koordinaten programmiert werden.

Hinweise:

- Die Anweisungen M02 und M30 setzen mit G92 gesetzte Achswerte nicht zurück.
- In Verbindung mit einem S-Wort hat die Anweisung G92 eine andere Bedeutung. Sie dient in diesem Fall der Programmierung der maximalen Spindeldrehzahl.

7.2 G70, G71 Programmierung im metrischen Format/Inch-Format**Syntax:**

G70.... Programmierung im Inch-Format

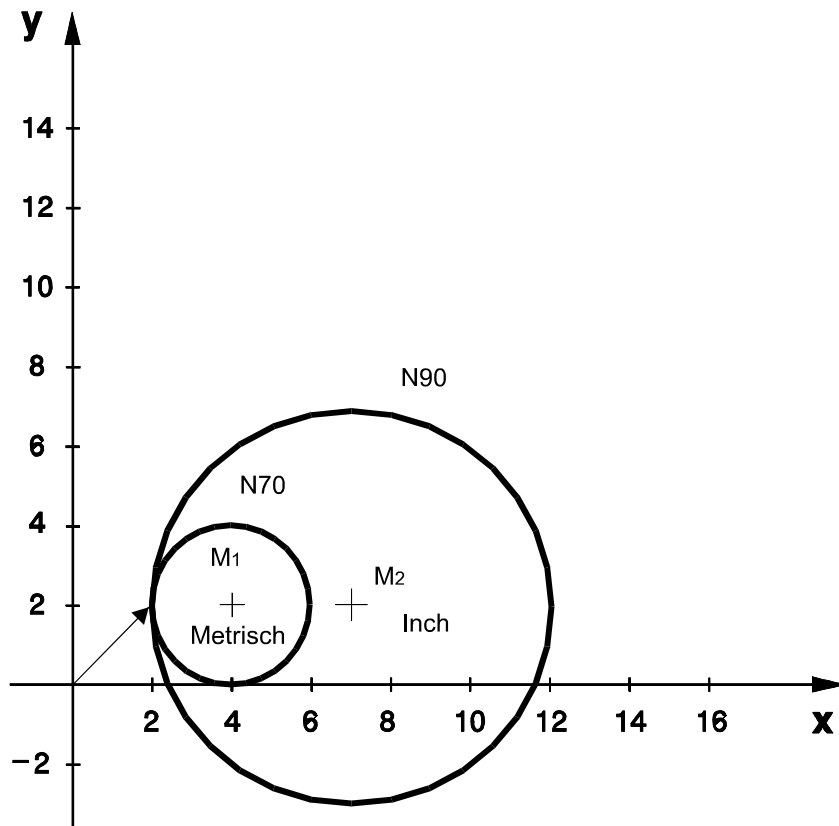
G71.... Programmierung im metrischen Format

Mit den Anweisungen G70 und G71 erfolgt eine Umschaltung zwischen dem Eingabeformat Inch (G70) und metrisch (G71). Wurden seitens Ihres Werkzeugmaschinenherstellers keine Änderungen vorgenommen, ist in der Grundstellung die Anweisung G71 aktiv.

Ein Formatwechsel innerhalb eines NC-Programmes ist möglich. Nach dem Formatwechsel programmierte Längenangaben sowie Positionen und Geschwindigkeiten werden als Werte in dem Format interpretiert, in das gewechselt wurde. Die bei Aufruf des Formatwechsels aktuellen Werte werden in das neue Format umgerechnet.

Beispiel:

```
...  
N50 G71  
N60 G1 X2 Y2  
N70 G2 I2  
N80 G70  
N90 G2 I2  
...
```



7.3 G14-G16 Polarkoordinatenprogrammierung

Syntax:

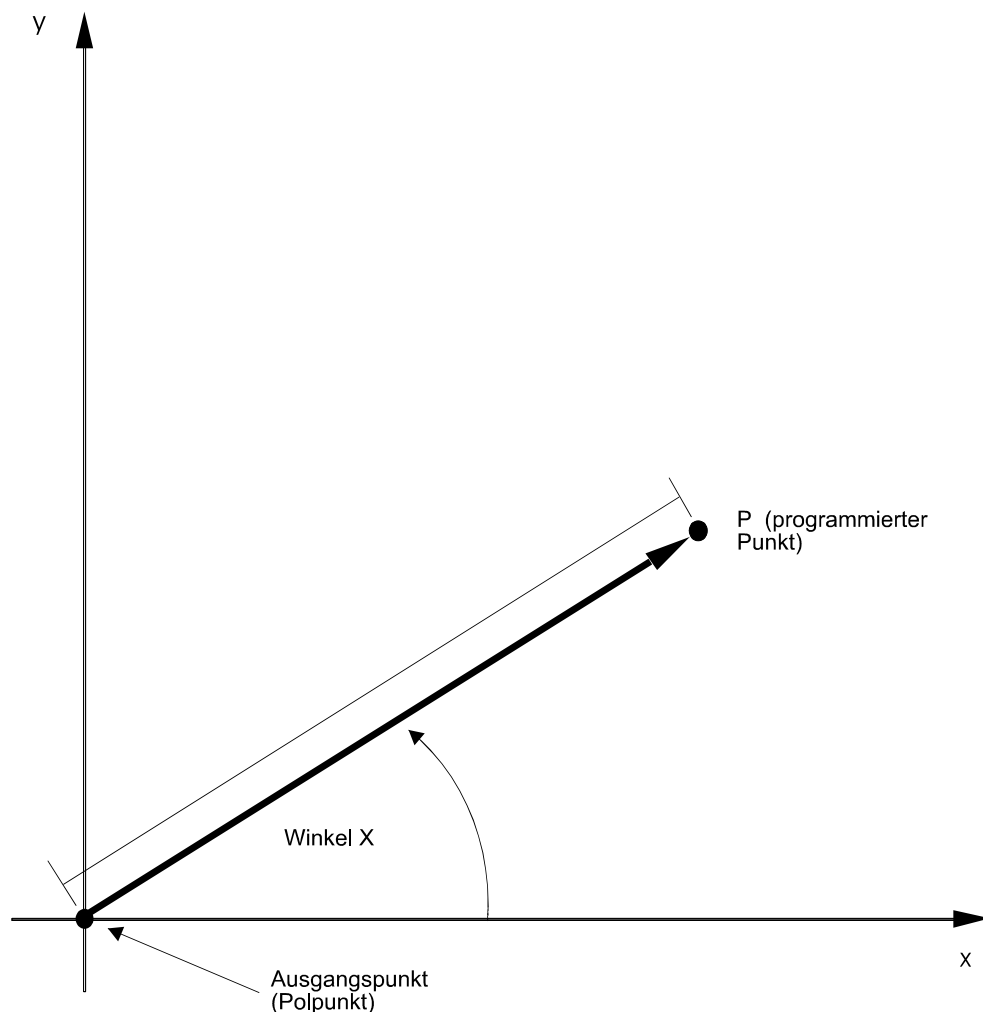
G14 Polarkoordinatenprogrammierung absolut
 G15... Polarkoordinatenprogrammierung relativ
 G16 X... Y Definition des Polpunktes

Mit den Anweisungen G14 und G15 kann auf die Programmierung der Zielpunktkoordinatenwerte in Form von Polarkoordinaten umgeschaltet werden. Nach Programmierung von G14 werden die Polarkoordinaten als Absolutwerte interpretiert (analog G90), nach Programmierung von G15 werden sie als Relativwerte (analog G91) interpretiert.

Vor einem Wechsel zur Polarkoordinatenprogrammierung ist die Ebene zu programmieren, in der das Polarkoordinatensystem liegen soll. Wurden seitens Ihres Werkzeugmaschinenherstellers keine Änderungen vorgenommen, ist bei der Grundstellung die X/Y-Ebene (G17) aktiv; falls diese Ebene gewünscht ist, braucht G17 also nicht noch einmal programmiert zu werden.

Die nach der Aktivierung der Polarkoordinatenprogrammierung angegebenen Koordinatenwerte werden wie folgt interpretiert:

- Mit dem Adreßbuchstaben der Hauptachse der aktiven Ebene wird der Winkel in Grad programmiert.
- Mit dem Adreßbuchstaben der Nebenachse der aktiven Ebene wird der Radius angegeben.



Durch die Anweisungen G90 bzw. G91 wird die Polarkoordinatenprogrammierung abgeschaltet.

Alle nachfolgenden Koordinatenwerte werden kartesisch interpretiert.

7.3.1 Haupt- und Nebenachse

| | Hauptachse | Nebenachse |
|---------------|------------|------------|
| G17 X/Y-Ebene | X | Y |
| G18 Z/X-Ebene | Z | X |
| G19 Y/Z-Ebene | Y | Z |

Bei aktivem G20 ist die mit dem Adreßbuchstaben I programmierte Achse die Hauptachse, die mit dem Adreßbuchstaben J programmierte Achse die Nebenachse.

Die nachfolgende Tabelle vermittelt einen Überblick darüber, welcher Koordinatenwert bei den drei Ebenen jeweils als Winkel und welcher als Radius interpretiert wird:

| X/Y-Ebene (G17) | Z/X-Ebene (G18) | Y/Z-Ebene (G19) |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| X: Winkel in Grad | Z: Winkel in Grad | Y: Winkel in Grad |
| Y: Radius in X/Y-Ebene | X: Radius in Z/X-Ebene | Z: Radius in Y/Z-Ebene |

7.3.2 Programmierung ohne Polpunkt

(G17 „X/Y-Ebene“ ist standardmäßig aktiv.)

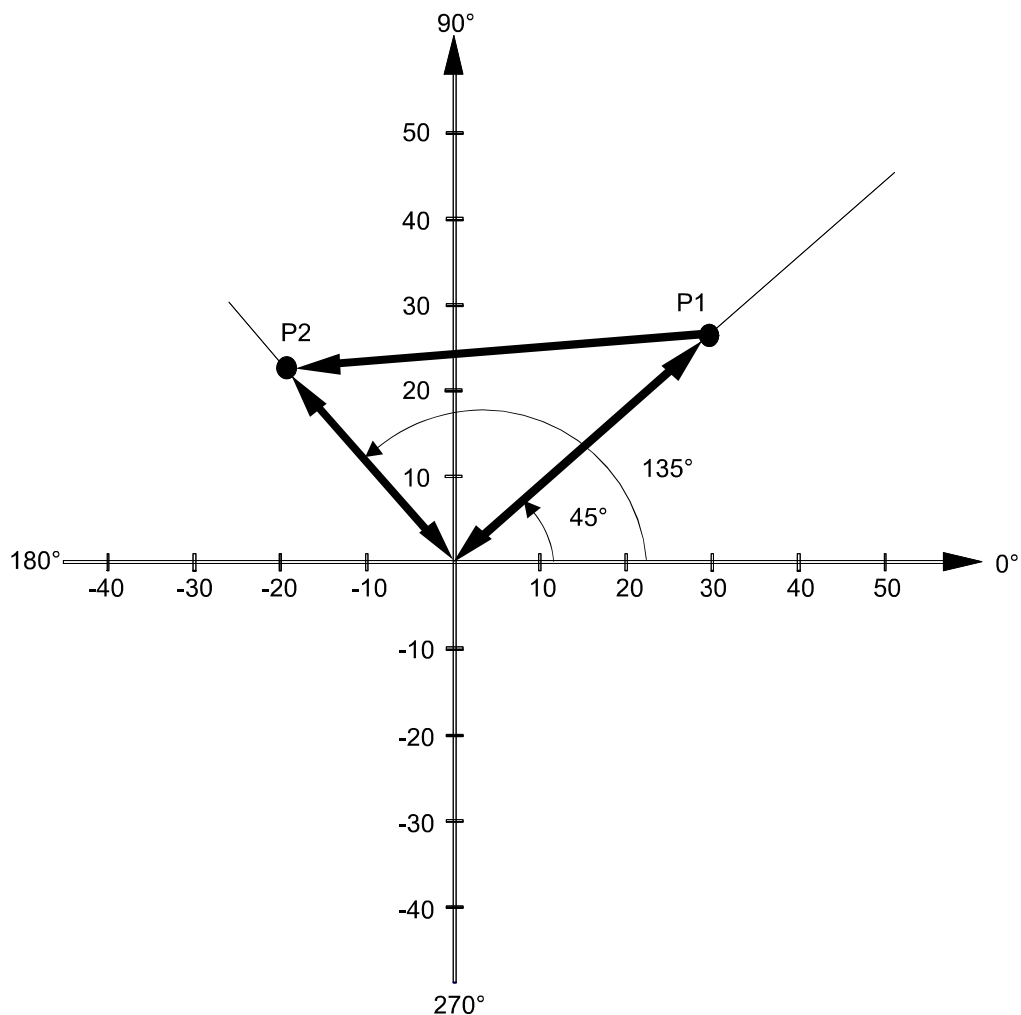
N10 G1 X0 Y0 F100

N20 G14 X45 Y40 (P1)

Aktivierung der
Polarkoordinatenprogrammierung (absolut)
Winkel bzgl. X-Achse 135°, Radius 30

N30 X135 Y30 (P2)

...



7.3.3 Programmierung des Polpunktes

Mit der Anweisung G16 kann zusätzlich der Polpunkt des Polarkoordinatensystems beliebig festgelegt werden, wenn er nicht mit dem Nullpunkt des kartesischen Koordinatensystems zusammenfallen soll. In Verbindung mit der Anweisung **G16** sind die Koordinaten des gewünschten Polpunktes zu programmieren.

Wurde vor der Programmierung von G16 die Polarkoordinatenprogrammierung mit G14 oder G15 aktiviert, so werden die in Verbindung mit G16 programmierten Polpunktkoordinaten als Polarkoordinaten im Absolutmaß (nach G14) bzw. im Relativmaß (nach G15) interpretiert.

Wurde vor dem Aufruf von G16 nicht zur Polarkoordinatenprogrammierung übergewechselt, werden die in Verbindung mit G16 programmierten Polpunktkoordinaten als kartesische Koordinaten interpretiert.

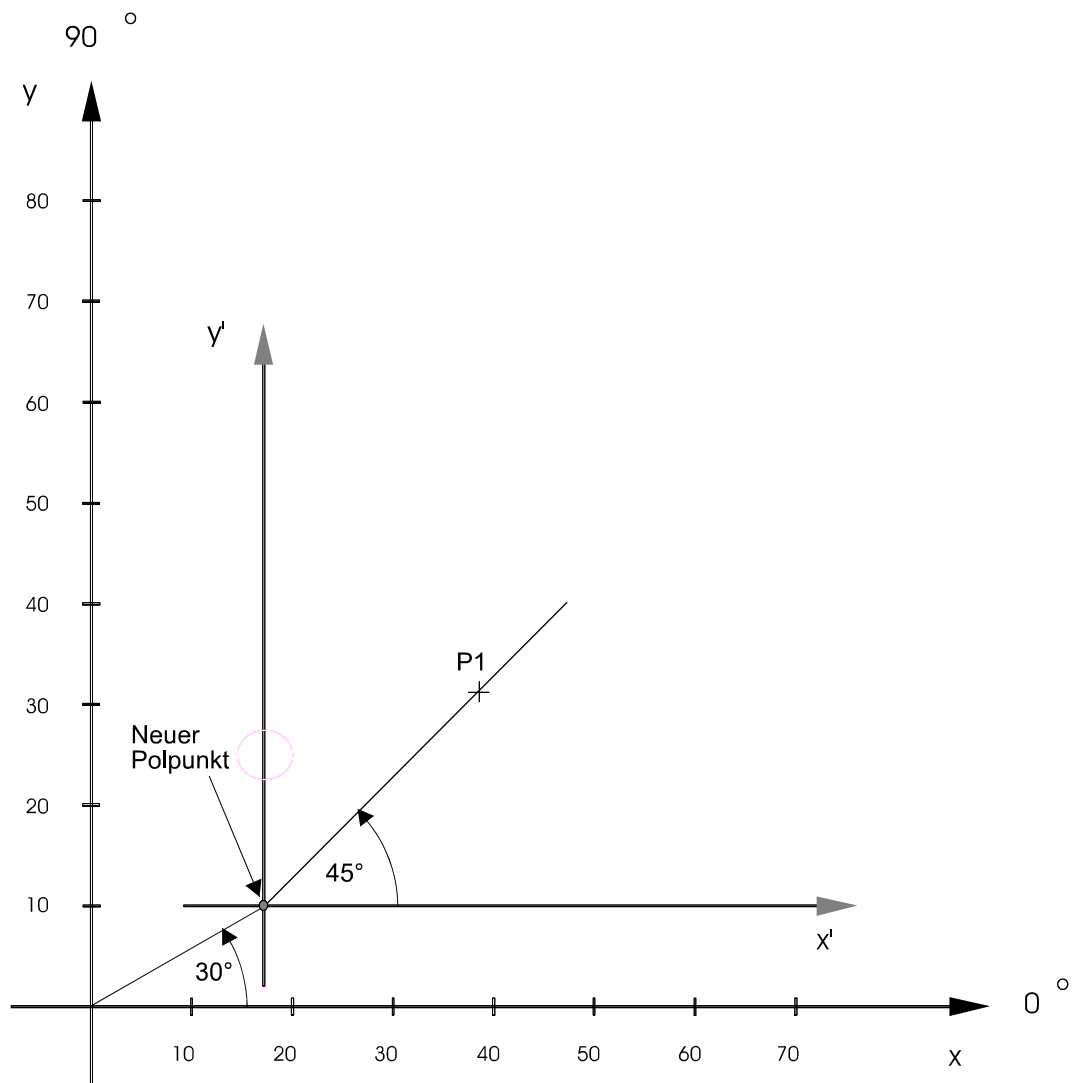
Achtung:

- Die gleichzeitige Verwendung von G16 und G92 ist nicht zulässig.
- Mit der Anweisung G16 wird lediglich ein neuer Polpunkt für die Polarkoordinatenprogrammierung, jedoch kein neuer Koordinatennullpunkt programmiert.
- Bei einem Ebenenwechsel mit G17 bis G20 wird ein mit G16 programmierter Polpunkt auf den Nullpunkt zurückgesetzt.

Beispiel:

(G17 ist aktiv.)

| | |
|-----------------|--|
| N10 G14 | Aktivierung der Polarkoordinatenprogrammierung (absolut) |
| N20 G16 X30 Y20 | Definition des Polpunktes: Winkel bzgl. X-Achse 30°, Radius 20 |
| N30 X45 Y30 | (P1) Punkt im „Verschobenen“ Koordinatensystem: Winkel bzgl. verschobener X-Achse 45°, Radius 30 |

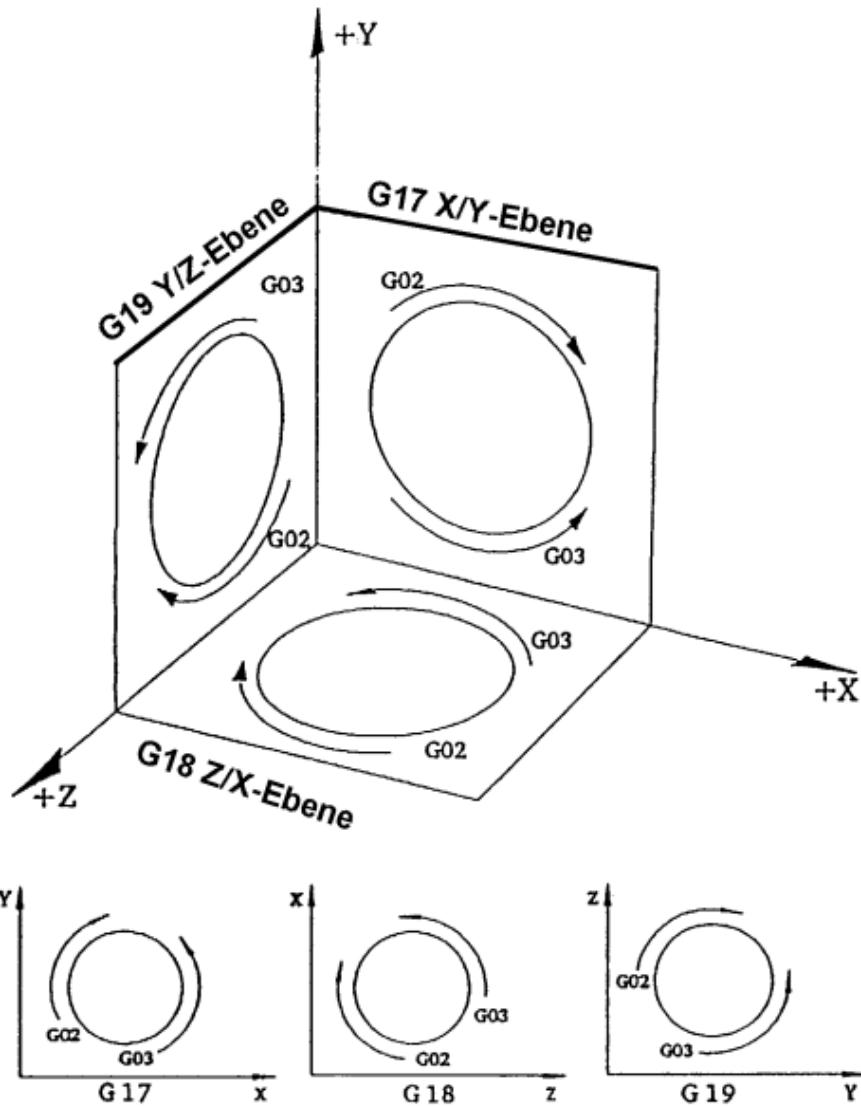


7.4 G17-G20 Ebenenauswahl

Syntax:

| | |
|---------------|---------------------------------|
| G17 .. | Auswahl X/Y-Ebene |
| G18..... | Auswahl Z/X-Ebene |
| G19..... | Auswahl Y/Z-Ebene |
| G20 I... J... | Auswahl frei definierbare Ebene |

Mit den Anweisungen G17, G18 und G19 werden die unten dargestellten Ebenen angewählt. Zusätzlich steht die Anweisung G20 zur Auswahl einer frei definierbaren Ebene zur Verfügung.



Die jeweils aktive Ebene ist relevant für die folgenden Funktionen:

- G02, G03 Kreisinterpolation mit Mittelpunktangabe im Uhrzeiger- bzw. Gegenuhrzeigersinn
- G12, G13 Kreisinterpolation mit Radiusangabe im Uhrzeiger- bzw. Gegenuhrzeigersinn
- G50 Skalieren
- G51, G52 Partrotation
- G40-G44 Bahnkorrekturen

- G14-G16 Polarkoordinatenprogrammierung

Programmieren einer frei definierbaren Ebene

Um eine Ebene frei zu definieren und aufzurufen, ist G20 in Verbindung mit den Adreßbuchstaben I und J zu programmieren. Als **Wert des I-Wortes** ist die Nummer der **Hauptachse**, als **Wert des J-Wortes** die Nummer der Nebenachse anzugeben, durch die die frei definierte Ebene gebildet werden soll.

Haupt- und Nebenachse lassen sich mit Hilfe der Rechte-Hand-Regel ermitteln:

Weist der Daumen in die positive Richtung der Hauptachse und der Zeigefinger in die positive Richtung der Nebenachse, dann muß der Mittelfinger in die positive Richtung der dritten Achse weisen.

Hinweis:

- Werden in G20-Sätzen in Verbindung mit I- und J-Nummern von nicht vorhandenen Achsen, der Wert 0 oder zwei gleiche Nummern programmiert, erscheint die **Fehlermeldung 204**.

Beispiel:

| | |
|----------------|---|
| N10 G20 I4 J2 | Die Ebene G20 wird gebildet durch die Achsen mit den Nummern 4 (Hauptachse) und 2 (Nebenachse). |
| N20 G2 I1 J0.5 | Vollkreis in der Ebene G20, I wirkt auf die 4. Achse, J wirkt auf die 2. Achse |
| N30 G18 | Aufruf der Ebene G18 (Z/X Ebene) |
| N40 G3 I0.5 K1 | Vollkreis in der Ebene G18 (Z/X-Ebene) |
| N50 ... | |

Die Ebenen G17 bis G19 können alternativ auch mit G20 in Verbindung mit den entsprechenden Parametern aufgerufen werden.

Wurde der X-Achse die Nummer 1, der Y-Achse die Nummer 2 und der Z-Achse die Nummer 3 zugewiesen, so ergeben sich die folgenden Entsprechungen:

| | Hauptachse | Nebenachse |
|------------------------------|------------|------------|
| G17 XIY-Ebene entspricht G20 | I1 | J2 |
| G18 Z/X-Ebene entspricht G20 | I3 | J1 |
| G19 Y/Z-Ebene entspricht G20 | I2 | J3 |

Mit den Anweisungen G02 bzw. G03 (s. Verfahrensanweisungen Allgemein --> G02, G03 Kreisinterpolation mit Mittelpunktssangabe im Uhrzeiger- bzw. Gegenuhrzeigersinn) werden Kreisbögen in der aktiven Ebene programmiert. Ist als Ebene G20 aktiv, so beziehen sich die Parameter I bzw. J auf die in Verbindung mit G20 programmierte Haupt- bzw. Nebenachse, der Parameter K hat keine Bedeutung. Die Zielpunktkoordinaten werden auch in G20-Sätzen mit den Adreßbuchstaben der Achsen programmiert, die die Ebene G20 bilden.

Ein Ebenenwechsel erfolgt immer dann, wenn sich die Haupt- und/oder die Nebenachse ändern.

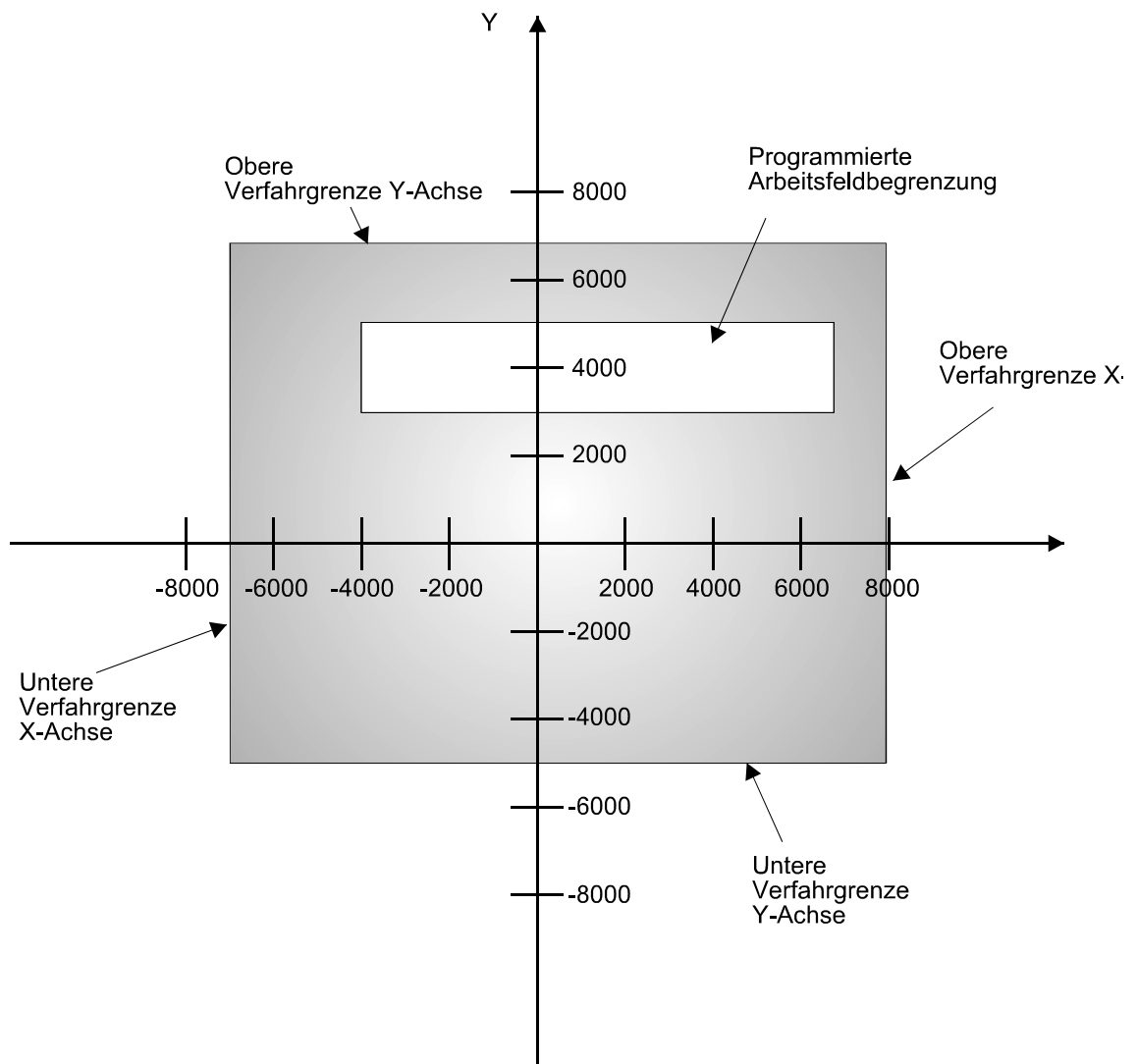
Ein Ebenenwechsel bei aktivem G16 „Pol des Koordinatensystems“ deaktiviert G16 und setzt den Polpunkt auf den Koordinatennullpunkt zurück.

7.5 G24-G27 Programmierbare Arbeitsfeldbegrenzung

Syntax:

| | |
|---------------|-----------------------------------|
| G24 X... Y... | Definition der unteren Grenzwerte |
| G25 X... Y... | Definition der oberen Grenzwerte |
| G27 ... | Einschalten |
| G26.... | Ausschalten |

Der Arbeitsraum einer Werkzeugmaschine wird durch die Verfahrgrenzen der einzelnen Achsen bestimmt. Die Verfahrgrenzen verhindern, daß die Achsen über ihre Maximal- bzw. Minimalposition hinaus verfahren werden



Mit Hilfe der Anweisungen G24 bis G27 ist es möglich, den Arbeitsraum einer Werkzeugmaschine einzuengen.

Eine solche Einengung oder Begrenzung erfolgt in drei Schritten:

- 1. Schritt:** Definition der unteren Grenzwerte für die Achsverfahrenbewegungen mit der Anweisung G24.
- 2. Schritt:** Definition der oberen Grenzwerte für die Achsverfahrenbewegungen mit der Anweisung G25.
- 3. Schritt:** Einschalten der Arbeitsfeldbegrenzung mit der modal wirksamen Anweisung G27. Ausgeschaltet wird eine programmierte Arbeitsfeld-begrenzung mit der ebenfalls modal wirksamen Anweisung G26.

Beispiel:

N10 G24 X-4000 Y3000

N20 G25 X7000 Y5000

N30 G27 ...

Im Satz N10 wird festgelegt, daß die X-Achse bei eingeschalteter Arbeitsfeldbegrenzung in negativer Richtung nicht über die Position X-4000 hinaus und die Y-Achse in negativer Richtung nicht über die Position Y-3000 hinaus verfahren werden darf.

Im Satz N20 wird festgelegt, daß die X-Achse bei eingeschalteter Arbeitsfeldbegrenzung in positiver Richtung nicht über die Position X-7000 hinaus und die Y-Achse in positiver Richtung nicht über die Position Y-5000 hinaus verfahren werden darf.

Die X-Achse darf also nur auf Positionen im Bereich von X-4000 bis X7000 verfahren werden, die Y-Achse nur auf Positionen im Bereich von Y3000 bis Y5000.

Abhängig davon, ob G70 oder G71 aktiv ist, werden die Grenzwerte als Maße in Inch bzw. als metrische Maße interpretiert (siehe G70, G71 Programmierung im metrischen Format/Inch Format)

Werden bei aktiver programmierbarer Arbeitsfeldbegrenzung bei der Abarbeitung eines Verfahrssatzes die programmierten Grenzwerte überschritten, so erfolgt die gleiche Reaktion wie beim Überscheiden der voreingestellten Achsverfahrensgrenzen.

Hinweise:

- Bei ausgeschalteter Arbeitsfeldbegrenzung gelten die vom Maschinenhersteller festgelegten Achsverfahrensgrenzen (Software-Endschalter).
- Wurden in Verbindung mit G24 bzw. G25 keine Grenzwerte programmiert oder liegen die programmierten Grenzwerte jenseits der durch den Werkzeugmaschinenhersteller festgelegten Achsverfahrensgrenzen und wird die programmierbare Arbeitsfeldbegrenzung dann mit G27 eingeschaltet, so gelten die vom Maschinenhersteller festgelegten Achsverfahrensgrenzen (Software-Endschalter).
- In G24- bzw. G25-Sätzen programmierte Achsgrenzwerte werden unabhängig davon, ob G90 oder G91 aktiv ist, immer als Absolutwerte interpretiert.
- Programmierte Achsgrenzwerte unterliegen nicht der Skalierung.
- Eine programmierte Arbeitsfeldbegrenzung wird durch Grundstellung unwirksam. Es gelten dann wieder die von Maschinenhersteller festgelegten Achsverfahrensgrenzen.

Fehlermeldungen:

Liegt bei eingeschalteter Arbeitsfeldbegrenzung eine Zielpunktcoordinate außerhalb der programmierten Grenzen, so wird der gesamte entsprechende Verfahrssatz nicht abgearbeitet. Es erscheint die Fehlermeldung 211.

Beispiel:

| | |
|-----------------------|---|
| N10 G24 X-4000 Y+3000 | Programmierung der unteren Grenzwerte |
| N20 G25 X+7000 Y+5000 | Programmierung der oberen Grenzwerte |
| N30 G27 | Einschalten der Arbeitsfeldbegrenzung |
| N40 ... | |
| ... | |
| N80 ... | |
| N90 G26 | Ausschalten der Arbeitsfeldbegrenzung |
| N100 ... | |
| ... | |
| N190 . | |
| N200 G27 | Einschalten der Arbeitsfeldbegrenzung |
| N210 | |
| .. | |
| N240 ... | |
| N250 G24 Y+4000 | Programmieren eines neuen unteren Grenzwertes für die Y-Achse |
| N260 ... | |
| ... | |

7.6 G38, G39 Programmierbares Spiegeln

Syntax:

G38....

Die Anweisung G38 ermöglicht es, Verfahrswege zu spiegeln.

Programmierung:

Die Funktion Spiegeln wird aktiviert durch die modal wirksame Anweisung G38 in Verbindung mit den Adreßbuchstaben der Achsen, deren programmierte Verfahrswege gespiegelt verfahren werden sollen. Den Adreßbuchstaben der Achsen muß jeweils ein beliebiger Wert folgen. Dieser Wert hat auf das Programm keinerlei Auswirkung.

Beispiel 1:

Programm 1 (P1) ohne Spiegeln:

```
N10 X0 Y0 F1000  
N20 X5 Y1  
N30 X7  
N40 Y2  
N50 X5 M30
```

Programm 2 (P2), Spiegeln der Verfahrswege der X-Achse:

```
N10 X0 Y0 F1000  
N20 X5 Y1  
N30 G38 X1  
N40 X7  
N50 Y2  
N60 X5 M30
```

Programm 3 (P3), Spiegeln der Verfahrswege der Y-Achse:

N10 X0 Y0 F1000

N20 X5 Y1

N30 G38 Y1

N40 X7

N50 Y2

N60 X5 M30

Programm 4 (P4), Spiegeln der Verfahrswege der X- und der Y Achse:

N10 X0 Y0 F1000

N20 X5 Y1

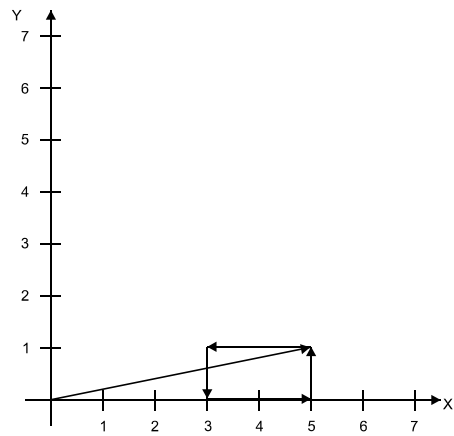
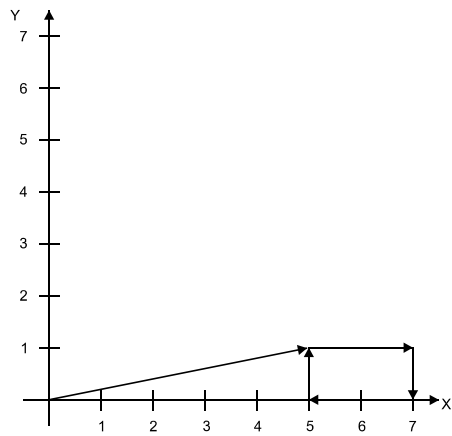
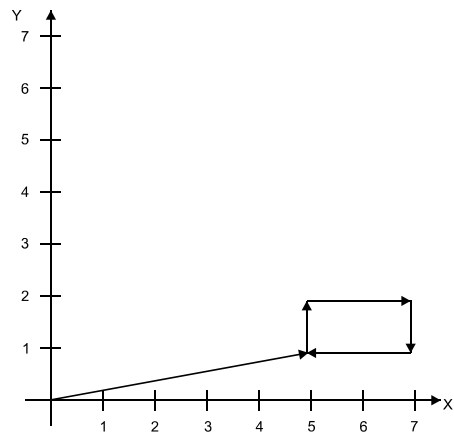
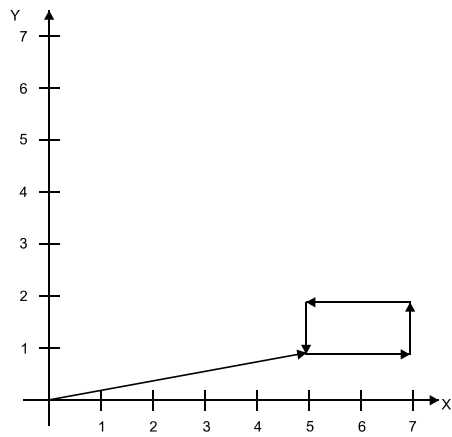
N30 G38 X1 Y1

N40 X7

N50 Y2

N60 X5 M30

Programmierbares Spiegeln, Wirkung der Programme P1 bis P4:



Ausgeschaltet wird die Spiegelfunktion durch Programmieren der Anweisung G39 oder durch Programmieren von G38 ohne Koordinatenangabe.

Mehrmaliges Programmieren von G38 mit jeweils unterschiedlichen Achsadreßbuchstaben bewirkt, daß immer nur die Verfahrwege der Achse bzw. der Achsen gespiegelt abgefahren werden, die im jeweils letzten G38-Satz vor der Programmierung des entsprechenden Verfahrweges programmiert wurden.

Der Startpunkt eines gespiegelt abzufahrenden Satzes ist immer der Zielpunkt des vorangehenden Verfahrweges.

Wird die Funktion „Spiegeln“ an einer anderen Position ausgeschaltet als an der, an der sie eingeschaltet wurde, so wird für die Differenzstrecke automatisch eine Nullpunktverschiebung über G92 aktiv.

Beispiel 2 (Spiegeln mit vorherigem Achswertsetzen mit G92):

N10 G1 X0 Y0 F1000

N20 G1 X5 Y5

N30 G92 X0

Verschiebung der Y-Achse auf die aktuelle Position X5

/N40 G38 X1

N50 G1 X10 Y5

N60 G39

Spiegeln ausschalten

N70 G4

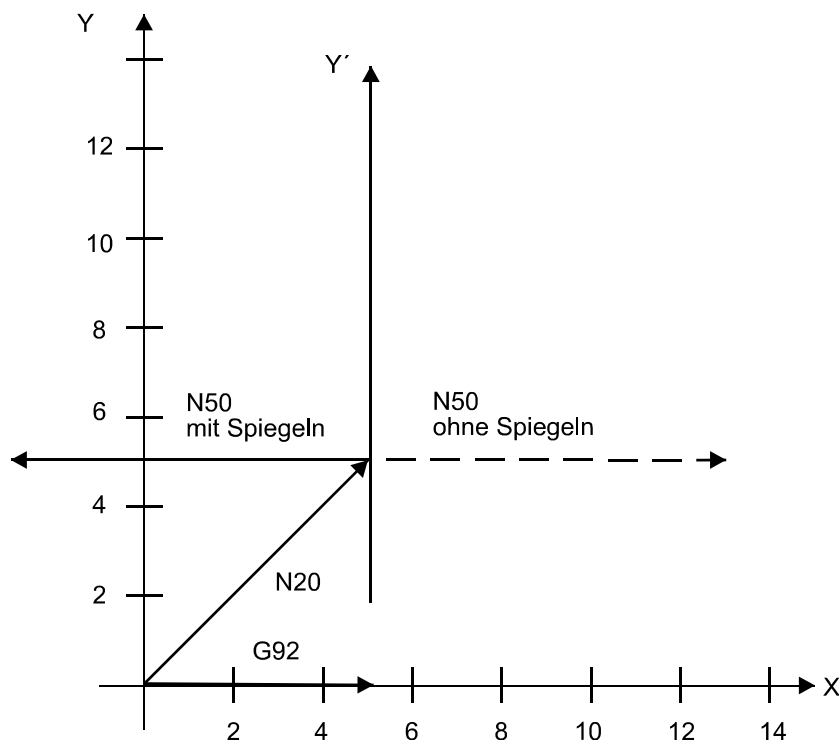
Satz ohne Auswirkungen(Dummy-Satz), vor G92 ohne Achskoordinaten erforderlich

N80 G92

Nullpunktverschiebung rückgängig machen

N90 M30

Programmende



7.7 G51, G52 Partrotation

Syntax:

| | |
|----------|----------|
| G51 R... | Gradmaß |
| G52 R... | Bogenmaß |

Die Funktion Partrotation dient dazu, ein komplettes Programm oder ein Teil eines Programms innerhalb der aktiven Ebene zu drehen. Der Drehpunkt kann programmiert werden. Die Funktion wird durch G51 bzw. G52 aktiviert. Mit dem Adreßbuchstaben R ist der Drehwinkel anzugeben. Ein positiver Wert bedeutet eine Drehung in die mathematisch positive Richtung (gegen den Uhrzeigersinn) gedreht. Ein negativer Wert bedeutet die Drehung in die mathematisch negative Richtung (im Uhrzeigersinn).

Bei aktivem G90 wirkt der programmierte Wert absolut, bei aktivem G91 inkremental.

Die Partrotation erfolgt jeweils in der mit G17 bis G20 angewählten Ebene.

Der Drehpunkt wird in Verbindung mit G51 bzw. G52 mit den Adreßbuchstaben der Achsen der aktiven Ebene programmiert. Wird kein Drehpunkt programmiert, so dient der Nullpunkt als Drehpunkt.

Eine programmierte Partrotation wird durch Grundstellung gelöscht. Sie wird ebenfalls gelöscht, wenn bei der Programmabarbeitung ein Ebenenwechsel mit G17- G20 oder die Anweisung G92 ohne Achsinformationen erreicht wird.

Beispiel 1:

Hauptprogramm P1:

N10 X4 Y4 F100

N20 L1 Q2

N30 M30

Unterprogramm P2:

N10 G90

N20 X8 Y4 F100

N30 Y7

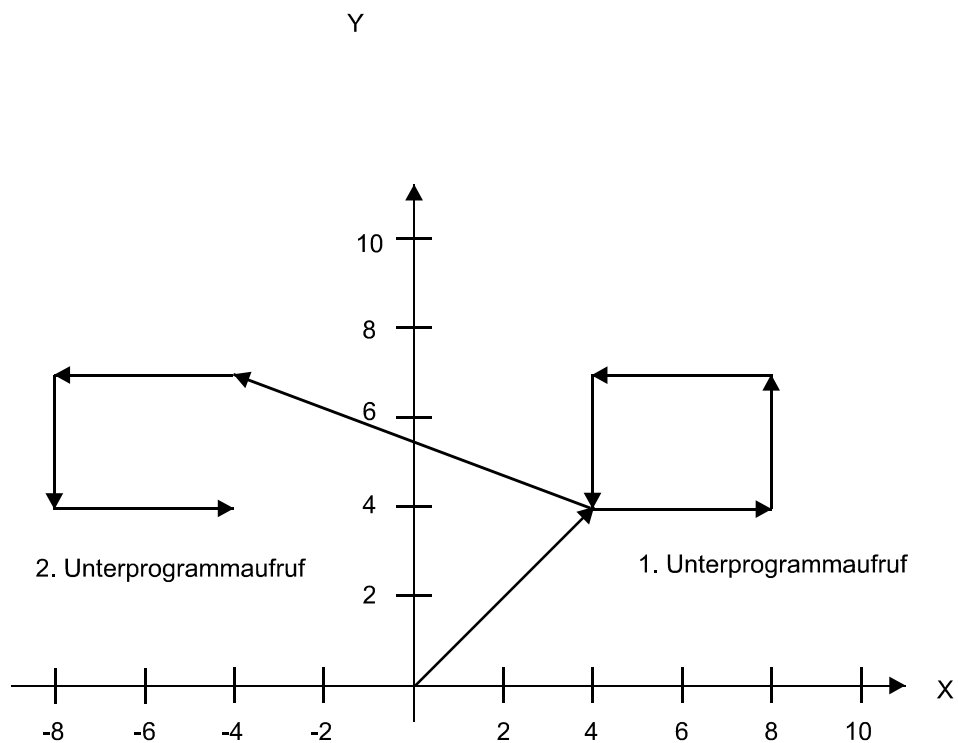
N40 X4

N50 Y4

N60 G51 R90

Aktivierung der Partrotation, Drehwinkel 90°

N70 M30



Beispiel 2:

Hauptprogramm P1:

N10 X6 Y5 F1000

N20 G92 X0 Y0

Achswertsetzen

N30 L3 Q2

N40 M30

Unterprogramm P2:

N10 G90

N20 G1 X2 Y-1

N30 G3 X3 Y0 I1

N40 G1 X2

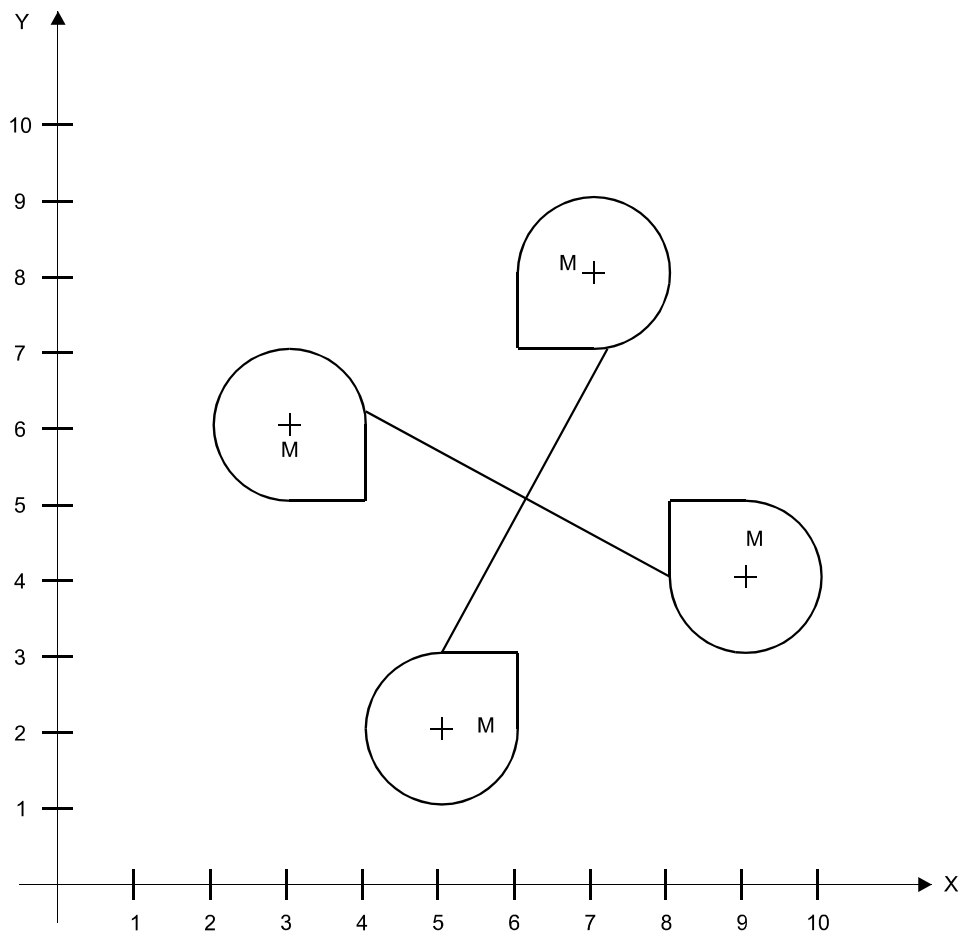
N50 Y-1

N60 X0 Y0

N70 G91

N80 G51 R90

N90 M30



7.8 G50 Skalieren

Syntax:

G50 R...

Die Anweisung „Skalieren“ ist eine werkstückorientierte Funktion. Sie ermöglicht eine proportionelle Vergrößerung oder Verkleinerung einer programmierten Werkstückkontur um einen bestimmten Skalierungsfaktor.

Programmierung:

Die Funktion „Skalieren“ wird mit der Anweisung G50 und dem Skalierungsfaktor R programmiert.

Der Skalierungsfaktor muß > 0 sein. Skalierungsfaktoren < 0 werden mit der Fehlermeldung 18 zurückgewiesen.

Skalierungsfaktoren beeinflussen alle danach programmierten Verfahrswege und Radien in der aktiven Ebene. Ein Skalierungsfaktor von beispielsweise 0,5 hat folgenden Effekt:

Alle danach programmierten Verfahrswege und Radien werden halbiert, wobei ein Skalierungsfaktor von 2 bewirkt, daß alle danach programmierten Verfahrswege und Radien verdoppelt werden.

Hinweis:

- Ist G01 (Relativprogrammierung) aktiv, ist der nach der Adresse R programmierte Skalierungsfaktor inkremental. Ein Skalierungsfaktor von 1 wird ignoriert.

Beispiel 1:

```
N50G90
...
N80 G50 R0.5
....
N100 G91
.....
N120 G50 R0.25    -> effektiver Skalierungsfaktor = 0.75
```

Beispiel 2:

```
N50G90
...
N80 G91
.....
N100 G50 R0.25    -> effektiver Skalierungsfaktor = 1.25
```

Beispiel 3:

Die Werkstückkontur K1 in den folgenden Programmen wurde unter Verwendung des Programms P1 mit aktivem G90 erstellt. Die Kontur K2 wurde mit dem Programm P2 erstellt. P2 und P1 sind bis auf den Unterschied, daß der Skalierungsfaktor 0,5 im N20-Satz steht, identisch

Programm P1

N10 G90 F1000

N20 X20 Y20

N30 X40

N40 Y40

N50 X20

N60 Y20

N70 M30

Programm P2

N10 G90 F1000

N20 X20 R0.5 Y20

N30 X40

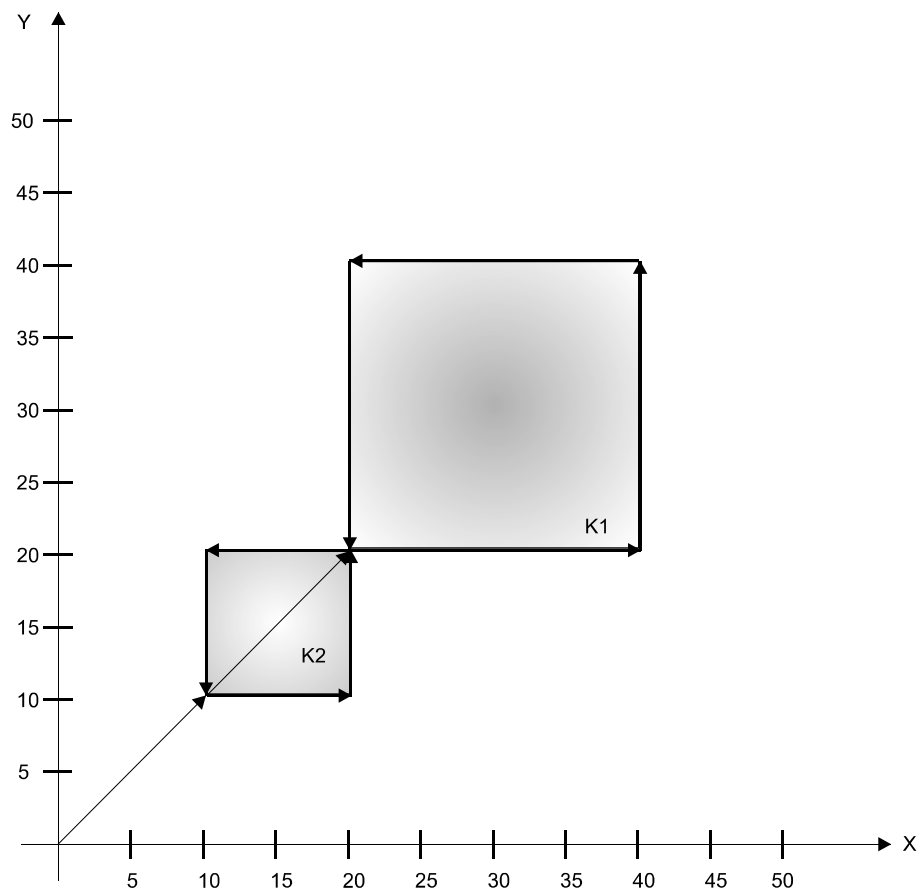
N40 Y40

N50 X20

N60 Y20

N70 M30

Skalieren mit absoluter und relativer Größeneingabe



Eine programmierte Skalieren-Funktion wird durch Grundstellung gelöscht, d.h. der Skalierungsfaktor wird auf 1 gesetzt.

Gleichzeitig können in den G50-Sätzen Positionsinformationen programmiert werden, siehe oben stehendes Beispiel,

In der Betriebsart AUTOMATIK werden die Zielpunktwerte, die das NC-Programm durch die Skalierung erhält, im Anzeigefenster als Endpunkt während der Abarbeitung der NC-Sätze, für die der Skalierungsfaktor aktiv ist, angezeigt.

Hinweis:

- Die Anweisung G50 hat keinen Einfluß auf Nullpunktverschiebungen, die mit Anweisungen zu Werkzeugradius und Werkzeuglängenkorrektur, Rundachse oder Arbeitsfeldbegrenzungen (Anweisung von G24 bis G27) programmiert werden.

7.9 G74 Programmierbares Referenzpunktanfahren

Syntax:

G74 X... Y... ...

Die Anweisung G74 bewirkt, daß eine oder mehrere Achsen ihren Referenzpunkt anfahren.

In Verbindung mit G74 sind die Adreßbuchstaben der Achsen zu programmieren, die ihren Referenzpunkt anfahren sollen. Zu jedem programmierten Achsadreßbuchstaben ist ein Wert anzugeben. Dieser Wert muß ≥ 1 sein, hat jedoch keinerlei Auswirkung auf das Referenzpunktanfahren.

Die in Verbindung mit G74 programmierten Achsen fahren alle gleichzeitig in Richtung ihres Referenzpunktes los. Haben die Achsen ihren Referenzpunkt erreicht, wird ausgehend von diesem Referenzpunkt der Maschinennullpunkt gesetzt.

Beispiel:

.....

N50 G74 X1 Y1

.....

Hinweise:

- Es dürfen keine zwei aufeinanderfolgenden G74-Sätze programmiert werden.
- Beim Aufruf von G74 dürfen keine Bahnkorrekturen mehr aktiv sein.
- Beim Aufruf von G74 werden mit G92 gesetzte Achswerte auf 0 gesetzt.
- Mit G54-G59 programmierte Nullpunktverschiebungen werden von G74 nicht beeinflußt.

7.10 M80 Restweg löschen über Meßtasterfunktion

Syntax:

M80 X... Y...

Die Funktion Restweg löschen über Meßtasterfunktion wird standardmäßig durch die satzweise wirksame Anweisung M80 aktiviert.

Hinweis:

- Ist von Ihrem Werkzeugmaschinenhersteller die Anweisung M80 bereits mit einer anderen Funktion belegt worden, so besteht die Möglichkeit, daß die Funktion „Restweg löschen über Meßtasterfunktion“ einer anderen M-Anweisung zugewiesen wurde. Näheres hierzu entnehmen Sie bitte der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers.

Anwendung:

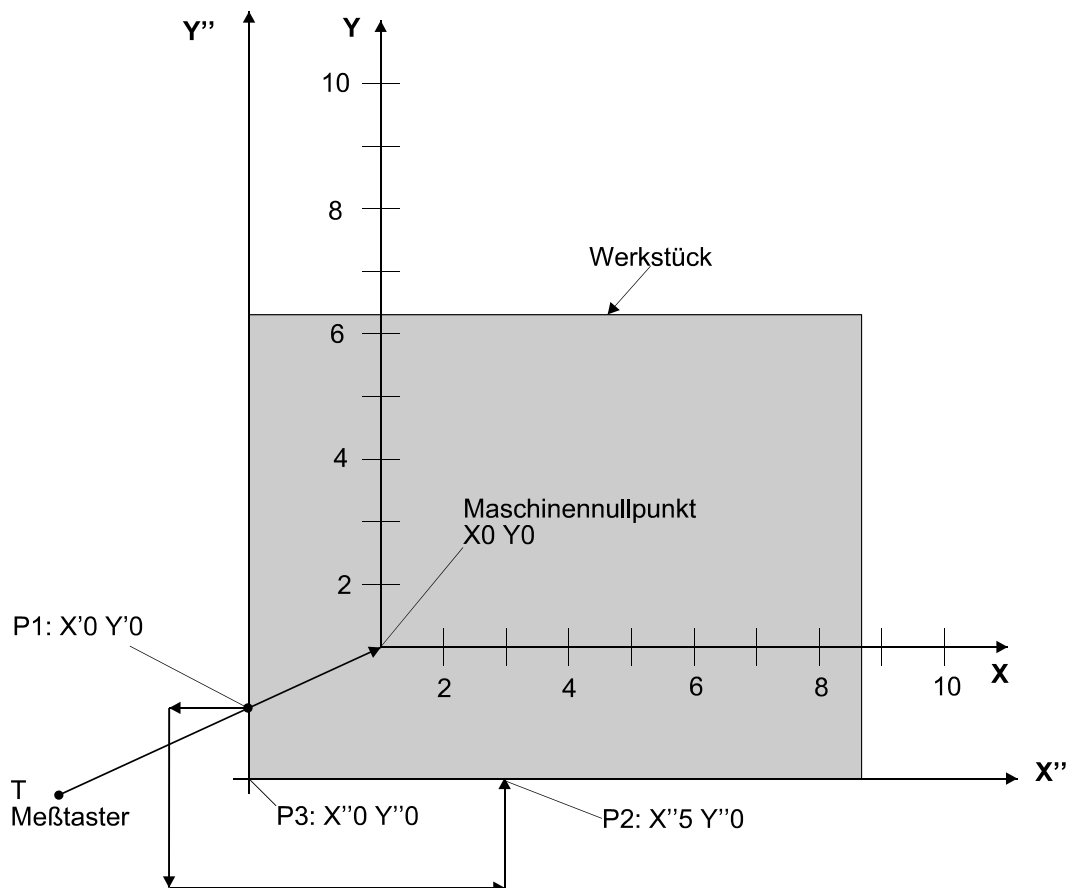
Nach dem Referenzpунктанfahren ist das Maschinenkoordinatensystem eindeutig festgelegt. Die exakte Lage eines zu bearbeitenden Werkstückes im Maschinenkoordinatensystem kann mit Hilfe von Meßtastern mit der Funktion „Restweg löschen über Meßtasterfunktion“ ermittelt werden.

Wie die Funktion „Restweg löschen über Meßtasterfunktion“ im einzelnen wirkt, veranschaulicht das folgende Beispiel.

Beispiel 1 Restweg löschen über Meßtasterfunktion (ohne Berücksichtigung des Meßtasterradius:

```

...
N10      X0      Y0      F1000  M80
N20      X-1
N30              Y-5
N40      X5
N50              Y0              M80
N60 ...
  
```



X, Y ursprüngliches Koordinatensystem

X'', Y'' Koordinatensystem nach der Nullpunktverschiebung

Erklärungen:

Die exakte Lage des Werkstückes im Koordinatensystem ist unbekannt. Die folgenden Programmsätze ermöglichen eine eindeutige Einbettung des Werkstückes in das Koordinatensystem:

| | |
|---------------------|---|
| N10 X0 Y0 F1000 M80 | Der Punkt, in dem der Meßtaster/das Werkzeug das Werkstück erreicht, erhält die Koordinaten $X=0$, $Y=0$. |
| N20 X-1 | Wegfahren des Meßtasters bzw. Werkzeuges von der Werkstückkante |
| N30 Y-5 | Meßtaster/Werkzeug unter das Werkstück fahren |
| N40 X5 | |
| N50 Y0 M80 | Der Punkt, in dem der Meßtaster/das Werkzeug das Werkstück erreicht, erhält die Koordinaten $X05, Y00$. Der neue Koordinatenursprung liegt jetzt in der linken unteren Ecke des Werkstückes. |
| N60 ... | Beginn des eigentlichen NC Programms zur Werkstückbearbeitung |

Der Meßtaster (anstelle eines Werkzeuges) befindet sich im Punkt T. Der erste Programmsatz N10 bewirkt, daß der Meßtaster geradlinig in den Achsen X und Y auf den Maschinennullpunkt gefahren wird. Sobald der Meßtaster jedoch eine Werkzeugkante erreicht (im Beispiel in Punkt P1), wird die Verfahrbewegung gestoppt, dem Punkt P1 werden die Zielpunktkoordinaten $X' = 0$, $Y' = 0$, die eigentlich noch nicht erreicht sind, zugewiesen. Damit ist die Verschiebung der X-Achse für das Werkstück in bezug auf das Maschinenkoordinatensystem bekannt.

Diese Verschiebung muß nun auch für die Y-Achse ermittelt werden.

Dazu wird der Meßtaster im Programmsatz N20 zunächst von der Werkstückkante weggefahren und in den Programmsätzen N30 und N40 in eine Position unterhalb des Werkstückes gebracht. Durch eine Verfahrbewegung allein in der Y-Achse kann nun die Verschiebung der Y-Achse des Werkstückes in bezug auf die Y-Achse des Maschinenkoordinatensystems ermittelt werden.

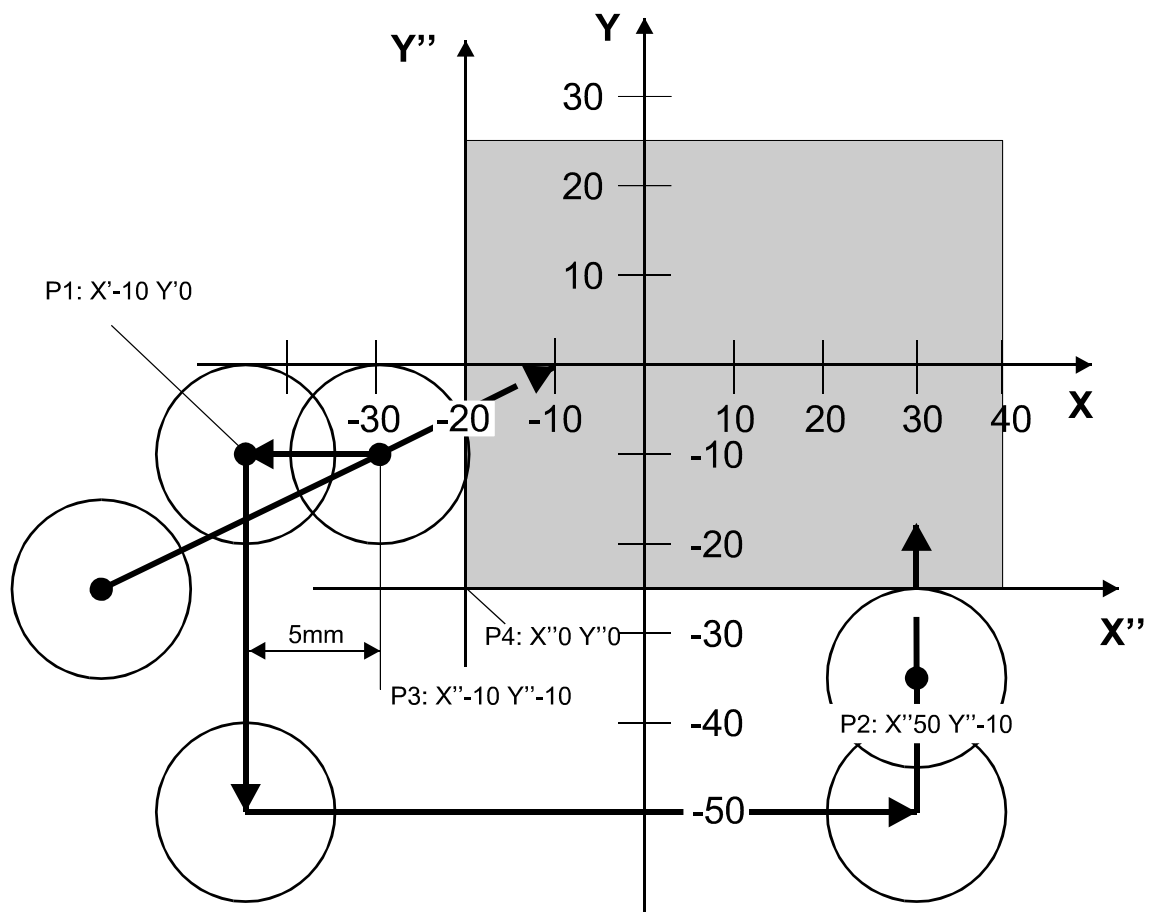
Dies geschieht im Programmsatz N50. Der Meßtaster wird linear in der Y-Achse in Richtung $Y''=0$ gefahren. Bei Erreichen der Werkstückkante wird die Verfahrbewegung gestoppt. Dem erreichten Punkt P2 wird die Zielpunktcoordinate $Y''=0$ zugewiesen. Der Punkt P3 $X''=0, Y''=0$ ist damit der Ursprung des Koordinatensystems, in das das Werkstück eindeutig eingeordnet werden kann. Er liegt in der unteren linken Ecke des Werkstückes.

Beispiel 2 Restweg löschen über Meßtasterfunktion (unter Berücksichtigung des Meßtasterradius):

Auch hier ist die exakte Lage des Werkstückes im Koordinatensystem unbekannt. Sie wird hier mit Hilfe eines Meßtasters mit dem Radius 10 mm ermittelt.

...

| | | | |
|------|------|------|-----|
| N100 | X-10 | Y0 | M80 |
| N20 | X-15 | | |
| N30 | | Y-50 | |
| N40 | X50 | | |
| N50 | | Y-10 | M80 |



T = Werkzeug mit Radius 10 mm

X, Y ursprüngliches Koordinatensystem

X'', Y'' Koordinatensystem nach der Nullpunktverschiebung

Erklärungen:

| | |
|-----------------|--|
| N10 X-10 Y0 M80 | Der Meßtaster T wird in Richtung des Punktes X-10, Y0 verfahren. Dem Punkt, den der Meßtastermittelpunkt bei Kollision des Meßtasters mit dem Werkstück erreicht, werden die Koordinaten X-10, Y0 zugewiesen |
| N20 X-15 | Wegfahren des Meßtasters von der Werkstückkante |
| N30 Y-50 | Meßtaster unter das Werkstückfahren |
| N40 X50 | |

N50 Y-10 M80

Das Werkzeug wird in Richtung des Punktes X50, Y-10 verfahren. Dem Punkt, den der Meßtastermittelpunkt bei Kollision des Meßtaster mit dem Werkstück erreicht, werden die Koordinaten X=50, Y=-10 zugewiesen. Der neue Koordinatenursprung liegt damit in der linken unteren Ecke des Werkstückes.

Hinweise:

- Die Anweisung „Restweg löschen über Meßtasterfunktion“ darf nur in Verbindung mit den Anweisungen G01, G02, G03, G07, G12 oder G13 programmiert werden.
- Die Funktion „Restweg löschen über Meßtasterfunktion“ wirkt ähnlich wie die Anweisung G92 „Achswert setzen“. Im Falle von G92 werden der Position, auf der sich das Werkzeug beim Aufruf von G92 befindet, die in Verbindung mit G92 programmierten Koordinatenwerte zugewiesen.
- Im Falle von M80 werden dem Punkt, an dem der Meßtaster bzw. das Werkzeug eine Werkstück- kante erreicht, die in dem M80-Satz programmierten Zielpunktkoordinaten zugewiesen. In beiden Fällen findet also eine Nullpunktverschiebung statt. Im weiteren Verlauf des Programmes wird von dem verschobenen Nullpunkt ausgegangen.
- Über die Funktion „Restweg löschen über Meßtasterfunktion“ erreichte Nullpunktverschiebungen entsprechen mit G92 gesetzten Achswerten. Diese können mit N.. G92 gelöscht werden. Bei Grundstellung bleiben diese Werte erhalten (siehe G92 Achswert setzen).

8 Programmbeeinflussung

8.1 M00 Programmunterbrechung(unbedingter Halt)

Syntax:

M00

Sofern im PLC-Programm nicht anders realisiert, ermöglicht es die Anweisung M00, ein NC-Programm zu unterbrechen, um eine Messung o.ä. durchzuführen. Nach der Abarbeitung eines NC-Satzes, in dem die Anweisung M00 programmiert wurde, unterbricht die Steuerung die Programmabarbeitung. Alle modalen Werte bleiben erhalten. Um das Programm danach weiter abarbeiten zu lassen, ist die Starttaste zu drücken.

8.2 M01 Programmunterbrechung (bedingter Halt)

Syntax:

M01

Die Anweisung M01 hat die gleiche Funktion wie M00, vorausgesetzt, F10:AUTOMATIK → F3:Programmablauf 2 → F2:wahlweiser Halt (M01) wurde zuvor angewählt.

Wird F10:AUTOMATIK → F3:Programmablauf 2 → F2:wahlweiser Halt (M01) erst angewählt, nachdem ein NC-Satz mit der Anweisung M01 verarbeitet wurde und sich bereits im dynamischen Satzpuffer befindet, so wird das Programm nicht unterbrochen, auch wenn die tatsächliche Ausführung des M01 Satzes noch nicht begonnen hat.

8.3 M02, M30 Programmende

Syntax:

M02/M30

Mit den Anweisungen M02 oder M30 wird das Programmende programmiert. Diese beiden Anweisungen haben exakt die gleiche Wirkung, sie können also alternativ verwendet werden.

Im Gegensatz zu M00 bewirken die Anweisungen M02 und M30, daß alle modalen Werte gelöscht werden und sich die Steuerung wieder in Grundstellung befindet.

M02 bzw. M30 sind im letzten Satz eines NC-Programms einzugeben. Die Achsen bleiben an der Position stehen, die sie am Programmende erreicht haben.

Durch Betätigen der Start-Taste kann der Programmablauf erneut gestartet werden.

Wurde in einem M02 bzw. M30 Satz eine Programmwiederholung mit L programmiert, wird M02 bzw. M30 erst nach dem letzten Wiederholungsdurchlauf aktiv.

In Unterprogrammen kennzeichnet M02 bzw. M30 lediglich das Ende des Unterprogrammes, jedoch noch nicht das des Hauptprogrammes. M02 bzw. M30 bewirken in diesem Fall lediglich einen Rücksprung ins Hauptprogramm; die Steuerung wird nicht in die Grundstellung gebracht. Jedes Programm muß M02 bzw. M30 als Endekennung enthalten. Ist dies nicht der Fall, erscheint die Fehlermeldung 32.

Hinweise:

- Eine mit G92 programmierte Verschiebung des Koordinatennullpunkts wird durch M02/M30 nicht zurückgesetzt.
- Unterprogrammaufrufe in einem Satz mit M02/M30 sind nicht erlaubt. Es erscheint keine Fehlermeldung; der Unterprogrammaufruf wird jedoch nicht ausgeführt.
- M02/M30 kann an beliebiger Stelle des letzten Satzes stehen; dahinter stehende Anweisungen werden abgearbeitet, bevor M02/M30 aktiv wird.

8.4 G10, G11 Dynamischen Satzpuffer leeren bzw. füllen

8.4.1 Zusammenfassung

Die PA-Steuerungen sind mit einem Satzpuffer für eine bestimmte Anzahl von NC-Sätzen ausgestattet.

Für bestimmte Anwendungen ist es erforderlich, zu verhindern, daß der Interpolator Sätze aus dem Satzpuffer entnimmt. Ob die Entnahme von Sätzen aus dem Satzpuffer zulässig ist oder nicht, kann mit Hilfe der Anweisungen G10 „Dynamischen Satzpuffer leeren“ bzw. G11 „Dynamischen Satzpuffer füllen“ gesteuert werden.

8.4.2 G10 Dynamischen Satzpuffer leeren

Syntax:

G10

Anwendung:

Die Anweisung G10 ist z.B. dann erforderlich, wenn ein Programm an einer bestimmten Stelle mit M00 angehalten werden soll, um dann mit Hilfe der dialogfähigen Zyklen Hinweise an den Bediener auszugeben.

Nach der Abarbeitung eines G10-Satzes wird der Satzpuffer vom Interpreter erst dann wieder befüllt, wenn alle vorhergehenden Sätze den Satzpuffer verlassen haben.

Beispiel:

Werkzeugwechsel auf Entladeposition X=0, Y=.0 Die mit * gekennzeichneten Sätze sind Zyklensätze.

. . .

N100 Y0

N110 X0

N120 M0

N130 G10

N150 G4 (1)

N160 G10

N180 X200 Y200

. . .

(1) Der Dummysatz N150 bewirkt zusammen mit der Anweisung G10 in N160, daß der Zyklensatz N180 erst nach dem Drücken der Starttaste abgearbeitet wird.

8.4.3 G11 Dynamischen Satzpuffer füllen

Syntax:

G11

Anwendung:

Die Anweisung G11 ist dann vorteilhaft, wenn eine größere Anzahl von sehr kurzen Sätzen ohne Stillstandszeiten an den Satzübergängen abgearbeitet werden muß.

Eine Programmierung von G11 empfiehlt sich beispielsweise vor der Aktivierung einer Splineinterpolation oder der Funktion „Look Ahead“, die nur dann zu einem optimalen Ergebnis führen, wenn sich bei deren Aktivierung eine ausreichende Anzahl von NC-Sätzen im dynamischen Satzpuffer befindet.

Wird in einem Satz G11 programmiert, so werden dieser und die nachfolgenden Sätze erst dann abgearbeitet, wenn der Satzpuffer vollständig gefüllt ist oder das Programm vollständig im Satzpuffer enthalten ist.

8.5 G72, G73 Interpolation mit Genauhalt AUS bzw. EIN

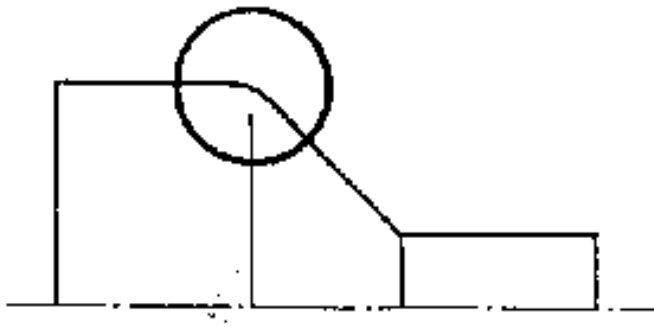
Syntax:

G72/G73...

Mit dem Programmwort G73 wird die Anweisung Interpolation mit Genauhalt aktiviert, mit dem Programmwort G72 wird sie deaktiviert. Durch die Interpolation mit Genauhalt werden Schleppfehler zum Satzende hin abgebaut.

Schleppfehler resultieren aus unvermeidbaren Regelabweichungen. Die Größe von Schleppfehlern hängt von der Vorschubgeschwindigkeit und der Regelkreis-Verstärkung (KV-Faktor) ab. Schleppfehler können sich so auswirken, daß die Ecken des Werkstückes leicht abgerundet sind, wie in Abb. 4-1 angedeutet. Abhängig vom Bearbeitungsfall kann es auch zu Verdrehungen und Verformungen der Ecken kommen.

Kontur mit Schleppfehler

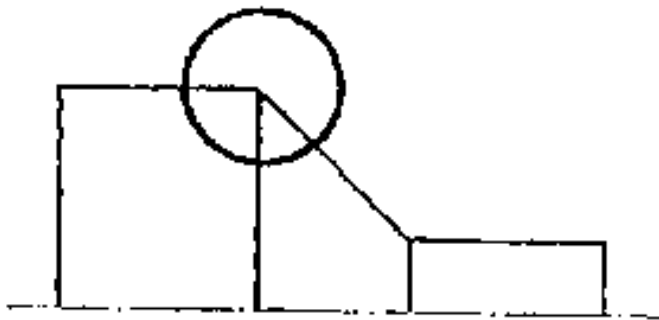


Abgerundete Konturecken infolge von Schleppfehlern sind im Normalfall keine negative Erscheinung, denn scharfe Kanten sind meist unerwünscht.

Müssen Schleppfehler jedoch vermieden werden, (z.B. beim Drehen von speziellen Dichtungskanten), so ist dies mit Hilfe der Anweisung G73 möglich. Sie bewirkt bei sämtlichen Interpolationsarten, daß der jeweils nachfolgende NC-Satz erst dann aktiviert wird, wenn die Achsen den Zielpunkt des momentan in Abarbeitung befindlichen Satzes erreicht haben. Auf diese Weise können Schleppfehler bis auf einen voreinstellbaren Rest zum Satzende hin abgebaut werden.

Wird G73 programmiert, so ist zu beachten, daß sich das Werkzeug beim Anhalten freischneiden kann. Es entstehen Marken in der Werkstückkontur, da der Schnittdruck wegen des fehlenden Vorschubs plötzlich verringert wird.

Mit Genauhalt bearbeitete Kontur



8.6 G08, G09 Look Ahead AUS bzw. EIN

Syntax:

G08/G09...

Die Funktion Look Ahead wird mit der Anweisung G09 eingeschaltet und mit der Anweisung G08 ausgeschaltet.

Hinweis:

- Die Funktion „Look Ahead“ wird außerdem deaktiviert durch NC-Sätze mit den G-Anweisungen:
G73 Interpolation mit Genauhalt EIN
G74 Programmierbares Referenzpunktanfahren
G95 Vorschub als Weg/U
sowie beim satzweisen Abarbeiten eines NC-Programmes.

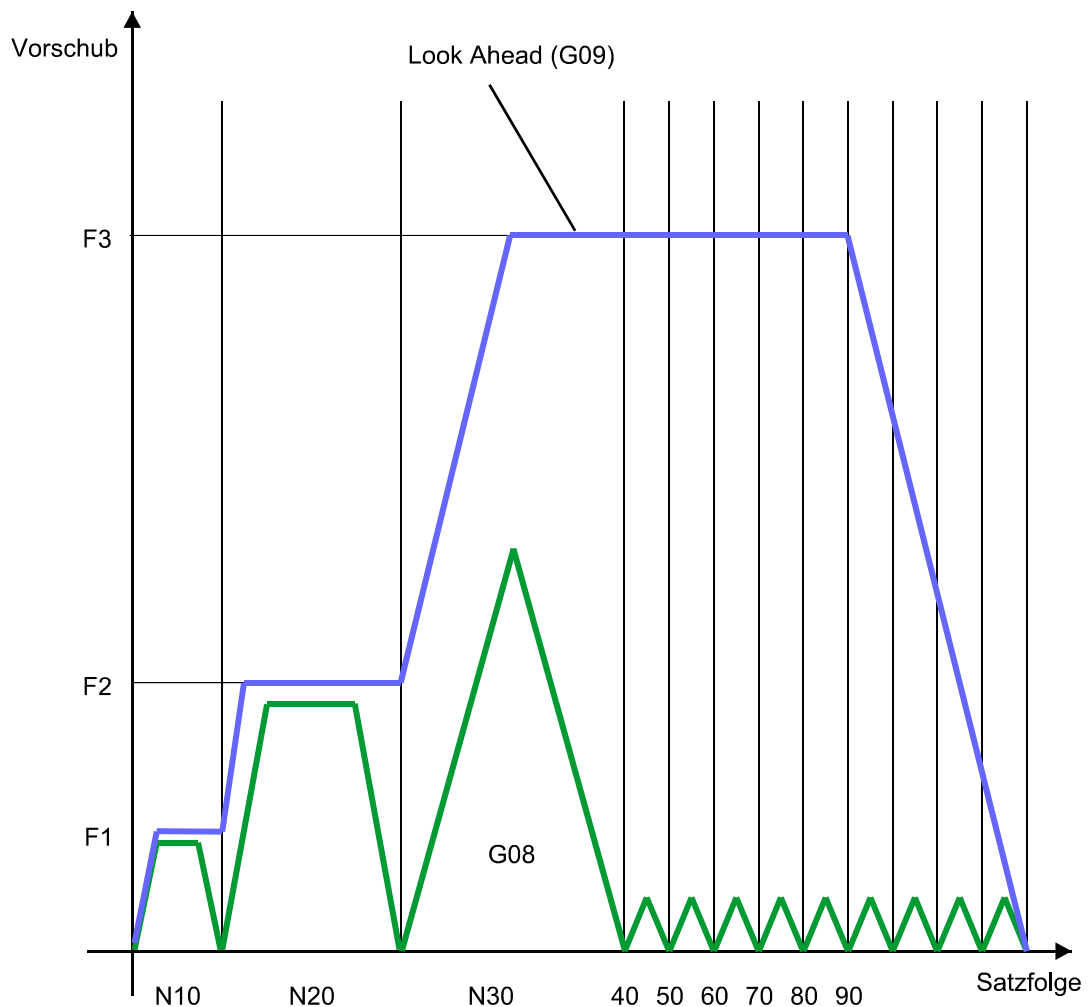
Durch diese G-Anweisungen wird automatisch G08 aktiviert.

Wirkungsweise der Funktion „Look Ahead“:

Standardmäßig, d.h. bei aktivem G08, werden NC-Verfahrenssätze wie folgt abgearbeitet:

Am Anfang des NC-Verfahrenssatzes wird von 0 auf die Vorschubgeschwindigkeit beschleunigt. Am Ende des NC-Satzes wird abgebremst, so daß die Vorschubgeschwindigkeit bei Erreichen des Zielpunktes des Verfahrenssatzes 0 beträgt und der Zielpunkt somit exakt angefahren wird.

Abarbeitung von NC-Sätzen mit bzw. ohne „Look Ahead“:



Fläche unter der Kurve = Produktivität

Die Funktion „Look Ahead“ dagegen bewirkt folgendes:

Bei aktivem „Look Ahead“ erkennt die PA 8000 über mehrere NC-Sätze hinweg, an welchen Stellen die Achsen beschleunigt bzw. abgebremst werden müssen. Die Vorschubgeschwindigkeit wird durch Beschleunigen bzw. Abbremsen automatisch angepaßt. Die Anpassung erfolgt dabei unter Berücksichtigung folgender Faktoren:

- dem in den einzelnen NC-Sätzen programmierten Vorschub
- der Bahnkrümmung und den Ecken unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Achsbeschleunigungen
- den maximal zulässigen Achsgeschwindigkeiten

Dadurch wird eine gleichmäßige Vorschubbewegung über zwei oder mehrere NC-Sätze hinweg gewährleistet. Dies hat eine gleichmäßigere und (unter Umständen erheblich) schnellere Bearbeitung zur Folge, die sich wiederum in einer höheren Oberflächenqualität und Produktivität auswirkt.

Um dies zu gewährleisten, darf die Steuerung nicht nur den jeweils aktuellen NC-Satz berücksichtigen, sondern sie muß „vorausschauend“ (‚vorausschauen‘ = engl. ‚look ahead‘) auch den Verlauf der nachfolgenden NC-Sätze miteinberechnen.

Um eine konstante Vorschubgeschwindigkeit über mehrere Sätze hinweg zu ermöglichen, werden bei aktivem „Look Ahead“ die programmierten Satzzielpunkte nicht angefahren, sondern mit der am Satzende erreichten Vorschubgeschwindigkeit überfahren.

Muß die Vorschubgeschwindigkeit am Satzende auf 0 reduziert werden, z.B. weil G09 deaktiviert wurde, so wird der letzte Satzzielpunkt vor der Deaktivierung der Funktion „Look Ahead“ exakt angefahren.

Mit der PA-Steuerung kann eine große Anzahl von NC-Sätzen bei aktiver G09 Funktion überschaut werden. Die Anzahl der von der PA 8000 überschaubaren NC-Sätze hängt vom verfügbaren Speicherplatz im dynamischen Satzpuffer ab. Sie beträgt mindestens 4.

Beim Abarbeiten mehrerer NC-Sätze mit aktiver „Look Ahead“ Funktion wird die Vorschubgeschwindigkeit so begrenzt, daß bis zum letzten Satz, der mit aktivem G09 abgearbeitet werden soll, eine Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit auf 0 möglich ist und in jeden Satz mindestens ein Interpolationspunkt fällt.

Tritt innerhalb einer Folge von NC-Sätzen, die mit aktivem G09 abzuarbeiten sind, ein Satz ohne Verfahrenweisung auf, so wird am Ende des diesem Satz vorangehenden Verfahrensatzes die Vorschubgeschwindigkeit auf 0 reduziert.

Sind bei aktivem G09 die minimalen Satzausführungszeiten nicht zu kurz bzw. die maximalen Satzvorbereitungszeiten nicht zu lang, ist stets gewährleistet, daß ein neuer Satz in der Geometrievorbereitung rechtzeitig fertig wird und dem Servoprozess zur Abarbeitung rechtzeitig zur Verfügung steht. Durch Programmierung von G11 („Dynamischen Satzpuffer füllen“) oder G04 („Verweilzeit“), z.B. vor einem kritischen Programmabschnitt, kann dies stets sichergestellt werden.

Mit PA-Steuerungen ist es somit möglich, falls erforderlich, über mehrere Sätze hinweg zu beschleunigen bzw. abzubremesen.

Hinweise:

- Beim Umschalten von der Abarbeitung eines NC-Programmes im Folgesatz auf die Abarbeitung im Einzelsatz werden ab dem Umschaltzeitpunkt alle G09 Sätze als G08 Sätze interpretiert. Wird von der Abarbeitung im Einzelsatz auf die Abarbeitung im Folgesatz umgeschaltet, kann es vorkommen, daß zum Umschaltzeitpunkt G09 Sätze bereits als G08 Sätze interpretiert wurden und daher noch als G08 Sätze abgearbeitet werden. Bei der Abarbeitung von NC-Sätzen im Einzelsatz wirkt die Anweisung G09 grundsätzlich wie G08.
- Bei aktivem „Look Ahead“ sollte stets die Splineinterpolation mit tangentialen Übergängen verwendet werden. Die anderen Splineinterpolationsarten sind zwar auch verwendbar; in ihrem Fall muß jedoch am Spline-Anfang und am Spline-Ende je ein G08 Satz in Kauf genommen werden.

- Um eine optimale Wirkungsweise der Funktion „Look Ahead“ zu erzielen, empfiehlt es sich, bei Servoprozessorsystemen nach dem Aktivieren der Funktion „Look Ahead“ zunächst dafür zu sorgen, daß der dynamische Satzpuffer gefüllt ist, bevor der erste Verfahrssatz mit „Look Ahead“ ausgeführt wird. Das Befüllen des dynamischen Satzpuffers kann z.B. über die Anweisung G11 („Dynamischen Satzpuffer füllen“) oder über eine mit G04 programmierte Verweilzeit erreicht werden.

Beispiel:

```

. . .
N30    G9                                (G09 muß bereits aktiv sein, bevor G04/G11 programmiert wird)
N40    G4      F500      oder N40 G11
N50    G1      X20      Y30
. . .
N200   M30

```

Hinweis:

- Bei aktivem „Look Ahead“ kann es vorteilhaft sein, die Beschleunigung mit Hilfe der Anweisung „Programmierbare Beschleunigung“ zu begrenzen. Diese bewirkt eine Nivellierung der Beschleunigung bei aktivem „Look Ahead“.
- Die Funktion „Look Ahead“ ist eine Option und nicht in allen PA-Systemen verfügbar.

8.7 G86 Eckenbeschleunigung, Konturgenauigkeit

Zusätzlich zur „Look Ahead“ Funktion steht Ihnen die Anweisung G86 zur Verfügung. Mit ihr ist es möglich, eine Eckenbeschleunigung (E) und eine Konturgenauigkeit (K) zu programmieren.

Beispiel:

N20 G86 E0.9 K0.05

8.7.1 Eckenbeschleunigung:

Syntax:

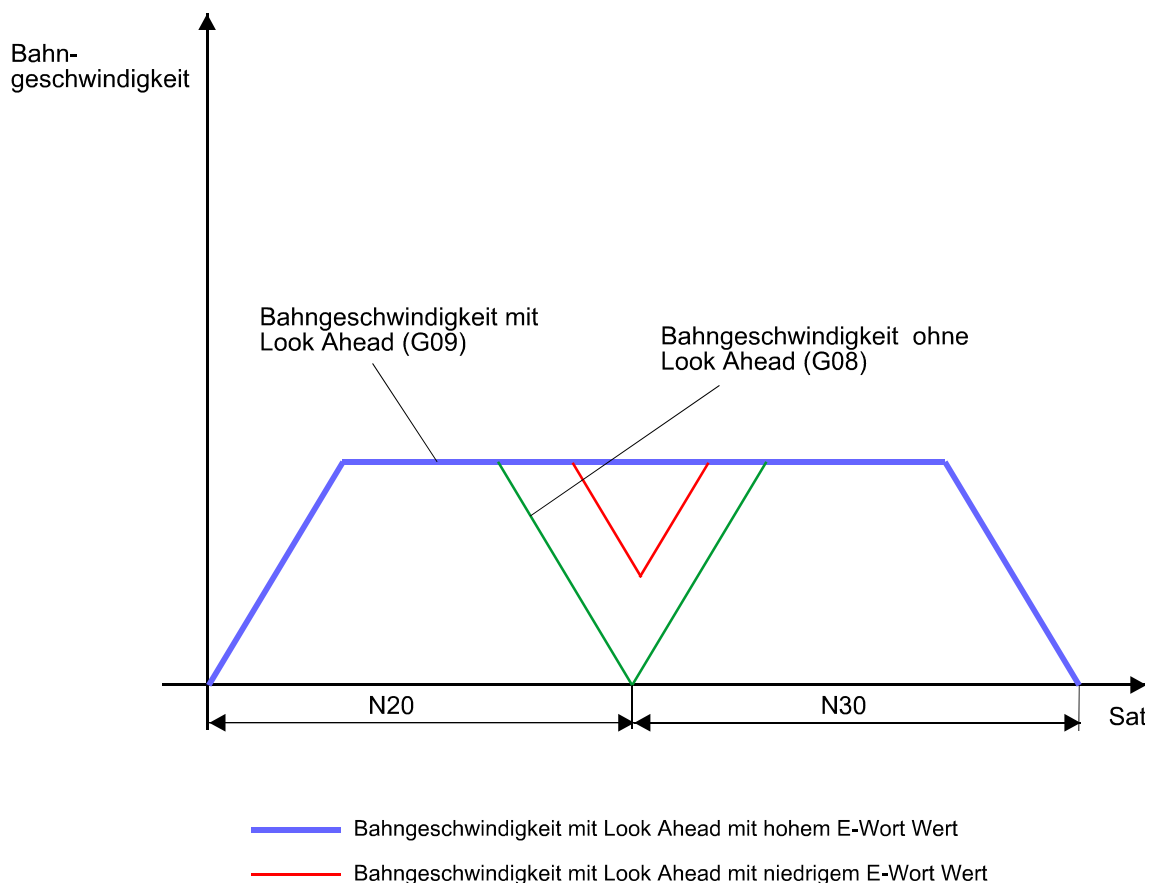
G86 E...

Die Achsen einer Werkzeugmaschine besitzen eine maximal zulässige Beschleunigung. Durch die Anweisung G86 in Verbindung mit einem E-Wort kann eine Eckenbeschleunigung programmiert werden. Je nach Wert des E-Wortes bewirkt die Eckenbeschleunigung eine kurzfristige Überschreitung bzw. Herabsetzung der maximalen Beschleunigung der Achsen bei aktivem Look Ahead (G09). Die Wirkung verschiedener E-Wort-Werte ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

| Wert des E- Wortes | Wirkung |
|--------------------------------|---|
| 1 | Verdoppelung der max. Beschleunigung |
| 0.5 (voreingestellter Wert) | Einhalten der max. Beschleunigung |
| 0.25 | Halbierung der max.Beschleunigung |
| 0.05 | Reduzierung der max. Beschleunigung auf 10% |

Das mit G86 programmierte E-Wort wirkt sich auf den Achsgeschwindigkeitseinbruch zwischen Verfahrssätzen aus.

Geschwindigkeitseinbruch zwischen Verfahrssätzen in Abhängigkeit von der Eckenbeschleunigung



Die Tiefe des Geschwindigkeitseinbruchs ist von der Höhe des E-Wort-Wertes abhängig und vom Winkel zwischen den in aufeinanderfolgenden Sätzen beschriebenen Bahnen. Je höher der E-Wort-Wert und je geringer die Abweichung des Winkels von 180° , desto geringer der Geschwindigkeitseinbruch. Aufgrund des Nachlaufes wird also über das E-Wort letztendlich die geforderte Konturgenauigkeit an der Ecke programmiert.

Hinweise:

- Falls kein E-Wort programmiert wurde, gilt der von Ihrem Maschinenhersteller voreingestellte Wert.
- Durch einen sehr niedrigen E-Wert (z.B. 0.001) kann die Funktion „Look Ahead“ ausgeschaltet werden, so daß die Bearbeitung wie bei aktivem G08 erfolgt.

8.7.2 Konturgenauigkeit

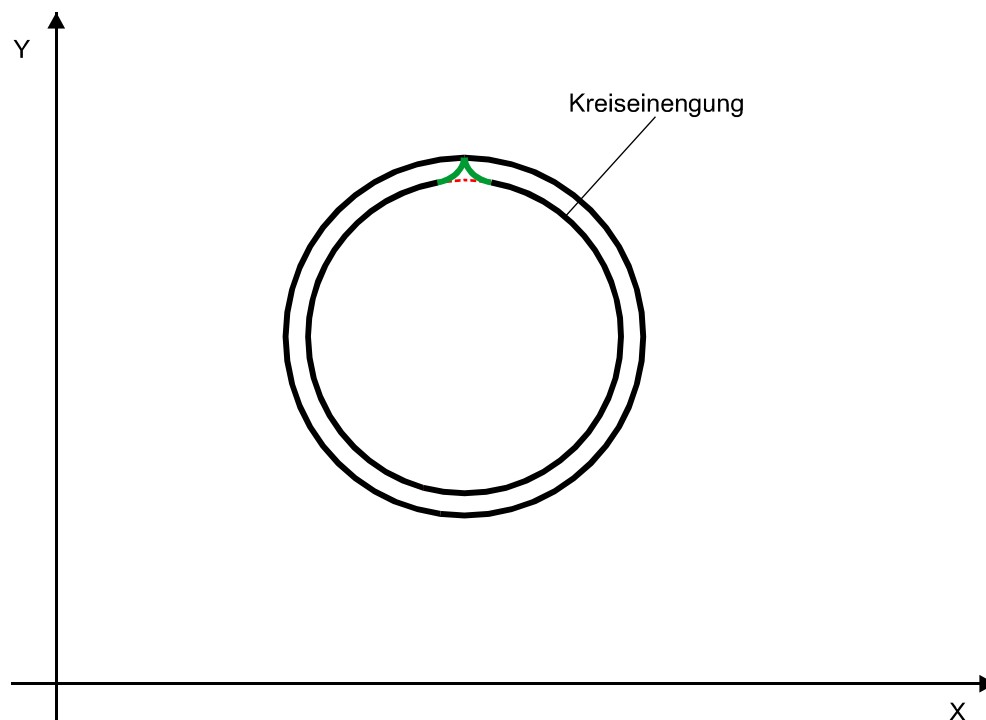
Syntax:

G86 K...

Mit der Anweisung G86 kann in Verbindung mit einem K-Wort die gewünschte Konturgenauigkeit bei Kreisinterpolationen programmiert werden.

Bei Kreisinterpolationen tritt je nach Kreisverstärkung (KV) und Bahngeschwindigkeit eine Kreisradiuseinengung, also eine Konturungenauigkeit, auf.

Kreiseinengungsfehler beim Abfahren eines Kreises aus dem Stillstand



Bei der Kreisinterpolation mit programmierter Konturgenauigkeit wird die Bahngeschwindigkeit so stark herabgesetzt, daß die programmierte maximale Kreisradiuseinengung nicht überschritten wird. Wird auf die Kreisgenauigkeit kein Wert gelegt, kann ein hoher K-Wert programmiert werden.

Der K-Wert wird in den gleichen Einheiten programmiert wie die Achspositionen.

Hinweise:

- Eine programmierte Konturgenauigkeit wirkt sich nur auf die Kreisinterpolation (mit G02/G03; G12/G13 und G07), nicht jedoch auf die Linear- und Splineinterpolation aus.
- Falls kein K-Wert programmiert wurde, gilt der von Ihrem Maschinenhersteller voreingestellte Wert.
- Unabhängig von der programmierten Konturgenauigkeit wird die Kreisgeschwindigkeit auf jeden Fall durch den von Ihrem Maschinenhersteller eingestellten Maschinenschutzfaktor begrenzt, damit die zulässigen Achsbeschleunigungen bei der Kreisbearbeitung nicht überschritten werden. Sollte also bei der Programm abarbeitung trotz einer Erhöhung des K-Wort-Wertes keine höhere Achsbeschleunigung eintreten, so kann dies auf den Maschinenschutzfaktor zurückzuführen sein.
- Durch einen sehr hohen K-Wert (z.B.100) kann die Kreisgenauigkeitsprogrammierung deaktiviert werden. In diesem Fall tritt der Maschinenschutzfaktor in Kraft.
- Die Funktion „G86, Eckenbeschleunigung und Konturgenauigkeit“ ist eine Option und nicht in allen PA-Systemen verfügbar.

8.8 G04 Verweilzeit

Syntax:

G4 F...

Mit dem Programmwort G04 wird in Verbindung mit einem F-Wort die Anweisung Verweilzeit programmiert. Als Ziffernfolge des F-Wortes ist die Verweilzeit in Millisekunden einzugeben. Es kann jedoch auch eine andere Einheit vereinbart werden. Der Maximalwert beträgt 99999.

Eine Verweilzeit bewirkt, daß der nächste NC-Satz erst nach Ablauf der Verweilzeit ausgeführt wird.

Beispiel:

```
...  
N50 X10  
N60 G4 F500  
N70 Y20  
...
```

Erklärung zum Beispiel:

Die programmierte Verweilzeit im Satz N60 bewirkt, daß nach der Abarbeitung des Satzes N50 eine Wartezeit (in diesem Fall 0,5 s) eingelegt wird, bevor der nächste Satz (N70) abgearbeitet wird.

Sind längere Verweilzeiten als 100 Sekunden erforderlich, so muß G04 entsprechend oft nacheinander programmiert werden.

8.9 Hilfsfunktionen (BCDS)

Bei den Hilfsfunktionen handelt es sich um Programmwörter, die dazu dienen, vom NC-Programm aus Informationen an das PLC-Programm zu übergeben.

In der PA 8000 können bis zu vier solcher Hilfsfunktionen voreingestellt sein. Üblicherweise werden für Hilfsfunktionen die Adreßbuchstaben M, S, U und T verwendet. Die entsprechenden Programmwörter werden im NC-Programm ignoriert und als sogenannte BCDs an das PLC-Programm weitergeleitet.

Die Bedeutung der BCDs wird im allgemeinen vom Maschinenhersteller festgelegt. (Näheres zu den BCDs entnehmen Sie daher bitte der Dokumentation des jeweiligen Herstellers.) Die im Anhang aufgeführten M-Codes sind jedoch vordefiniert. Sie stehen aber nur dann zur Verfügung, wenn die zugehörige Funktion auch verfügbar ist. (Siehe Anhang Tabelle der M-Codes)

An die PLC weitergeleitet werden von den im Anhang aufgeführten M-Codes nur diejenigen, die durch einen Stern (*) gekennzeichnet sind. Manche (wie z.B. M02/M30) werden nur dann an die PLC weitergeleitet, wenn die entsprechende Funktion auch tatsächlich ausgeführt wird. Diese sind in der Tabelle durch ((*)) gekennzeichnet. M02 und M30 werden beispielsweise nur dann an die PLC weitergeleitet, wenn sie nicht am Ende eines Unterprogrammes stehen und somit nur zu einem Rücksprung ins Hauptprogramm führen, sondern am Ende eines Hauptprogrammes Grundstellung bewirken.

9 Bearbeitungszyklen

9.1 Bohrzyklen

9.1.1 Einleitung

Mit den Bohrzyklen läßt sich die Programmierung von Bohrbearbeitungen vereinfachen. Die zur Verfügung stehende Auswahl von Bohrzyklen deckt die wichtigsten Standardfälle ab. Der Programmierer muß lediglich einige Parameter definieren, um die Bohrzyklen an seinen Anwendungsfall anzupassen.

Realisiert sind die Bohrzyklen als eigenständige Unterprogramme in einem geschützten Bereich des NC-Teileprogrammspeichers mit den Programmnummern P999981 bis P999989. Ihr Aufruf geschieht jedoch in vereinfachter Form durch die G-Anweisungen G81 bis G89. Die Bohrzyklen können nicht gelöscht oder verändert werden.

Der Werkzeugmaschinenhersteller kann bei Bedarf die Programmabfolge in den einzelnen Bohrzyklen ändern. Falls dies in Ihrem Fall geschehen ist, informieren Sie sich bitte in der Dokumentation des Maschinenherstellers.

Aufruf und Aufbau der Bohrzyklen sind nach DIN 66025 gestaltet.

Hinweis:

- G-Codes sowie Programmnummern für Arbeitszyklen sind voreinstellbar und können daher von Ihrem Werkzeugmaschinenhersteller verändert worden sein. Angaben hierzu finden Sie ggf. in der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers. Dieser Beschreibung der Bohrzyklen liegen jedoch die Standardwerte für G-Codes (G80-G89) und Programmnummern (P999981 -P999989) zugrunde.

9.1.2 Benutzen der Bohrzyklen

Das Programmieren eines Bohrzyklus in einem NC-Teileprogramm geschieht grundsätzlich in folgenden Schritten:

- Zuweisung der Parameter
- Anwahl des gewünschten Bohrzyklus
- Anfahren der Bohrposition in X und Y (einfach oder mehrfach)
- Automatischer Aufruf und Ausführung des angewählten Bohrzyklus nach Erreichen der Bohrposition
- Abwahl des Bohrzyklus

Nachfolgend werden diese Schritte einzeln erklärt.

9.1.2.1 Zuweisung der Parameter

Bevor ein Bohrzyklus aufgerufen wird, müssen Vorschub, Spindeldrehzahl und die Parameter mit den geometrischen Daten des jeweiligen Bohrzyklus programmiert werden. Spezifische Parameter sind z.B. Verfahrswege und Verweilzeiten. Die Bohrzyklen verwenden die Parameter P1 bis P15. Beachten Sie bitte, daß Sie immer die richtigen Parameter dem entsprechenden Bohrzyklus zuweisen.

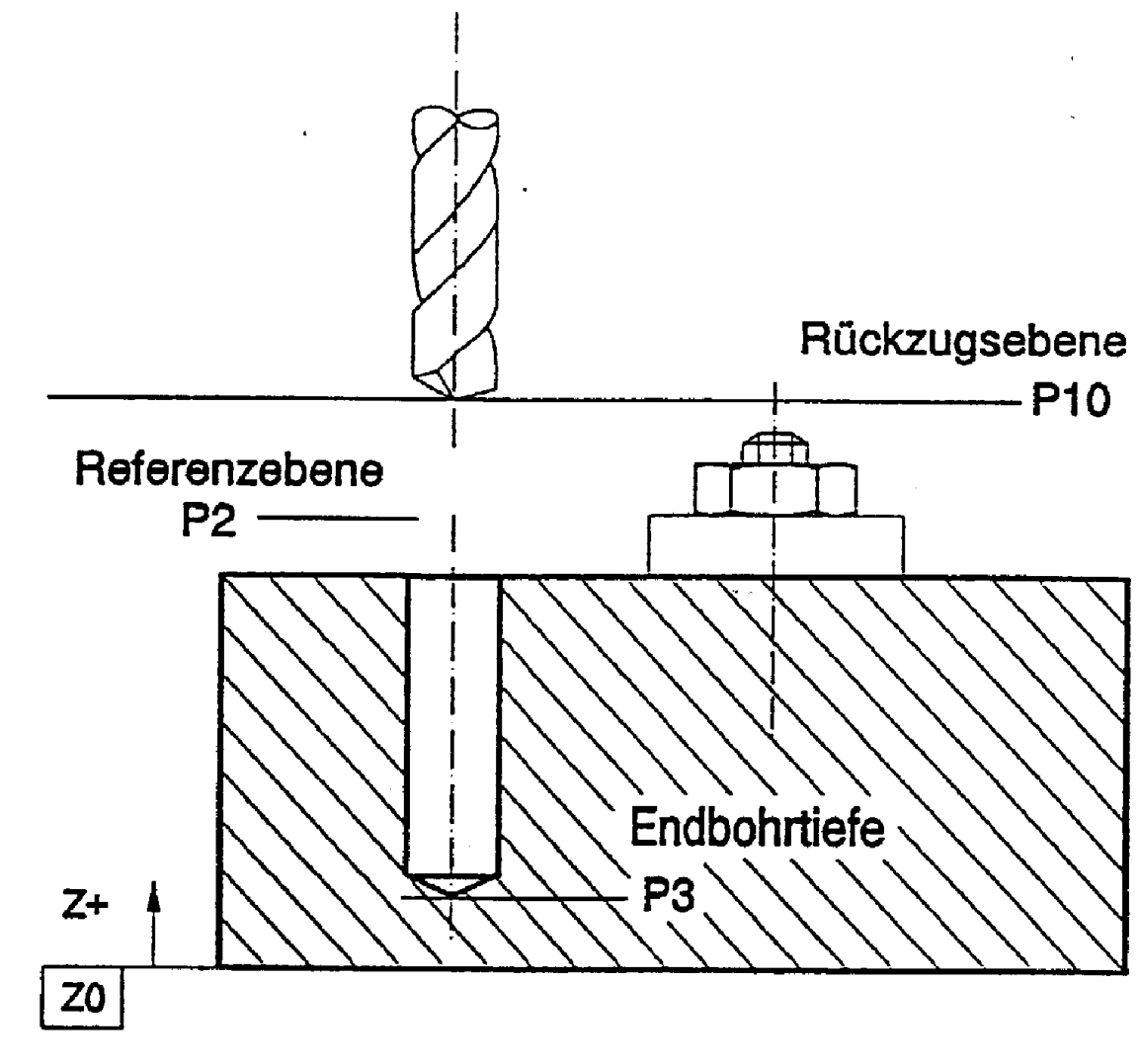
Werden nicht alle Parameter mit Werten belegt, so erfolgt keine Fehlermeldung. Innerhalb des Bohrzyklus werden alle Parameter, die benötigt werden, ungeprüft verwendet. Erst während der Ausführung können durch fehlerhafte oder nicht belegte Parameter Fehlermeldungen erscheinen.

In den nachfolgend aufgeführten Bohrzyklen werden die Begriffe Referenzebene, Rückzugsebene und Endbohrtiefe verwendet.

Die Referenzebene liegt um den Sicherheitsabstand über der Werkstückoberfläche, d.h., daß oberhalb dieser Ebene im Eilgang vertikal verfahren werden kann. Unterhalb dieser Ebene ist der Eilgang nur in Z+ Richtung möglich, d.h. vom Werkstück weg. Ab der Referenzebene beginnen die Vorschubbewegungen.

Die Rückzugsebene ist die Ebene, auf welche die Spindel am Ende des Bohrzyklus verfährt. Die Spindel befindet sich dann auf der Freifahrposition.

Die Endbohrtiefe wird von dem Meßpunkt des Werkzeuges erreicht. Bei einem Spiralbohrer ist dies z.B. die Bohrerspitze, bei einer Maschinenreibahle ein beliebiger Punkt auf der Stirnfläche.



9.1.2.2 Anwahl des gewünschten Bohrzyklus

Durch Programmieren der G-Codes G81 bis G89 wird das entsprechende Unterprogramm angewählt. Der Zyklus selbst wird erst nach dem Verfahren der X- bzw. Y-Achse automatisch aufgerufen. Die Zustellung der Bohrzyklen erfolgt immer in Z-Richtung.

Hinweis:

- Nach Beendigung des Bohrzyklus ist immer die G00-Anweisung (Linearinterpolation im Eilgang) aktiv, d.h., werden in einem nachfolgenden NC-Satz Zielpunktkoordinaten ohne G-Anweisung programmiert, so werden diese im Eilgang angefahren.

9.1.2.3 Anfahren der Bohrposition in X und Y (einfach oder mehrfach)

Solange ein Bohrzyklus angewählt ist, wird dieser nach jedem Verfahren der X- bzw. der Y-Achse selbständig aufgerufen. Dies gilt solange einer der folgenden G-Codes modal wirksam ist:

| | |
|-----|--|
| G00 | Linearinterpolation im Eilgang |
| G01 | Linearinterpolation im Vorschub |
| G02 | Kreis- bzw. Helixinterpolation mit Mittelpunktangabe im Uhrzeigersinn |
| G03 | Kreis- bzw. Helixinterpolation mit Mittelpunktangabe im Gegenuhrzeigersinn |
| G07 | Tangentialkreisinterpolation |
| G12 | Kreis- bzw. Helixinterpolation mit Radiusangabe im Uhrzeigersinn |
| G13 | Kreis- bzw. Helixinterpolation mit Radiusangabe im Gegenuhrzeigersinn |
| G33 | Gewindestrehlen, konstante Steigung |
| G34 | Gewindestrehlen, variable Steigung |

Hinweis:

- Bohrzyklen können bei modal wirksamen G06 (Splineinterpolation) nicht verwendet werden.

Beispiel:

```
N30 G1 F1000 S500
*N40 P2=500000, P3=420000
*N50 P10=600000, P4=1000
N60 G82
N70 X20 Y20
N80 X40 Y70
N90 G80
N100 ...
```

Erläuterung:

Innerhalb der Programmsätze N40 und N50 erfolgt die Definition der Parameter, welche in dem darauffolgenden Zyklus (NC-Unterprogramm) verwendet werden.

In N60 wird der Bohrzyklus G82 (Plansenken mit Verweilzeit) aktiviert. Erst nach Erreichen der in N70 programmierten Position wird der Bohrzyklus abgearbeitet.

Nach Beendigung des Bohrzyklus ist G00 (Eilgang) wirksam. Der folgende NC-Satz bewirkt ein weiteres Abarbeiten des Bohrzyklus an einer neuen X/Y-Position.

Mit der Anweisung G80 wird der Zyklus wieder abgewählt.

9.1.2.4 Abwahl des Bohrzyklus

Ein aktivierter Bohrzyklus wird mit dem Programmwort G80 oder durch Aufruf eines anderen Bohrzyklus abgewählt.

Hinweis:

- Die Realisierung der Bohrzyklen als NC-Unterprogramme hat zur Folge, daß die Ausführung von Bohrzyklen der Beschränkung auf eine Haupt- und vier Unterprogrammebenen unterliegt. Daher können Bohrzyklen nicht von der 4. Unterprogrammebene aus ausgeführt werden. Eine Ausführung von der Hauptprogrammebene oder der 1-3. Unterprogrammebene aus ist dagegen möglich. Die Ausführung (d.h. der implizite Unterprogramm-Aufruf) erfolgt nach Erreichen der programmierten Positionen!

9.1.3 G80 Aufheben des Bohrzyklus

Syntax:

G80

Mit dem Programmwort G80 wird die Funktion „Bohrzyklen“ abgewählt. Nachfolgende Verfahrenweisungen bewirken somit keinen Zyklusaufwurf mehr.

9.1.4 G81 Bohren ins Volle

Syntax:

G81

Das Programmwort G81 wählt den Bohrzyklus „Bohren ins Volle“ an. Die im NC-Programm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus verwendet. Vor dem Aufruf müssen drei Parameter definiert werden:

| | |
|-----|--------------------------------------|
| P2 | Referenzebene, absolute Z-Koordinate |
| P3 | Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate |
| P10 | Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate |

Beispiel:

N30...

*N40 P2=400000, P3=60000

*N50 P10=520000

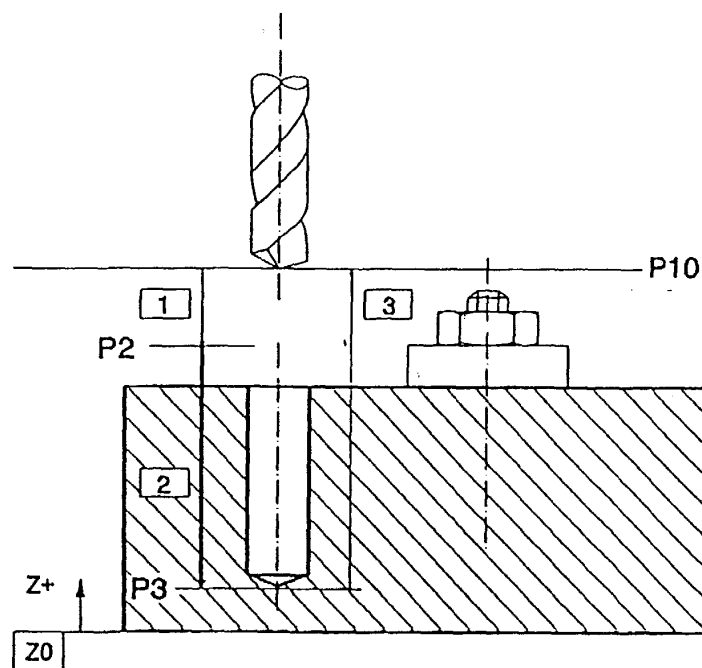
N60 G81

N70 X30 Y60

N80 G80

N90...

Ablauf des Bohrzyklus G81:



1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
3. Herausfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.5 G82 Plansenken mit Verweilzeit

Syntax:

G82

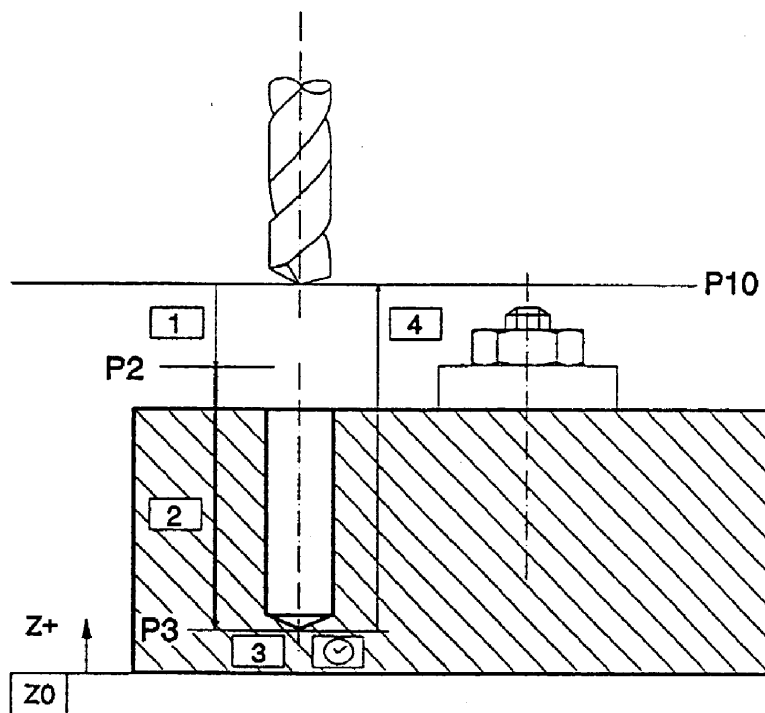
Das Programmwort G82 wählt den Bohrzyklus „Plansenken mit Verweilzeit“ an. Die im NCProgramm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus verwendet. Vor dem Aufruf müssen vier Parameter definiert werden:

- P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate
- P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate
- P4 Verweilzeit in ms
- P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

```
N30 ...  
*N40 P2=400000, P3=60000  
*N50 P4=1000, P10=520000  
N60 G82  
N70 X30 Y60  
N80 G80  
N90 ...
```

Ablauf des Bohrzyklus G82



 = Verweilzeit

1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
3. Zum Freischneiden läuft die Verweilzeit (P4) ab.
4. Herausfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.6 G83 Tieflochbohren

Syntax:

G83

Das Programmwort G83 wählt den Bohrzyklus „Tieflochbohren mit Späneentleeren“ an. Die im NC-Programm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus übernommen. Vor dem Aufruf müssen sieben Parameter definiert werden:

- P1 erste Zustellung, relativer Wert
- P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate
- P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate
- P4 Verweilzeit in ms
- P5 weitere Zustellung, relativer Wert
- P6 Sicherheitsabstand, relativer Wert
- P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

```
N30 ...  
*N40 P1=130000, P2=530000  
*N45 P3=70000, P4=1000  
*N50 P5=120000, P6=50000  
*N55 P10=660000  
N60 G83  
N70 X30 Y60  
N80 G80  
N90 ...
```


9. Bohren im aktuellen Vorschub auf die nächste Tiefe um $P6+P5$ (Sicherheitsabstand plus Zustellung). Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3), wenn $P1+n \cdot P5$ (erste Zustellung plus n mal weitere Zustellung) die Endbohrtiefe (P3) übersteigt.
10. Herausfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.7 G84 Gewindebohren mit Ausgleichsfutter

Syntax:

G84

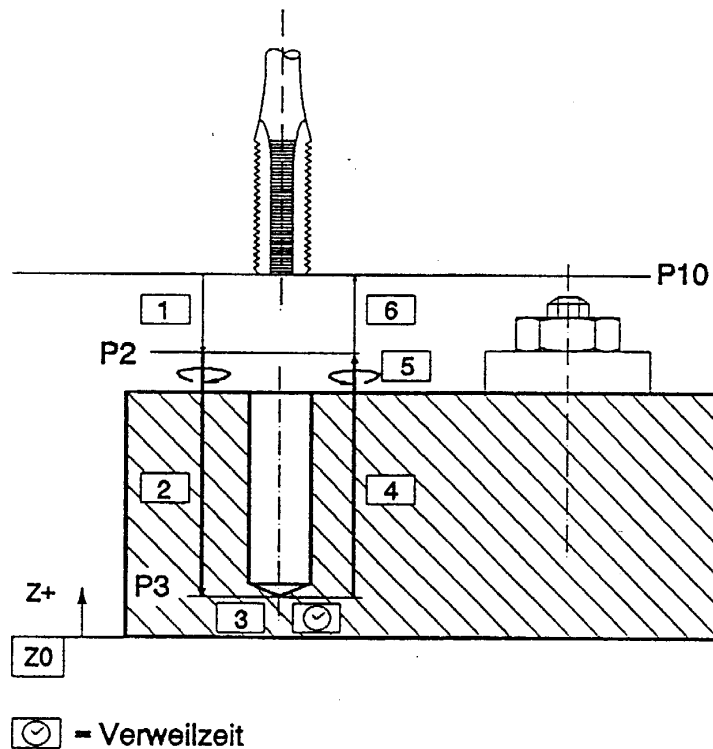
Das Programmwort G84 wählt den Bohrzyklus „Gewindebohren mit Ausgleichsfutter“ an. Die im NCProgramm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus übernommen. Vor dem Aufruf müssen vier Parameter definiert werden:

P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate
P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate
P4 Verweilzeit in ms
P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

```
N30 ...  
*N40 P2=400000, P3=60000  
*N50 P4=1000, P10=520000  
N60 G84  
N70 X30 Y60  
N80 G80  
N90 ...
```

Ablauf des Bohrzyklus G84:



1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub und mit rechts laufender Spindel (M03) auf die Endbohrtiefe (P3).
3. Spindel reversiert, d.h., die Drehrichtung wechselt; die Verweilzeit (P4) läuft ab.
4. Herausfahren im aktuellen Vorschub auf die Referenzebene (P2).
5. Spindel reversiert, d.h., Spindel hat wieder Drehrichtung rechts.
6. Verfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.8 G85 Reiben

Syntax:

G85

Das Programmwort G85 wählt den Bohrzyklus „Reiben“ an. Die im NC-Programm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus übernommen. Vor dem Aufruf müssen vier Parameter definiert werden:

P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate

P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate

P4 Verweilzeit in ms

P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

N30 ...

*N40 P2=400000, P3=60000

*N50 P4=1000, P10=520000

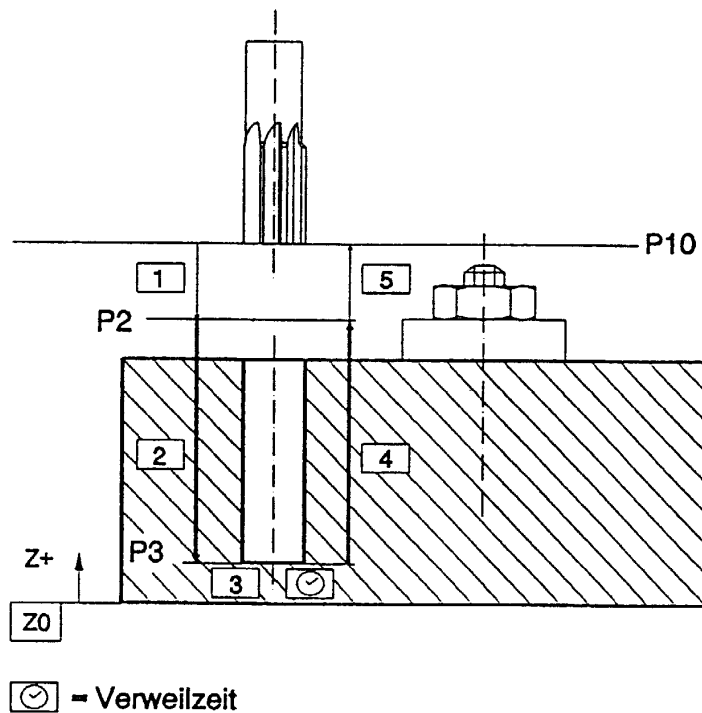
N60 G85

N70 X30 Y60

N80 G80

N90 ...

Ablauf des Bohrzyklus G85:



1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
3. Die Verweilzeit (P4) läuft ab.
4. Herausfahren mit dem aktuellen Vorschub auf die Referenzebene (P2).
5. Verfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.9 G86 Ausbohren

Syntax:

G86

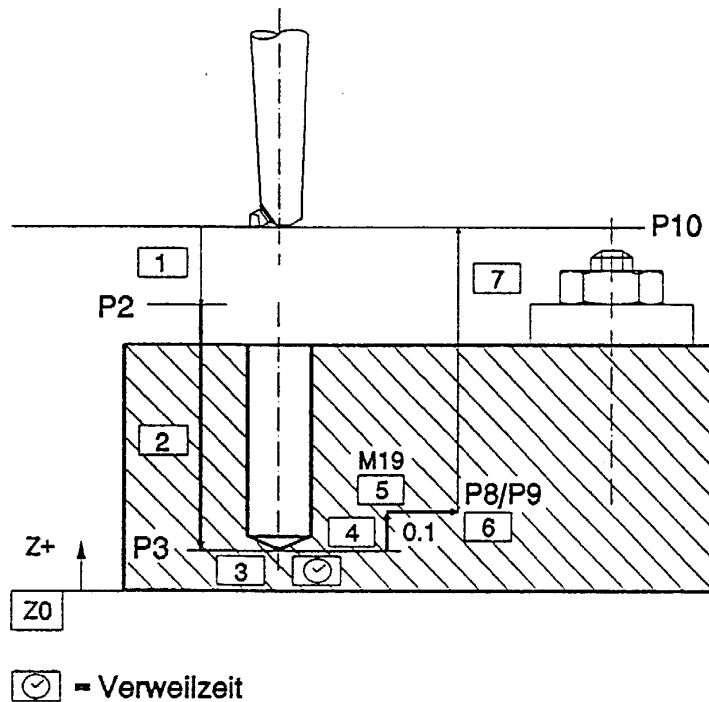
Das Programmwort G86 wählt den Bohrzyklus „Ausbohren“ an. Dem Ausbohren folgt ein orientierter und in der X-, Y-Richtung versetzter Spindelrückzug. Damit wird verhindert, daß bei weichem Material die Innenkontur beim Herausfahren der Bohrstange verletzt wird. Voraussetzung für diese Funktion ist die Funktion S-Analog mit Rückführung. Die im NC-Programm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus übernommen. Vor dem Aufruf müssen sechs Parameter definiert werden:

- P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate
- P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate
- P4 Verweilzeit in ms
- P8 relativer Abhebeweg in der X-Achse, vorzeichenabhängig
- P9 relativer Abhebeweg in der Y-Achse, vorzeichenabhängig
- P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

```
N30 ...  
*N40 P2=400000, P3=60000  
*N50 P4=1000, P8=1500  
*N55 P9=1500, P10=520000  
N60 G86  
N70 X30 Y60  
N80 G80  
N90 ...
```

Ablauf des Bohrzyklus G86:



1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
3. Die Verweilzeit (P4) läuft ab.
4. Zurückfahren im aktuellen Vorschub um 0.1 mm.
5. Spindel wird auf 0 Grad orientiert (M19).
6. Spindel verfährt in der X- bzw. Y-Achse um den Abhebeweg (P8 bzw. P9).
7. Herausfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.10 G87 Reiben mit Meß-Stop

Syntax:

G87

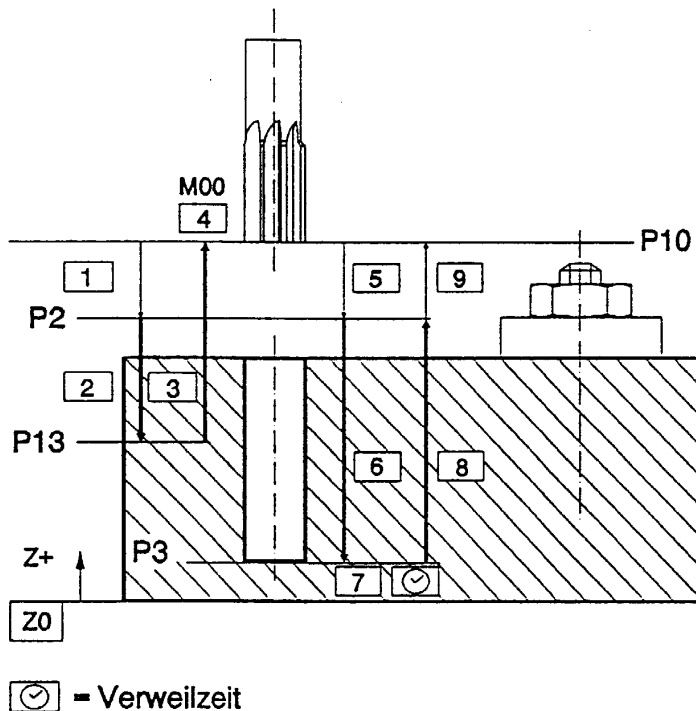
Das Programmwort G87 wählt den Bohrzyklus „Reiben mit Meß-Stop“ an. Beachten Sie, daß die Lage der Rückzugsebene genügend Platz zum Messen gewährleisten muß. Vor dem Aufruf müssen sieben Parameter definiert werden:

- P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate
- P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate
- P4 Verweilzeit in ms
- P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate
- P11 Vorschub für den Bearbeitungsvorschub
- P12 Vorschub für den Rückzugsvorschub
- P13 erste Reibtiefe, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

```
N30 ...  
*N40 P2=400000, P3=60000  
*N45 P4=0, P10=520000  
*N50 P11=600, P12=400  
*N55 P13=250000  
N60 G87  
N70 X30 Y60  
N80 G80  
N90 ...
```

Ablauf des Bohrzyklus G87:



1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren mit dem Bearbeitungsvorschub (P11) auf die erste Reibtiefe (P13).
3. Herausfahren mit dem Rückzugsvorschub (P12) auf die Rückzugsebene (P10).
4. Vorschubhalt zum Messen der Bohrung, START drücken, um mit der Bearbeitung fortzufahren.
5. Eilgang auf die Referenzebene (P2).
6. Bohren mit dem Bearbeitungsvorschub (P11) auf die Endbohrtiefe (P3).
7. Die Verweilzeit (P4) läuft ab.
8. Herausfahren mit dem Rückzugsvorschub (P12) auf die Referenzebene (P2).
9. Verfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

Achtung:

- Nach dem Verlassen des Bohrzyklus G87 ist der Rückzugsvorschub aktiv!

9.1.11 G88 Ausbohren mit Spindel-Halt

Syntax:

G88

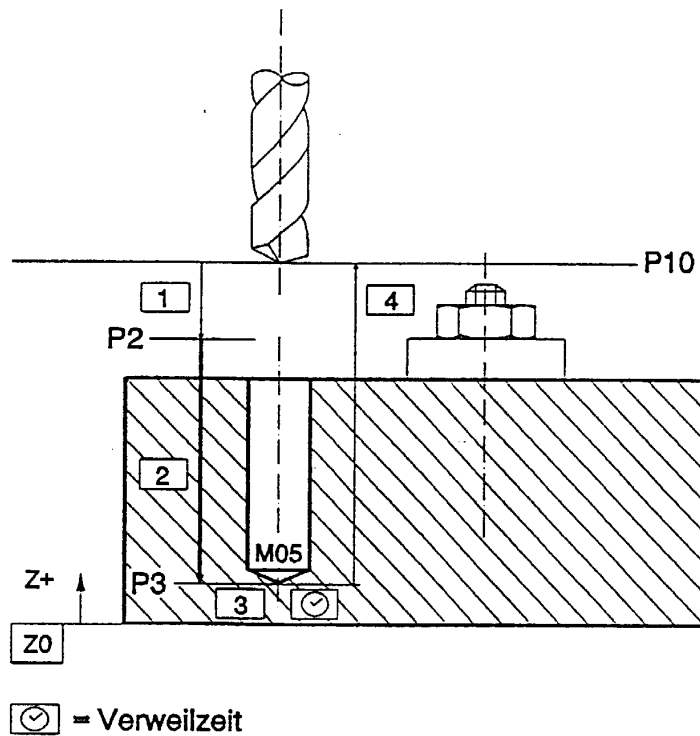
Das Programmwort G88 wählt den Bohrzyklus „Ausbohren mit Spindel-Halt“ an. Die im NC-Programm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus übernommen. Vor dem Aufruf müssen vier Parameter definiert werden:

- P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate
- P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate
- P4 Verweilzeit in ms
- P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

```
N30 ...  
*N40 P2=400000, P3=60000  
*N50 P4=1500, P10=520000  
N60 G88  
N70 X30 Y60  
N80 G80  
N90 ...
```

Ablauf des Bohrzyklus G88:



1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
3. Die Verweilzeit (P4) läuft ab, danach stoppt die Spindel.
4. Herausfahren im Eilgang bei angehaltener Spindel auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.12 G89 Ausbohren mit Zwischenhalt

Syntax:

G89

Das Programmwort G89 wählt den Bohrzyklus „Ausbohren mit Zwischenhalt“ an. Die im NC-Programm definierten Vorschubwerte und Drehzahlen werden im Bohrzyklus verwendet. Vor dem Aufruf müssen sechs Parameter definiert werden:

P2 Referenzebene, absolute Z-Koordinate

P3 Endbohrtiefe, absolute Z-Koordinate

P4 Verweilzeit in ms

P10 Rückzugsebene, absolute Z-Koordinate

P13 erste Bohrtiefe, absolute Z-Koordinate

P15 zweite Bohrebene, absolute Z-Koordinate

Beispiel:

N30 ...

*N40 P2=530000, P3=110000

*N50 P4=1000, P10=650000

*N55 P13=320000, P15=250000

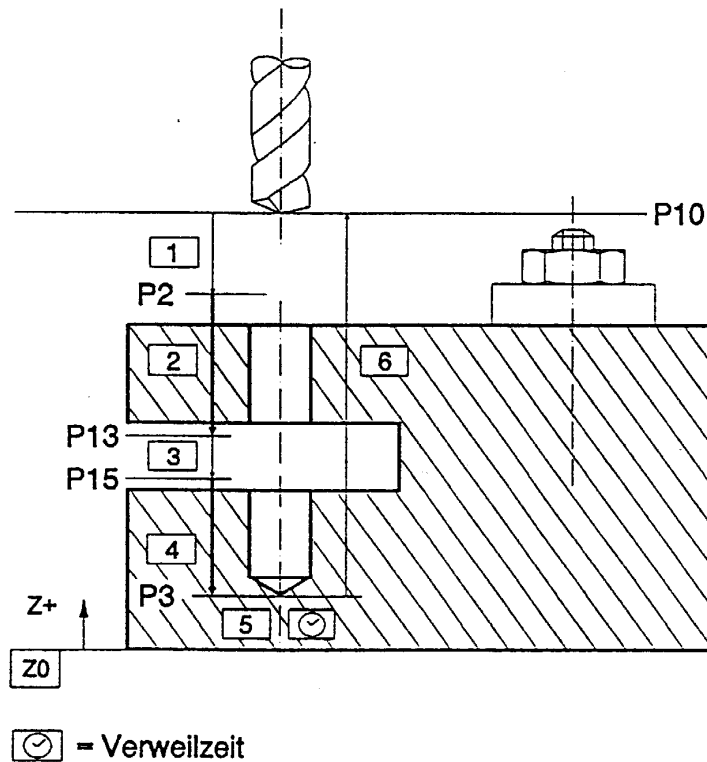
N60 G89

N70 X30 Y60

N80 G80

N90 ...

Ablauf des Bohrzyklus G89:

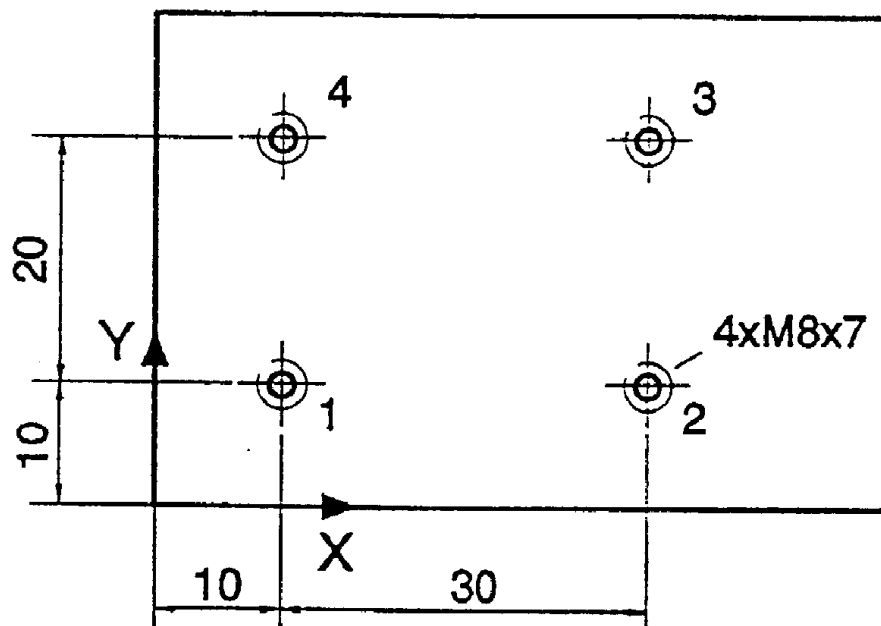
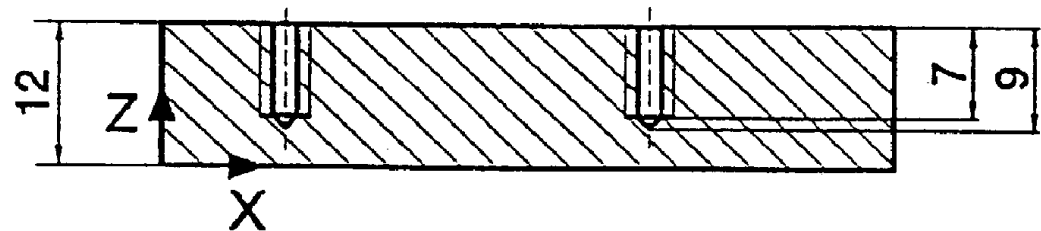


1. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
2. Bohren im aktuellen Vorschub auf die erste Bohrtiefe (P13).
3. Eilgang in Z-Richtung auf die zweite Bohrebene (P15).
4. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
5. Die Verweilzeit (P4) läuft ab.
6. Herausfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).

9.1.13 Beispiel: Gewindeplatte

Nachfolgend sehen Sie eine Gewindeplatte mit vier Gewindebohrungen. Um diese Platte zu bearbeiten, bieten sich die Bohrzyklen an. Das NC-Programm wird dadurch wesentlich kürzer und übersichtlicher.

Beispiel: Gewindeplatte



Zur Bearbeitung der vier Gewindebohrungen in der oben dargestellten Platte wird folgendes Programm eingesetzt:

N10 (BASE PLATE)

N20 G00 X0 Y0 Z400

Verfahrenweisung

N30 F200 M03 S1000

Technologische Daten

* N40 P2=20000, P3=3000

Parameterdefinitionen

* N50 P10=30000

N60G81

Zyklusablauf: Bohren ins Volle

N70X10 Y10

Bohrung 1

N80X40

Bohrung 2

N90Y30

Bohrung 3

N100 X10

Bohrung 4

N110 M0

unbedingter Halt

N120 M5

Spindelhalt, Werkzeugwechsel

N130 F150 S300

Technologische Daten

* N140 P3=5000, P4=1000

Parameterdefinitionen

N150 G84

Zyklusablauf: Gewindebohren mit
Ausgleichsfutter

N160 Y10

Gewindebohren 1

N170 X40

Gewindebohren 2

N180 Y30

Gewindebohren 3

N190 X10

Gewindebohren 4

N200 G80

Aufheben der Funktion Bohrzyklus

N210 Z400

Verfahrenweisung

N220 X00 Y00

N230 M30

Programmende

Erläuterung:

In dem NC-Programm werden die Bohrzyklen G81 (Bohren ins Volle) und G84 (Gewindebohren mit Ausgleichsfutter) verwendet.

Vor dem Aufruf des jeweiligen Bohrzyklus wurden die spezifischen Parameter definiert. Zu beachten ist, daß der Wert der Endbohrtiefe P3 in den beiden Bohrzyklen verschieden ist.

Eine Verringerung des Vorschubes und der Schnittgeschwindigkeit wurde vor dem Zyklus „Gewindebohren“ ebenfalls programmiert.

Die Werte der Referenzebene und der Rückzugsebene brauchen vor dem Aufruf von G84 nicht mehr definiert zu werden. Sie wurden schon vor dem ersten Zyklusaufbau den entsprechenden Parametern zugewiesen und bleiben unverändert.

Ablauf der Bearbeitung:

1. Verfahren im Eilgang auf die Koordinate X10 Y10.
2. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
3. Bohren im aktuellen Vorschub auf die Endbohrtiefe (P3).
4. Herausfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).
5. Verfahren im Eilgang auf die Koordinaten X40 Y10.
6. Wiederholen der Schritte 2. bis 4.
7. Verfahren im Eilgang auf die Koordinate X40 Y30
8. Wiederholen der Schritte 2. bis 4.
9. Verfahren im Eilgang auf die Koordinate X10 Y30
10. Wiederholen der Schritte 2. bis 4.
11. Programmunterbrechung (unbedingter Halt) und Spindelhalt für Werkzeugwechsel; Fortsetzung des Programmes durch Drücken der START-Taste.
12. Verfahren im Eilgang auf die Koordinate X10 Y10.

13. Eilgang in Z-Richtung auf die Referenzebene (P2).
14. Bohren im aktuellen Vorschub und bei rechts laufender Spindel (M03) auf die neue Endbohrtiefe (P3).
15. Spindel reversiert, d.h., die Drehrichtung wechselt; die Verweilzeit (P4) läuft ab.
16. Herausfahren im aktuellen Vorschub auf die Referenzebene (P2).
17. Spindel reversiert, d.h., Spindel hat Drehrichtung rechts.
18. Verfahren im Eilgang auf die Rückzugsebene (P10).
19. Wiederholen der Schritte 12. bis 17. an den drei weiteren Bohrpositionen.

9.2 Drehzyklen

9.2.1 Allgemein

Die Drehzyklen bieten eine einfache Methode des Schruppens. Der CNC-Programmierer braucht nur die gewünschte Kontur zu programmieren. Die CNC erzeugt dann einen mehrfach wiederholbaren Zyklus zur Zerspanung und Schruppbearbeitung der Kontur.

Mit dem Schlichtzyklus G270 kann die programmierte Werkzeugbahn auch für die Endbearbeitung verwendet werden.

9.2.2 G271 Schrappzyklus Längs

9.2.2.1 Syntax

G271 U... R...

Der Zerspanungszyklus wird vom optionalen Satz G271 U... R... vorbereitet.

U Der Wert U gibt die Schnitttiefe bei der Zerspanung an. Die Schnitttrichtung wird durch das Vorzeichen des W-Wertes im aktivierenden Satz angegeben.

R Der Wert R gibt den Rückzugsbetrag an. Beide Werte müssen ohne Vorzeichen programmiert werden. Die Werte werden als radiusprogrammiert angenommen.

Beide Werte sind modal. Wird einer der Werte oder der ganze Vorbereitungssatz weggelassen, dann werden die angewandten Werte in den Maschinenparametern TurningDepthOfCut und TurningEscapeAmount für den Drehzyklus benutzt.

G271 P... Q... U... W...

Der Zyklus wird durch den Satz G271 P... Q... U... W... aktiviert.

P Der Wert P gibt die Nummer des ersten Satzes für die Schlichtkontur an.

Q Der Wert Q gibt die Nummer des letzten Satzes für die Schlichtkontur an. Die Sätze dazwischen werden durch die mehrfach wiederholbaren Zyklen ersetzt.

U Der Wert U gibt das Schlichtaufmaß in radialer Richtung (X) an. Das Vorzeichen dieses Wertes gibt die Richtung der Zugabe bezüglich der Kontur an. Das Vorzeichen gibt auch die Richtung an, in der die Zerspanungsebenen gewechselt werden. Bei Durchmesserprogrammierung muss der Wert in Durchmesserbemaßung angegeben werden.

W Der Wert W gibt Größe und Richtung des Schlichtaufmaß in Längsrichtung (Z) an.

Wird für U und/oder W ein Schlichtaufmaß von Null gewünscht, muss das Vorzeichen zusammen mit der Null programmiert werden (zum Beispiel W+0 oder W-0), um die Richtung zu definieren, in der die Zerspanungsebenen gewechselt werden. Eine Null, die ohne Vorzeichen programmiert wird, wird als "positiv" angenommen.

9.2.2.2 Beispiel

N50 G0 X45 Z0

N60 G271 U10 R5

N61 G271 P100 Q200 U.5 W1 S1200 F.8 M4

N100 G1 X10

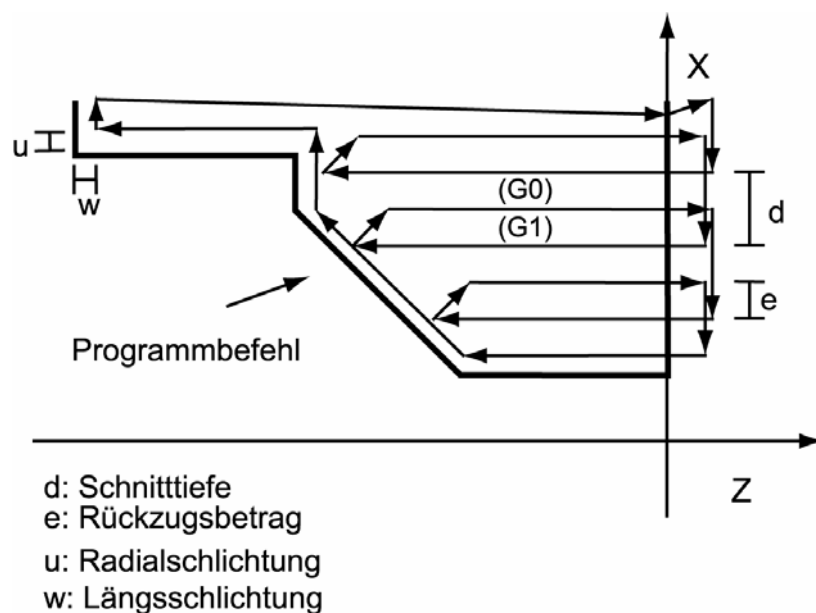
N110 Z-30

N120 X30 Z-50

N130 X40

N140 Z-80

N200 X45 Z-80



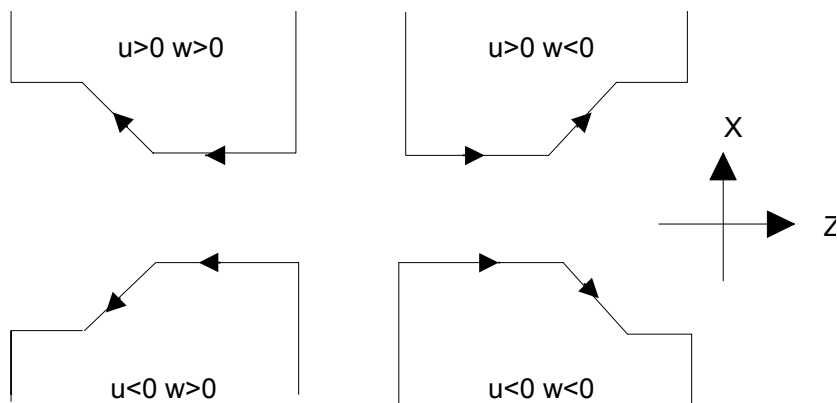
Der Drehzyklus beginnt mit der Istposition vor dem Satz N100 (d.h. mit X45 Z0). Die programmierten Zugaben in positiver X- und Z-Richtung, U.5 und W1, werden zu den programmierten Positionen addiert.

Für diese Schrappkontur werden drei Zerspanungszyklen auf den X-Ebenen 35.5, 25.5 und 15.5 berechnet. Zuerst verfährt das Werkzeug zur Ausgangsposition X45.5 Z1.

Die drei Zerspanungszyklen werden durchgeführt; dann wird die Kontur fürs Schrappen mit den Positionen X10.5 Z1; X10.5 Z-29; X30.5 Z-49; X40.5 Z-49; X40.5 Z-79; X45.5 Z-79 bearbeitet.

Der Zyklus endet an der Ausgangsposition (d.h. der Position vor dem Satz N100).

9.2.2.3 Richtung der Zustellung



9.2.2.4 Wirksame G-Codes

Ist G271 aktiv, werden nur die programmierte Radial- (X) und Longitudinalposition (Z) sowie die Interpolationstypen G00, G01, G02, G03, G12 und G13 berücksichtigt.

Alle anderen programmierten Werte wie zum Beispiel Vorschub- oder Spindeldrehzahlwerte sowie alle programmierten G-Codes sind bei der Zerspanung nicht wirksam.

Als Vorschub und Spindeldrehzahl sind die vor dem Zyklus programmierten Werte aktiv.

Wird ein Schlichtzyklus mit den gleichen Sätzen gedreht, dann dürfen nur die G-Codes für den Interpolationstyp zwischen dem ersten Zyklussatz und dem Schlichtzyklus G270 aktiviert werden. Wird dies nicht beachtet, kann die Kontur zerstört werden.

In den Sätzen des Zerspanungszyklus sind Zyklusprogrammierung *N... und Unterprogramme verboten.

9.2.3 G272 Schrappen bei der Stirnseitenbearbeitung

9.2.3.1 Syntax

G272 W... R...

Der Schrappzyklus bei der Stirnseitenbearbeitung wird vom optionalen Satz G272 W... R... vorbereitet.

W Der Wert W gibt die Schnitttiefe bei der Zerspanung an. Die Schnittrichtung wird durch das Vorzeichen des U-Wertes im aktivierenden Satz angegeben.

R Der Wert R gibt den Rückzugsbetrag an. Beide Werte müssen ohne Vorzeichen programmiert werden. Die Werte werden als radiusprogrammiert angenommen.

Beide Werte sind modal. Wird einer der Werte oder der ganze Vorbereitungssatz weggelassen, dann werden die angewandten Werte in den Maschinenparametern FacingDepthOfCut und FacingEscapeAmount für den Drehzyklus benutzt.

G272 P... Q... U... W...

Der Zyklus wird durch den Satz G272 P... Q... U... W... aktiviert.

P Der Wert P gibt die Nummer des ersten Satzes für die Schlichtkontur an.

Q Der Wert Q gibt die Nummer des letzten Satzes für die Schlichtkontur an. Die Sätze dazwischen werden durch die mehrfach wiederholbaren Zyklen ersetzt.

U Der Wert U gibt das Schlichtaufmaß in radialer Richtung (X) an. Das Vorzeichen dieses Wertes gibt die Richtung der Zugabe bezüglich der Kontur an. Das Vorzeichen gibt auch die Richtung an, in der die Zerspanungsebenen gewechselt werden. Bei Durchmesserprogrammierung muss der Wert in Durchmesserbemaßung angegeben werden.

W Der Wert W gibt Größe und Richtung des Schlichtaufmaß in Längsrichtung (Z) an.

Wird für U und/oder W ein Schlichtaufmaß von Null gewünscht, muss das Vorzeichen zusammen mit der Null programmiert werden (zum Beispiel W+0 oder W-0), um die Richtung zu definieren, in der die Zerspanungsebenen gewechselt werden. Eine Null, die ohne Vorzeichen programmiert wird, wird als "positiv" angenommen.

Ist G272 aktiv, werden nur die programmierte Radial- (X) und Longitudinalposition (Z) sowie die Interpolationstypen berücksichtigt. Alle anderen programmierten Werte wie Vorschub- oder Spindeldrehzahlwerte sind nicht wirksam.

9.2.3.2 Beispiel

...

N50 G0 X0 Z45

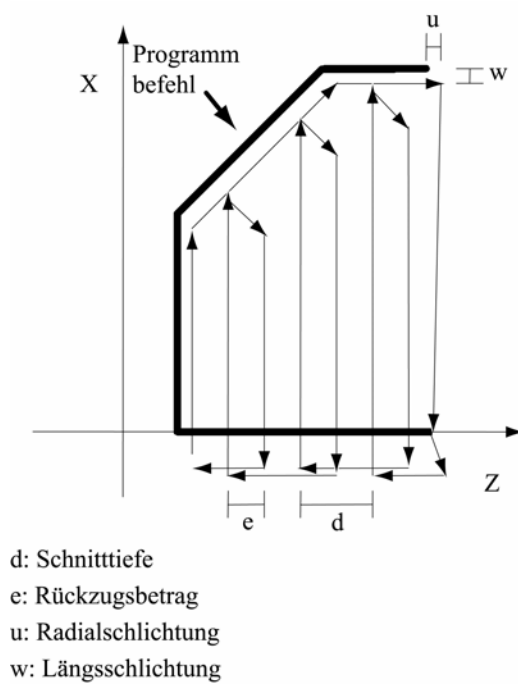
N60 G272 P100 Q200 U-.8 W1.3 S1100 F1 M3

N100 G1 Z10

N110 X30

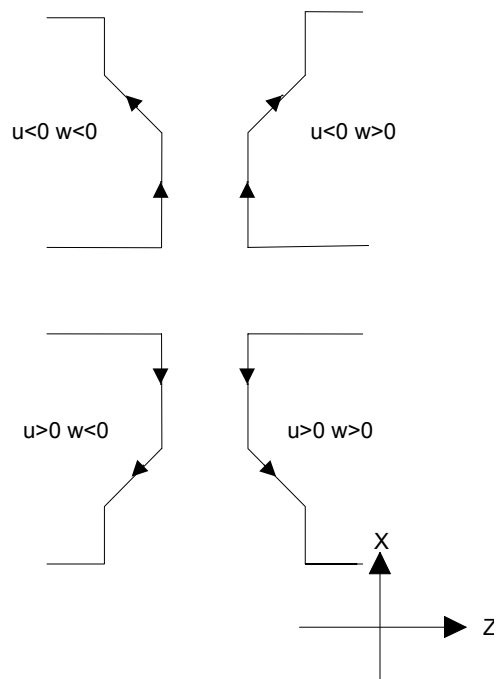
N120 X50Z20

N200 X50 Z45



Der Zerspanungszyklus beginnt bei der Istposition vor dem Satz N100. Zuerst werden die drei Zerspanungszyklen gedreht, danach die Schruppkontur. Der Zyklus endet an der Anfangsposition.

9.2.3.3 Richtung der Zugabe



9.2.3.4 Wirksame G-Codes

Ist G271 aktiv, werden nur die programmierte Radial- (X) und Longitudinalposition (Z) sowie die Interpolationstypen G00, G01, G02, G03, G12 und G13 berücksichtigt.

Alle anderen programmierten Werte wie zum Beispiel Vorschub- oder Spindeldrehzahlwerte sowie alle programmierten G-Codes sind bei der Zerspanung nicht wirksam.

Als Vorschub und Spindeldrehzahl sind die vor dem Zyklus programmierten Werte aktiv.

Wird ein Schlichtzyklus mit den gleichen Sätzen gedreht, dann dürfen nur die G-Codes für den Interpolationstyp zwischen dem ersten Zyklussatz und dem Schlichtzyklus G270 aktiviert werden. Wird dies nicht beachtet, kann die Kontur zerstört werden.

In den Sätzen des Zerspanungszyklus sind Zyklusprogrammierung *N... und Unterprogramme verboten.

9.2.4 G270 Schlichtzyklus

Nach dem Schruppvorgang können die programmierten Sätze für einen Schlichtschnitt verwendet werden.

9.2.4.1 Syntax

G270 P... Q...

P Der Wert P gibt den ersten Satzes für die Schlichtschnitt an.

Q Der Wert Q gibt den letzten Satzes für die Schlichtschnitt an.

Für einen exakten Schlichtschnitt nach einem Zerspanungszyklus müssen die Nummern des ersten und letzten Satzes in G270 und G271/G272 identisch sein. Die Ausgangsposition des Schlichtsatzes müssen gleich sein zu der Position vor dem ersten Satz bei der Zerspanung. Dies kann dadurch erreicht werden, dass G270 unmittelbar nach dem letzten Satz der Zerspanung programmiert wird.

Alle G-Codes und sonstigen Befehle in den Schlichtzyklussätzen sind wirksam.

9.2.4.2 Beispiel

```
...  
N50 G0 X45 Z0  
N61 G271 P100 Q200 U.5 W1 S1200 F.8 M4  
N100 G1 X10  
N110 Z-30 F1  
N120 X30 Z-50 F1.5  
N130 X40  
N140 Z-80  
N200 X45 Z-80  
  
N210 G270 P100 Q200  
  
N220...  
...
```

Nach dem Zerspanungszyklus G271 wird die exakte Schlichtkontur gedreht. Das heißt dass die CNC vom Startpunkt (X45 Z0) zu den Positionen in den Sätzen N100 bis N200 verfährt, dann zum Startpunkt des Zyklus (X45 Z0) zurückkehrt und anschließend mit dem nächsten Satz (N220) fortfährt.

9.2.5 G274 Stufenweises Tieflochbohren

9.2.5.1 Syntax

G274 R...

Der Zerspanungszyklus wird vom optionalen Satz G274 R... vorbereitet.

R Der Wert R gibt den Rückzugswert an. Der Wert ist modal. Wird der Werte oder der ganze Vorbereitungssatz weggelassen, dann werden die Werte im Maschinenparameter TurningReturnAmount benutzt.

G274 X... Z... U... V... R ...

Der Zyklus wird durch den Satz G274 X... Z... U... V... R... F... aktiviert.

X Der X-Wert gibt den Endpunkt in der Radialrichtung an (X).

Z Der Z-Wert gibt den Endpunkt in der Längsrichtung an (Z).

U Der U-Wert gibt den Betrag der Zustellung in der Radialrichtung an (X). Es ist kein Vorzeichen erlaubt.

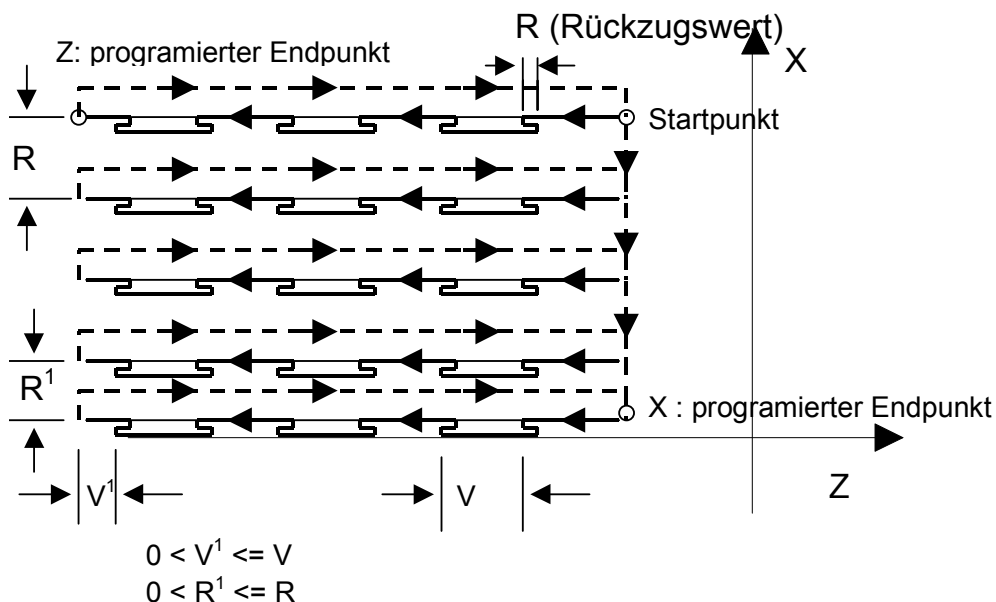
V Der V-Wert gibt den Betrag der Zustellung in der Längsrichtung an (Z).

R Der R-Wert gibt den Betrag des Rückfahrens an. Dieser ist normalerweise gegeben durch den Betrag des Werkzeugrückfahrens an der Ausschnittunterseite. Das Vorzeichen ist durch die Richtung der X-Bewegung gegeben. Werden jedoch X und P ausgelassen wird die Rückfahrrichtung durch das Vorzeichen bestimmt.

Hinweise:

- Sind beide, der Rückzugswert und der Rückfahrwert durch R programmiert wird die Bedeutung durch das Vorhandensein der Adresse X festgestellt.
- Der Zyklus wird von G274 mit X-Spezifikation durchgeführt.

Die folgende Abbildung zeigt, wie die programmierten Werte die Bearbeitenprozedur ergeben.



9.2.5.2 Wirksame G-Codes

Ist G274 aktiv, werden nur die programmierte Radial- (X) und Longitudinalposition (Z) in Betracht gezogen,

Vorschub- und Spindelgeschwindigkeit sind konstant mit den Werten des Satzes vor dem ersten Zyklussatz.

9.2.6 G275 Aussen/Innendurchmesser Bohzyklus

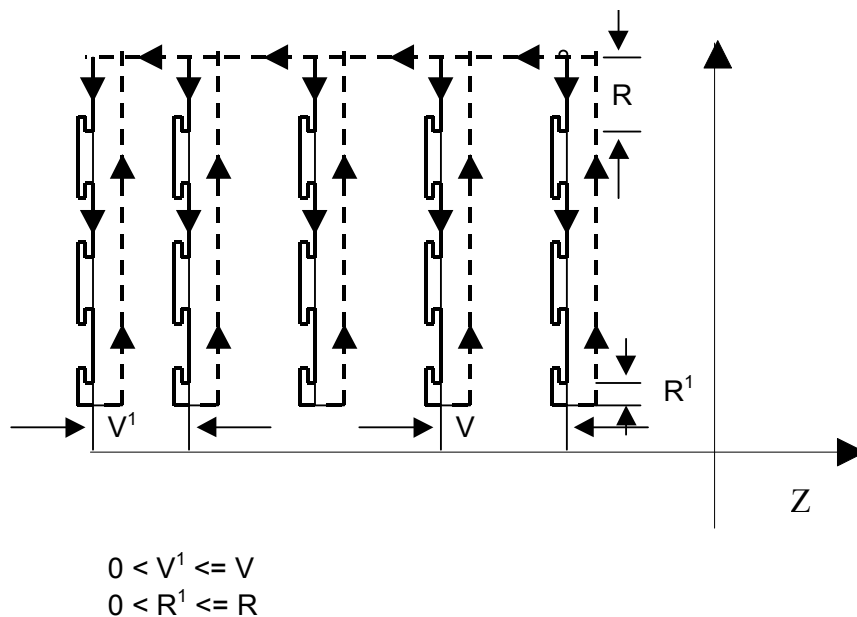
9.2.6.1 Syntax

Der folgende Befehl ermöglicht Operation, wie in der Abbildung unten gezeigt. Dieser ist gleich wie G274 , außer daß X von Z ersetzt wird.

Spanbrechen ist in diesem Zyklus möglich. Nuten in X und Tieflochbohren in X sind möglich (in diesem fall werden Z und Q weggelassen).

G275 R...

G275 X... Z... U... V... R...



9.2.6.2 Wirksame G-Codes

Ist G275 aktiv, werden nur die programmierte Radial- (X) und Longitudinalposition (Z) in Betracht gezogen,

Vorschub- und Spindelgeschwindigkeit sind konstant mit den Werten des Satzes vor dem ersten Zyklussatz.

9.2.7 G276 Mehrfachgewindeschneidzyklus

Syntax

G276 P(m)..(a).. V... R...

m: Anzahl der Schnitte (1 bis 99).

a: Winkel der Werkzeugspitze

Einer von sechs Winkel, 0°, 60°, 55°, 30° und 29° kann durch eine zweistellige Zahl ausgewählt werden

Dieser Wert ist modal und wird nicht geändert, bis er von einem anderen Wert überschrieben wird.

Ist kein Wert programmiert wird der Wert aus TurningTooltipAngle verwendet.

P M und a werden durch die Adresse P gleichzeitig spezifiziert. Ist m=2 und a=60° ist folgendes zu schreiben: P 02 60.

V V bestimmt die minimale Schnitttiefe.

Wenn die Schnitttiefe eines Drehvorgangs kleiner als diese Begrenzung wird, wird die Schnitttiefe auf diesem Wert begrenzt.

Dieser Wert ist modal und wird nicht geändert, bis er von einem anderen Wert überschrieben wird.

Ist kein Wert programmiert wird der Wert aus TurningMinimumCuttingDepth verwendet.

R R bestimmt die Schichttoleranz,

Dieser Wert ist modal und wird nicht geändert, bis er von einem anderen Wert überschrieben wird.

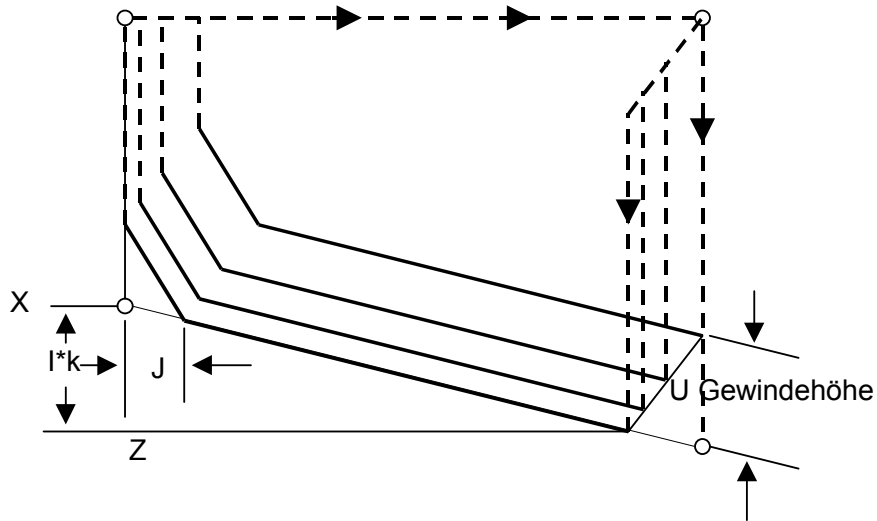
Ist kein Wert programmiert wird der Wert aus TurningFinishingAllowance verwendet.

G276 X... Z... I... U... V... K... J...

- I Differenz des Gewinderadius in X. Richtung.
Wenn $I = 0$, wird ein geradesr Gewinde geschnitten.
Die absolute Differenz in X vom Anfang bis zum Ende des Gewindes beträgt: $\Delta X = I * \gamma$ wobei $\gamma = Z / K$ ist.
- U Gewindehöhe. Dieser Wert wird durch den Radiuswert in der Richtung der X-Achse spezifiziert.
- V Schnitttiefe des ersten Schnitt (Radiuswert)
- J Gewindeauslauf. Diese Wert ist modal und wird nicht geändert, bis er von einem anderen Wert überschrieben wird.
- K Gewindesteigung

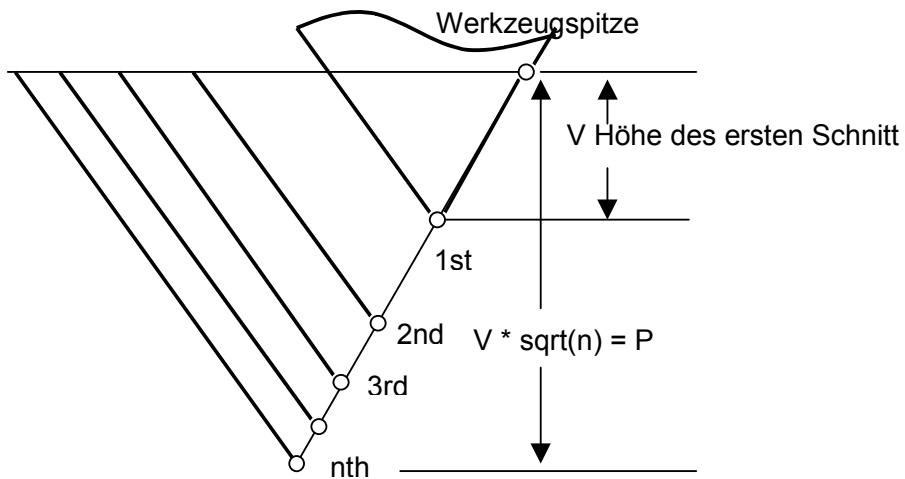
Hinweise:

- Die Bedeutungen der Daten, die durch Adressen U, V und R spezifiziert werden, werden durch das Vorhandensein von X und von Z festgestellt.
- Der Zyklus wird von G276 mit X- und Z-Spezifikation durchgeführt.
- Indem man diesen Zyklus verwendet, wird ein Schneidenschnitt durchgeführt und die Last an der Werkzeugspitze wird verringert.
- Die Erzeugung der Schnitttiefe d für den ersten Schnitt und $d * \sqrt{n}$ für den n -ten Schnitt ist pro Zyklus konstant.



Die Differenz des Gewinderadius ist aus den Werte $k * i$ gegeben.

Die unterschiedlichen Schnitte von m , P und a zeigt die folgende Abbildung:



9.2.8 Fehlermeldungen

- 315 Maschinenparameter TurningGCodeAppl fehlerhaft
Die Funktion Drehzyklen ist im System nicht vorhanden. Nehmen Sie bitte mit Ihrem Maschinenhersteller Kontakt auf.
- 708 Drehzyklen: Falscher Parameter
Schnitttiefe ≤ 0 oder Rückzugbetrag < 0 . U- oder W-Wert wurde im Aktivierungssatz G271/G272 nicht programmiert.
- 709 Drehzyklen: Falsche Satznummer
P oder Q wurde im Aktivierungssatz G271/G272 nicht programmiert.
- 710 Drehzyklen: Satz nicht gefunden
Es gibt keinen Satz mit der in P oder Q programmierten Nummer.
- 711 Drehzyklen: Zyklusprogrammierung *N nicht erlaubt.
In den Drehzyklen ist keine Zyklusprogrammierung *N... erlaubt.
- 712 TurningCycle: Kreisebene nicht erlaubt.
- 713 Die aktivierte Ebene (G17, G18, G19) schließt von X und Z (den angewandten Radial- und Längsachsen) verschiedene Achsen ein.
- 830 Der programmierte Rückzug für Bohrzyklen G274 or G275 fehlt oder ist 0.
- 831 Die programmierte Radialbewegung für Bohrzyklen G274 or G275 fehlt oder ist 0.

9.2.9 Teileprogrammanzeige

Um dem Anwender den Fortschritt der Drehzyklen darzustellen wird die Teileprogrammanzeige verändert, während die Drehzyklen aktiv sind. Prinzipiell treffen folgende Punkte zu:

Zeile 1: zeigt den Satz, der den aktuellen Drehzyklus verursacht hat.

Zeile 2: Die zweite Zeile zeigt den Satz, der das Konturelement definiert, das momentan bearbeitet wird.

Zeile 3: Diese Zeile zeigt das Element oder den Satz, der nach dem aktuellen Konturelement bearbeitet werden soll.

Bei der Eingabe der Drehzyklen wird der Satz mit G271 (bzw. G272) ein zweites Mal angezeigt. Dieses Mal verfährt die CNC mit zusätzlichem Schlichtaufmaß zum Startpunkt.

Am Ende der Drehzyklen (G271 oder G272) wird der Satz mit G271 (bzw. G272) ein zweites Mal angezeigt. Ist dieser Satz aktiv, verfährt die CNC zurück zum Startpunkt.

Ist Schlichten aktiv (G270), dann erscheint der Satz mit G270 ein zweites mal am Ende des Schlichtzyklus. Wenn dieser Satz aktiv ist, verfährt die CNC zu dem Punkt, an dem die Drehzyklen gestartet wurden.

Sätze, die Konturelemente parallel zu den Werkzeugverfahrsachsen definieren, werden nicht angezeigt.

9.3 Anwender Zyklen

9.3.1 Typen von Anwenderzyklen

In der PA 8000 können drei Arten von Anwenderzyklen verwendet werden:

- **G- Code Arbeitszyklus :**
Ein Arbeitszyklus muß mit einem definierten G-Code aktiviert werden und mit einem G-Code abgewählt werden.
- **G-Code Anwenderzyklus**
Ein Anwenderzyklus startet ein appliziertes NC-Programm mit einem definierten G-Code.
- **Anwenderzyklus mit frei definiertem Code**
Dieser Zyklus startet ein appliziertes NC-Programm mit einem frei definierten Code (z.B.: M)

9.3.2 G- Code Arbeitszyklus

Der Maschinenparameter WorkCycleGCode definierte eine Gruppe von 10 aufeinanderfolgenden G-Codes, die für Arbeitszyklen verwendet werden können.

Der erste G-Code wird für das Abwählen der Arbeitszyklen verwendet. Die folgenden G-Codes werden für das aktivieren der Arbeitszyklen verwendet.

Beispiel :

WorkCycleGCode = 050H = 80 dezimal.

Mit G81, wird der erste Zyklus angewählt.

Mit G82, wird der zweite Zyklus angewählt usw.

Mit G80, Zyklus wird abgewählt.

Der Maschine Parameter WorkCycleProgNo definiert die Programmnummern, die ausgeführt werden sollten, wenn man die Zyklen aktiviert. Der Index des Parameters entspricht dem definierten G-Code in WorkCycleGCode.

Beispiel :

WorkCycleProgNo (1)= 899981

WorkCycleProgNo (2)= 899982

WorkCycleProgNo (9)= 899989

Mit G81 der Zyklus definiert in P899981 wird aktiviert

Mit G82 der Zyklus definiert in P899982 wird aktiviert

Mit G89 der Zyklus definiert in P899989 wird aktiviert

Mit G80, Zyklus wird abgewählt

Beispiel: Bohrzyklus

N30

...

N60 G81

Auswahl des gewünschten Bohrzyklus

N70 X10 Y10

Der Bohrzyklus wird ausgeführt nach Erreichen der Positionen, die in N70...N90 programmiert werden

N80 X40 Y60

N90 X200 Y-40

N100 G80

Abwahl des Bohrzyklus

...

N9999 M2

9.3.3 G-Code Anwenderzyklus

Der Maschinenparameter CycleGCodeStart definierte eine Gruppe von 8 aufeinanderfolgenden G-Codes, die für Anwenderzyklen verwendet werden können.

Beispiel :

CycleGCodeStart = 200 dezimal.

mit G200 wird der erste Zyklus angewählt.

mit G201 wird der zweite Zyklus angewählt usw.

CycleGCodeStart = 0 die Anwenderzyklen sind nicht aktiv.

Default: CycleGCodeStart = 0 .

Der Maschine Parameter CycleProgNo definiert die Programmnummern, die ausgeführt werden sollten, wenn man die Zyklen aktiviert. Der Index des Parameters entspricht dem definierten G-Code in CycleGCodeStart.

Beispiel :

CycleProgNo (1)= 900001

CycleProgNo (2)= 900002

CycleProgNo (8)= 900008

Mit G200 der Zyklus definiert in P900001 wird aktiviert

Mit G201 der Zyklus definiert in P900002 wird aktiviert

Mit G207 der Zyklus definiert in P900008 wird aktiviert

Hinweis:

- Wenn einer der Anwenderzyklen programmiert wird, wird der komplette CNC-Addressbuffer in die reservierten Zyklenparameter geschrieben .
(Siehe Reservierte Zyklenparameter Maschinenparameter ResevedParameterIndex)

Beispiel: ResevedParameterIndex =100

N30

...

N60 G200 A123 L456 In P124 wird 123 geschrieben, in P135 wird 456
geschrieben Dann wird der Zyklus ausgeführt

N70 X10 Y10 Verfahren nach X10 Y10

N80 G200 A78.4 L23.45 In P124 wird 78.4 geschrieben, in P135 wird 23.45
geschrieben Dann wird der Zyklus ausgeführt

N90 X40 Y60 Verfahren nach X40 Y60

N100 G200 A0 L45 In P124 wird 0 geschrieben, in P135 wird 45
geschrieben Dann wird der Zyklus ausgeführt

...

N9999 M2

9.3.4 Anwenderzyklus mit frei definiertem Code

Der Maschinenparameter CycleCodeLetter spezifiziert den Buchstaben für den Aufruf von weiteren Anwenderzyklen.

Der Maschinenparameter definierte eine Gruppe von 8 aufeinanderfolgenden G-Codes, die für Anwenderzyklen verwendet werden können.

Beispiel :

CycleCodeLetter = 12

CycleCodeStart = 210 dezimal.

mit M210 wird der erste Zyklus angewählt.

mit M211 wird der zweite Zyklus angewählt usw.

CycleCodeStart = 0 die Anwenderzyklen sind nicht aktiv.

Default: CycleCodeStart = 0 .

Der Maschine Parameter CycleCodeProgramNumber definiert die Programmnummern, die ausgeführt werden sollten, wenn man die Zyklen aktiviert. Der Index des Parameters entspricht dem definierten Code in CycleCodeStart.

Beispiel :

CycleCodeProgramNumber (1)= 900101

CycleCodeProgramNumber (2)= 900102

CycleCodeProgramNumber (8)= 900108

Mit M210 der Zyklus definiert in P900101 wird aktiviert

Mit M211 der Zyklus definiert in P900102 wird aktiviert

Mit M217 der Zyklus definiert in P900108 wird aktiviert

Hinweis:

- Wenn einer der Anwenderzyklen programmiert wird, wird der komplette CNC-Addressbuffer in die reservierten Zyklenparameter geschrieben . (Siehe Reservierte Zyklenparameter Maschinenparameter ResevedParameterIndex)

Beispiel: ResevedParameterIndex =100

N30

...

N60 M210 A123 L456 In P124 wird 123 geschrieben, in P135 wird 456
geschrieben Dann wird der Zyklus ausgeführt

N70 X10 Y10 Verfahren nach X10 Y10

N80 M211 A78.4 L23.45 In P124 wird 78.4 geschrieben, in P135 wird 23.45
geschrieben Dann wird der Zyklus ausgeführt

N90 X40 Y60 Verfahren nach X40 Y60

N100 M212 A0 L45 In P124 wird 0 geschrieben, in P135 wird 45
geschrieben Dann wird der Zyklus ausgeführt

...

N9999 M2

9.3.5 Reservierte Zyklenparameter

Der Maschinenparameter ReservedParameterIndex enthält einen Index für einen reservierten CNC-Parameterbereich. Der Parameterbereich beinhaltet 49 Parameter für spezielle CNC-Informationen.

Die folgende Liste enthält die Beschreibung der reservierten Parameter:

| | |
|-------------------------------|---|
| P(ReservedParameterIndex + 1) | reserviert |
| P(ReservedParameterIndex + 2) | enthält Anfangsparameternummer für SEL:80 (siehe Allgemeine Zyklenprogrammierung) |
| P(ReservedParameterIndex + 3) | reserviert |
| P(ReservedParameterIndex + 4) | reserviert |
| P(ReservedParameterIndex + 5) | reserviert |
| P(ReservedParameterIndex + 6) | reserviert |

| | |
|--|--|
| P(ReservedParameterIndex + 7) | 0, wenn Grundstellung ausgelöst wurde |
| P(ReservedParameterIndex + 8) | 0, wenn Betriebsart Speicher bzw. DATA gewählt |
| P(ReservedParameterIndex + 9) | 0, wenn manuell Grundstellung ausgelöst wurde |
| P(ReservedParameterIndex + 10) | reserviert |
| P(ReservedParameterIndex + 11) up to P(ReservedParameterIndex + 18) | Analogwert einlesen mit SEL:61 - SEL:68 Kanal 0 - Kanal 7 (siehe Allg. Zyklenprogrammierung) |
| P(ReservedParameterIndex + 21 up to P(ReservedParameterIndex + 23) | Analogwert ausgeben mit SEL:71 - SEL:73 Kanal 0 - Kanal 2 (siehe Allg. Zyklenprogrammierung) |
| P(ReservedParameterIndex + 24) up to P(ReservedParameterIndex + 49) | Anwenderzyklen: A -> P(..+24), B-> P(..+25) ... Z-> P(..+49) |

Hinweis:

- Die 49 reservierten Parameter sollten nicht für andere Zwecke verwendet werden.

10 Allgemeine Zyklenprogrammierung

10.1 Einleitung

10.1.1 Einsatzzweck

Als Zyklessätze bezeichnet man Programmsätze für die PA 8000 , in denen Programmbefehle verwendet werden, die in der DIN 66025 nicht vorgesehen sind.

Durch sie wird das Anwendungsspektrum der PA 8000 erheblich erweitert - wobei eine saubere Trennung zwischen der DIN-Programmierung und der Zyklenprogrammierung gewährleistet ist. Zyklessätze erlauben dem Werkzeugmaschinenhersteller und CNC-Anwender, ständig wiederkehrende Einrichtungstätigkeiten und qualitätsverbessernde Maßnahmen im Laufe der Fertigung zu vereinfachen und in vielen Fällen sogar zu automatisieren.

Vor allem lassen sich technologieangepaßte Bedienerführungen und Dateneingaben realisieren und Bearbeitungszyklen für Standard-Arbeitsgänge - wie Zerspanen, Bohren usw. - bereitstellen. Auch ist es mit Zyklessätzen möglich, NC-Programme generieren zu lassen, z.B. durch Teach In.

Um Rechenfunktionen auszuführen, stehen alle gängigen Rechenoperationen (Grundrechenarten, Wurzel, Trigonometrische Funktionen usw.) zur Verfügung.

10.1.2 Einbindung von Zyklensätzen in ein NC-Programm

Die Handhabung von Zyklensätzen unterscheidet sich von der Handhabung „normaler“ DIN-Programmsätze nur dadurch, daß der Satznummer das Zeichen * vorangestellt wird.

Beispiel:

N30 G1 X...

N40 G2 X...

*N50..

*N60...

N70...

Damit können Sie DIN-Programmsätze und Zyklensätze beliebig mischen: die PA 8000 erkennt an dem vorangestellten Stern, daß es sich um einen Zyklensatz handelt.

Bei der Abarbeitung von Zyklensätzen wird der Zykleninterpreter aktiv.

Hinweise:

- Parameter können außer in Zyklensätzen in der Form „=Pxxx“ im NC-Programm in nahezu allen Arten von Programmworten anstelle der Ziffernfolge programmiert werden:

*N100 P20=85000

N110 G0 X=P20

anstatt

N110 G0 X85

Dies setzt jedoch voraus, daß die benutzten Parameter zu dem betreffenden Zeitpunkt den richtigen Wert besitzen (P20=85000, wobei von einer Voreinstellung von 3 Dezimalstellen für die Achse X ausgegangen wird).

- Die Zuweisung von Werten auf Parameter kann entweder beim Einrichten in der Betriebsart „DATA“ (Funktionsfeld F1 :Datenauswahl--> F3:Parameter) geschehen oder mit Hilfe von Zyklessätzen im NC-Programm.

10.1.3 Kommentare

Zyklessätze können durch Anfügen von Kommentaren erläutert werden - dies ist besonders wichtig für die langfristige Programmdokumentation. Der Zyklesseninterpreter der PA 8000 erkennt Kommentartexte an dem Zeichen /. Alles, was in dem betreffenden Zyklessatz rechts von diesem Zeichen steht, wird nicht für die Programmbearbeitung interpretiert.

Beispiel:

*N50..... / dies ist ein Kommentar

10.1.4 Befehlsübersicht

Bei der Programmierung von Zyklessätzen können folgende Befehle, Adressen und Operationen verwendet werden:

- Zugriff auf Tabellenwerte

| | |
|-------------------|---|
| AVa | Achsen-Sollposition |
| MVa | Achsen-Istposition |
| Ax | ASCII-Parameter, x=1...19 |
| Dx | Bahnkorrektur, x=1... 128 *) |
| DWx | Verschleißkorrektur, Bahn x=1... 128 *) |
| Gxa | Nullpunktverschiebung, x=54... 59, a = Achsenkennung |
| Hxa | Längenkorrektur, x=1. .. 128, a = Achsenkennung *) |
| HWxa | Verschleißkorrektur, Länge, x=1... 128 *), a = axis identification*) |
| IBx | Input bit, x=1... 8 |
| OBx | Output bit, x=1... 8 |
| Px | Parameter, x=1... 1000 *) |
| xxxxxxxx.xxxxxxxx | Konstante |

*) Anzahl von Korrekturen und Parametern ist abhängig von der Ausbaustufe der Steuerung!

- Rechenoperationen und Funktionen

| | |
|------------|---|
| = | Zuweisung; z.B. eines Zahlenwertes zu einem Parameter |
| - | Minus Vorzeichen |
| +, -, *, : | Grundrechenarten |
| <, >, = | Vergleichsoperatoren |
| ABS | Absolutwert |
| ATN | Arcustangens |
| COS | Cosinus |
| DGR | Umrechnung in Grad |
| INT | Konvertierung auf ganzzahligen Anteil |
| MOD | Modulo-Funktion |
| RAD | Umrechnung in Bogenmaß |
| SIN | Sinus |
| SQT | Wurzel |

- Allgemeine Programmierbefehle

| | |
|-------|------------------------------------|
| DO | Ausführbefehl in Verbindung mit IF |
| GO | Sprunganweisung zu Satznummer |
| IF | Bedingte Anweisung |
| /TEXT | Kommentar |

- Speichereditierbefehle

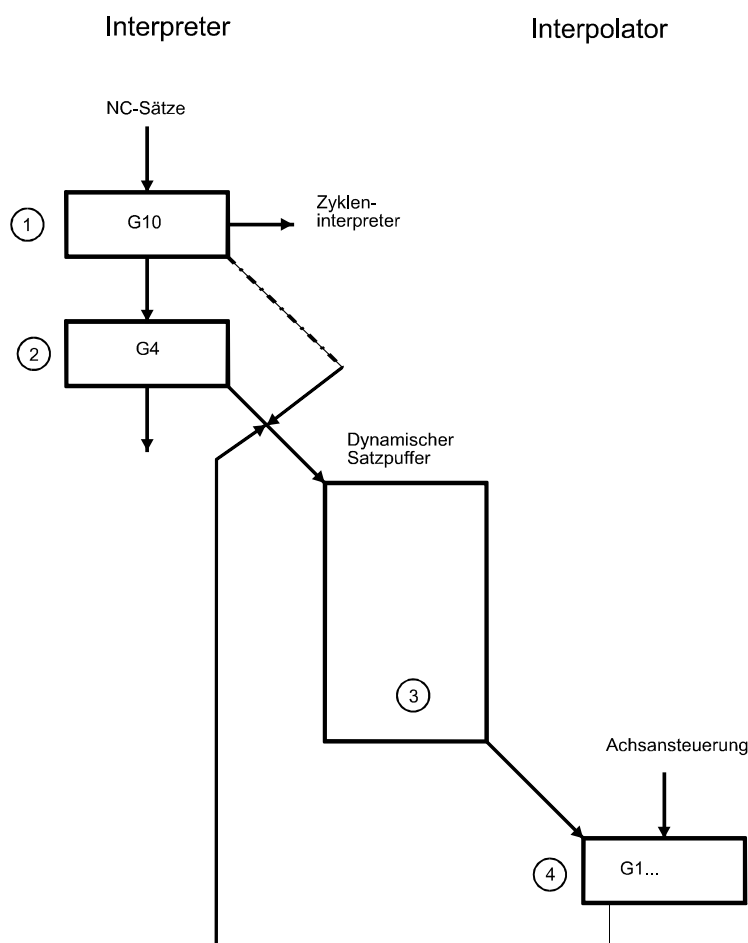
| | |
|------|--------------------------|
| CPY | Kopieren |
| DEL | Löschen |
| EDT | Editieren |
| MMOF | Speicherabwahl |
| MMON | Speicheranwahl |
| NCOF | NC-Abwahl |
| NCON | NC-Anwahl |
| SEL | Anwahl, Zusatzfunktionen |

10.2 Grundbefehle

10.2.1 Grundregeln für Befehlsbearbeitung

Die PA 8000 arbeitet NC-Programmsätze grundsätzlich über Satzpuffer ab. Wenn im NC-Programm Zyklenätze vorhanden sind, bei denen sichergestellt sein muß, daß vorangehende Verfahrenweisungen vollständig ausgeführt sind, müssen Dummy-Sätze bzw. G10-Sätze eingefügt werden.

Ein NC-Satz durchläuft zuerst zwei Satzpuffer im Interpreter. Der erste Satzpuffer aktiviert den Zyklusinterpreter, sobald er den Zyklenatz erkennt. Die NC-Sätze gelangen vom zweiten Satzpuffer aus in den dynamischen Satzpuffer des Interpolators.



Wenn eine G 10-Anweisung programmiert ist, wird diese bereits im 1. Satzpuffer erkannt. Daraufhin wird der Übergang vom zweiten Satzpuffer in den dynamischen Satzpuffer gesperrt. Der Übergang wird erst wieder freigegeben, wenn im Interpolator kein Satz mehr in Abarbeitung ist.

Das vorliegende Beispiel ist mit Interpolator folgendermaßen zu realisieren:

Beispiel:

N120 G1 X100 F100

N130 G4

Dummysatz

N135 G4

N140 G10

N160 G4 F10000

N170 G4

N175 G4

N180 G10

N200 X0 M30

Erläuterung:

Je ein Dummysatz und ein G10-Satz sind notwendig, damit die Zyklensätze N160 und N180 nicht bereits im 1. Satzpuffer abgearbeitet werden, bevor alle NC-Sätze im Servoprozessor (incl. N120 bzw. 160) fertig sind.

Hinweis:

- Dieselben Vorkehrungen sind notwendig, wenn Achswerte gelesen werden sollen, z.B. in
 *N10 P1=MVX ...
 ...

10.2.2 Zahlen und Variablen

Innerhalb von Zyklensätzen können Zahlen und Variablen in unterschiedlichster Form verwendet werden.

Als Zahlen sind zulässig:

- Ganze Zahlen zwischen -99999999 und 99999999
- Fließkommazahlen mit max. 8 Stellen vor und nach dem Dezimalpunkt, wobei nur die ersten 7 der eingegebenen Stellen signifikant sind.

Beachten Sie:

- Führende Nullen dürfen bei Zahlen geschrieben werden. Bei fehlenden Nachkommastellen kann der Dezimalpunkt entfallen.
- Variablen können in Form von freien und fest zugeordneten Parametern verwendet werden. Freie Parameter sind die P-Parameter (P1, P2,...). Diese können benutzt werden, um beliebige Zahlen zu speichern und um Rechenformeln zu bilden. Fest zugeordnete Parameter sind die CNC-Parameter (H, D, G,...), mit denen auf steuerungs- und maschinenspezifische Daten zugegriffen werden kann.
- Zahlen und Variablen können mit Rechenoperationen verknüpft werden, dabei ist auf die Verträglichkeit der einzelnen verwendeten Zahlenformate zu achten (näheres siehe Beispiele in den nachfolgenden Abschnitten).
- Die P-Parameter können in „normalen“ NC-Sätzen anstelle von Zahlen benutzt werden. Bei der Zuweisung von Zahlen auf Parameter mit Hilfe von Zyklensätzen ist darauf zu achten, daß die Ziffernfolge auf die voreingestellte Anzahl von Nachkommastellen der betreffenden NC-Adresse paßt.

Beispiel:

*N50 P1=50000,P2=1000, P3=100
N60 G1 X=P1 Y=P2 F=P3

Erläuterung:

Der obige Satz N60 hat die gleiche Wirkung wie N60 G1 X50 Y1 F100, wenn 3 Nachkommastellen für Achswerte und 0 Nachkommastellen für Vorschübe voreingestellt sind.

ASCII-Parameter A1, A2, ..., A20

Die 20 ASCII-Parameter werden ähnlich wie die P-Parameter verwendet. Als Werte können die ASCII-Codes 0 bis 255 den einzelnen Parametern zugewiesen werden. (Ein Überschreiten des Wertbereichs wird nicht erkannt.) ASCII-Parameter können durch P-Parameter indiziert werden.

Beispiel:

*N100 A1=65, A2=66, A3=67

Erläuterung:

Die Buchstaben A, B und C werden als ASCII-Werte den ASCII-Parametern A1, A2 und A3 zugewiesen.

Beispiel:

*N100 A1=65, P1=2
*N110 A2=A1+P1

Erläuterung:

A1 erhält den ASCII-Wert des Buchstabens A, P1 den Zahlenwert 2. A2 erhält den um 2 erhöhten ASCII-Wert von A1, d.h., den ASCII-Wert des Buchstabens C.

Beispiel:

*N200 IF A1=A2 D0 P30=0

Erläuterung:

Wenn die ASCII-Werte von A1 und A2 gleich sind, setze den Parameter P30 gleich 0.

10.2.3 Rechenoperationen und Funktionen

Die bei den Parameterzyklen verwendbaren Rechenoperationen sind in der nachfolgenden Liste zusammengestellt. Beachten Sie, daß hierin die Parameter Px_1 Py und Pz , sofern sie rechts vom Gleichheitszeichen stehen, stellvertretend für beliebige Konstanten und Variablen benutzt werden.

| | | |
|---------------------------|----------------|--|
| $Px = Py$ | Zuweisung | Px erhält den Wert von Py |
| $Px = Py + Pz$ | Addition | Px = Summe von Py und Pz |
| $Px = Py - Pz$ | Subtraktion | Px = Differenz von Py und Pz |
| $Px = Py * Pz$ | Multiplikation | Px = Produkt von Py und Pz |
| $Px = Py : Pz$ | Division | Px = Quotient von Py und Pz |
| $Px = \text{SQT } Py$ | Quadratwurzel | Px = Wurzel aus Py |
| $Px = \text{SIN } Py$ | Sinus | Px = Sinus von Py |
| $Px = \text{COS}$ | Cosinus | Px = Cosinus von Py |
| $Px = \text{ATN } Py$ | Arcustangens | Px = Arcustangens von Py |
| $Px = \text{ABS } Py$ | Betrag | Px = Absolutwert von Py |
| $Px = \text{INT } Py$ | Integerwert | Px = Integerwert |
| $Px \text{ RAD } Px$ | Bogenmaß | Px wird von Grad in Bogenmaß umgerechnet |
| $Px = \text{DGR } Px$ | Grad | Px wird vom Bogenmaß in Grad umgerechnet |
| $Px = Py \text{ MOD } Pz$ | Modulfunktion | Px = Restbetrag der Division $Py:Pz$ |

Hinweise:

- Die Winkelangabe bei SIN, COS, ATN geschieht im Bogenmaß (rad). Bei einem Ausdruck mit mehreren Rechenoperationen erfolgt die Abarbeitung von links nach rechts, wobei evtl. vorkommende negative Vorzeichen immer der betreffenden Zahl bzw. Variablen zugeordnet und nicht als Rechenoperationen angesehen werden.
- Klammern sind nicht erlaubt.
- Mehrere Ausdrücke können in einen Programmsatz geschrieben werden, wenn sie durch Komma getrennt sind.

Beispiel:

N10 P1=5, P2=2

*N20 P3=P1+P2

Erläuterung:

In N10 wird P1 der Wert 5 und P2 der Wert 2 zugewiesen. In N20 wird die Summe von P1 und P2 gebildet und P3 zugewiesen. In P3 ist also der Wert 7 gespeichert.

Beispiel:

*N10 P1=4

*N20 P1=SQT P1

Erläuterung:

In N10 wird dem Parameter P1 der Wert 4 zugewiesen. In N20 wird die Quadratwurzel aus 4 gezogen, so daß P1 den Wert 2 annimmt.

Beispiel:

*N10 P1=3.141593
*N20 P1=cos P1

Erläuterung:

In N10 wird dem Parameter P1 der Wert 3.141593 zugewiesen. In N20 wird der Cosinus von P1 gebildet, so daß P1 den Wert -1 erhält.

Beispiel:

*N10 P1=90
*N20 P2=RAD P1
*N30 P2=SIN P2

Erläuterung:

Der in N10 dem Parameter P1 zugewiesene Wert 90 wird in N20 in Bogenmaß umgewandelt, so daß N30 das Ergebnis $P2 = 1$ liefert.

Beispiel:

*N10 P1=1
*N20 P2=ATN P1
*N30 P2=DGR P2

Erläuterung:

In N20 hat P2 den Wert 0.7853982 (Bogenmaß). In N30 wird dieser Wert in Grad umgerechnet. Das Ergebnis lautet: $P2=45$.

Beispiel:

*N10 P1=60
*N20 P1=RAD P1
*N30 P1=SIN P1 : COS P1
*N40 P1=ATN P1
*N50 P1=DGR P1

Erläuterung:

In N10 wird für P1 ein Wert zugewiesen. Dieser Wert wird in N20 in das Bogenmaß umgerechnet, in N30 wird der Tangens gebildet (Sinus:Cosinus=, in N40 davon wiederum der Arcustangens und in N50 wird dieses Ergebnis in Grad umgerechnet, so daß P1 wieder den Wert 60 erhält.

Beispiel:

*N10 P1= -12.9
*N20 P1=ABS P1

Erläuterung:

In N10 wird P1 der Wert -12.9 zugewiesen. In N20 wird von diesem Wert der Betrag, d.h. $P1 = 12.9$ gebildet.

Beispiel:

* N10 P1=1.495, P2=3.55, P3=-3.5
* N20 P1=INT P1, P2=INT P2, P3=INT P3

Erläuterung:

In N10 wird P1 der Wert 1.495, P2 der Wert 3. und P3 der Wert -3.5 zugewiesen. In N20 hat P1 den Wert 1, P2 den Wert 3 und P3 den Wert -3. haben den Wert 2. Die Operation INT konvertiert einen Floatwert in einen Integerwert.

Beispiel:

*N10 P1=13

*N20 P2=5

*N30 P3=P1 MOD P2

Erläuterung:

Das Ergebnis lautet 3, da $P1 : P2 = 13 : 5 = 2 \text{ Rest } 3$.

Beispiel:

P1= -13

P2=5

P3=P1 MOD P2

Erläuterung:

Das Ergebnis lautet 2, da MOD den positiven Rest zum nächstkleineren ganzen Vielfachen von P2 berechnet.

Beispiel:

P1 = 5

P2 = 7

P3 = 3

P4 = P1 + P2 MOD P3

Ergebnis:

P4 = 0

Verknüpfungsreihenfolge

Bei Rechenoperationen muß auf die Reihenfolge der Einzelverknüpfungen geachtet werden. Anhand der folgenden Beispiele werden die vorhandenen Regeln erläutert.

Den Beispielen sind folgende Werte zugrunde gelegt:

$P1 = 30$, $P2 = 100$, $P3 = \text{RAD } P1$, $P4 = 2$, $P5 = 4$, $P6 = 3$

Beispiel:

*N20 $P10 = P1 * -P2$

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$P10 = P1 * (-P2) = -3000$

Beispiel:

*N30 $P10 = -P1 * -\text{SIN } P3 + -12$

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$P10 = -P1 * (-\text{SIN } P3) + (-12) = -30 * (-\text{SIN } 0.524) - 12 = 3$

Beispiel:

*N40 $P10 = P1 + P2 + \text{SIN } P3$

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$P10 = 30 + 100 + \text{SIN } 0.524 = 130.5$

Beispiel:

*N50 $P10 = \text{SIN } P3$

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$P10 = \text{SIN}(\text{RAD } P1) = \text{SIN } 0.524 = 0.5$

Beispiel:

*N60 P10=12+P1

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$$P10 = 12 + 30 = 42$$

Beispiel:

*N70 P10=P1+P2*SIN P3-18.3

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$$P10 = (P1 + P2) * \sin P3 - 18.3 = 46.7$$

Beispiel:

*N80 P10=P1+P2*P4+SQT P5*P6

Erläuterung:

In üblicher Schreibweise:

$$\begin{aligned} P10 &= ((P1 + P2) * P4 + \text{SQT}(P5)) * P6 \\ &= ((30 + 100) * 2 + \text{SQT}(4)) * 3 = 786 \end{aligned}$$

Beispiel:

*N90 P3=4, P3=SQT P3+P3+2

*N95 P3=4, P3=SQT P3, P3=P3+2

Erläuterung:

Die Rechnung in N90 ergibt P3=8, die Rechnung in N95 ergibt P3=4;

Grund: Ergebnisvariablen werden erst am Ende jeder kompletten Rechenoperation verändert.

Fehlermöglichkeiten:

- Division durch Null
- Wurzel aus einer negativen Zahl
- Überlauf: Zahl > 99999999
- Schreibfehler (z.B. P1 = SON P1)
- Index zu groß (z.B. P1 = 600, PP1 = 3 und nur 200 Parameter appliziert)

10.2.4 Benutzen der P-Parameter

In der Standardausführung stehen 200 P-Parameter (P1 ,P2,. . .,P200) zur Verfügung. Die Zahl der verfügbaren P-Parameter läßt sich auf 1000 erhöhen. Wird im Ablauf eines Zyklusprogrammes einem Parameter ein Zahlenwert zugewiesen, so bleibt dieser Wert erhalten, bis diesem Parameter ein neuer Wert zugewiesen wird - auch beim Ausschalten der Steuerung bleibt dieser Wert gespeichert.

P-Parameter können in NC-Sätzen anstelle von Zahlenwerten programmiert werden. Erst bei der Bearbeitung - wenn der betreffende NC-Satz abgearbeitet wird - wird dem Parameter der aktuelle Zahlenwert, der unter der jeweiligen Parameter-Nr. momentan gespeichert ist, zugewiesen. Die Veränderung von Parameterwerten ist beim Einrichten in der Betriebsart „DATA“ oder im NC-Programm durch Zyklensätze möglich.

P-Parameter können mit allen verfügbaren Rechenoperationen verknüpft werden (siehe Beispiele im vorigen Abschnitt).

Werden in P-Parametern technologische Werte gespeichert, z.B. Achskoordinaten (Längen oder Winkel), Vorschübe oder Drehzahlen, so ist zu beachten, daß die Zahlenwerte hierbei grundsätzlich auch die voreingestellten festen Nachkommastellen beinhalten. Die Anzahl der Nachkommastellen wird vom Werkzeugmaschinenhersteller durch Maschinenparameter festgelegt.

Beispiel:

Die Auflösung für Linearbewegung beträgt ein tausendstel Millimeter (3 Nachkommastellen)

*N70 P12=50500, P13=1000

N80 G1 X=P12 Y=P13 F=P13

Die Zeile N80 ist gleichbedeutend mit:

N80 G1 X50.5 Y1 F1000

P-Parameter sind indizierbar

Man erkennt indizierte Parameter an der Schreibweise mit Doppel-P. PPx bezeichnet den Parameter, dessen Nummer in Px steht.

Beispiel:

*N10 P1=5, PP1=7

Erläuterung:

Der Zyklensatz ergibt P5 =7.

Beachten Sie:

- Bei der Verwendung von indizierten Parametern muß sichergestellt werden, daß der Indexparameter (z.B. P1 bei PP1) einen sinnvollen Wert enthält; andernfalls erfolgt die Fehlermeldung 262. Ein als Index benutzter Parameter darf selbst nicht indiziert werden (geschachtelte Indizierung ist nicht möglich).

Reservierte Parameter

In der Tabelle der P-Parameter ist ein zusammenhängender Block von 49 Parametern für Sonderfunktionen reserviert. Die Lage dieses reservierten Parameterblocks ist voreinstellbar; nähere Angaben hierzu in Reservierte Zyklenparameter .

Die reservierten 49 Parameter sollten sicherheitshalber nicht für andere Zwecke verwendet werden.

10.2.5 Benutzen der CNC-Parameter

Bei der Programmierung von Parameterzyklen können Sie auf eine Liste fester CNC-Parameter zurückgreifen.

Überblick über die CNC-Parameter

| | |
|--------|---|
| Hxa | Längenkorrektur, x = Korrekturnummer(1-128), a = Achsbuchstabe |
| Hwx | Verschleiß der Längenkorrektur, x = Korrekturnummer (1-128), a = Achsbuchstabe |
| Dx | Bahnkorrektur, x = Korrekturnummer (1-128) |
| DWx | Verschleiß der Bahnkorrektur x = Korrekturnummer (1-128) |
| Gxa | Nullpunktverschiebung, x = 54,55,...,59 a = Achsbuchstabe |
| IBx | Input-Bit von PLC, x = 1,,8 |
| OBx | Output-Bit zur PLC, x = 1,,8 |
| a bzw. | Aktuelle Achsposition lesen, |
| AVa | a = Achsbuchstabe |

Hinweise

- Die Anzahl der verfügbaren H- und D-Korrekturen hängt vom Vorhandensein der entsprechenden Ausbaustufe ab.
- Die Zuweisung von Werten auf diese CNC-Parameter (z.B. *N200 H1X= 12) bewirkt einen Tabelleneintrag in der Längenkorrektur 1 für die X-Achse. Dadurch wird ein bereits vorhandener Eintrag, der z.B. vom Einrichter stammen könnte, überschrieben (obiger Wert entspricht z.B. 0,012 mm). Zahlenwerte innerhalb von CNC-Parametern können auch durch P-Parameter (allerdings ohne Indizierung) ersetzt werden.

Beispiel:

*N300 P1=5

*N310 HP1X=22

Erläuterung:

HP1X ist hier gleichbedeutend mit H5X.

Im folgenden finden Sie nähere Angaben zu den einzelnen CNC-Parametern.

Längenkorrektur Hxa

Mit den Parametern Hxa können bis zu 128 (Standard: 32) H-Korrekturen gesetzt oder gelesen werden. Ist nur eine Korrekturachse vorhanden, so lauten die Parameter H1, H2, ...H128. Gibt es zwei Korrekturachsen, so lauten die Parameter H1X, H2X bzw. H1Y, H2Y usw., je nachdem, welche Achsen appliziert sind.

Beispiel:

*N10 H1=P1

Erläuterung:

Eintrag einer H-Korrektur, wenn nur für eine Achse H-Korrektur möglich ist. Die H-Korrektur 1 nimmt den Wert von P1 an.

Beispiel:

*N10 H1Y=P1

Erläuterung:

Eintrag der H-Korrektur für die Y-Achse, wenn H-Korrekturen für 2 Achsen möglich sind.

Beispiel:

*N10 P2=1

*N20 HP2X=12

Erläuterung:

Zuweisung des Wertes 12 (Inkrement) an die H-Korrektur 1 der Achse X.

Verschleiß Längenkorrektur Hwxa

Mit den Parametern Hwxa können bis zu 128 (Standard: 32) HW-Korrekturen gesetzt oder gelesen werden. Ist nur eine Korrekturachse vorhanden, so lauten die Parameter HW1, HW2, ...HW128. Gibt es zwei Korrekturachsen, so lauten die Parameter HW1X, HW2X bzw. HW1Y, HW2Y usw., je nachdem, welche Achsen appliziert sind.

Beispiel:

* N10 HW1=P1

Erläuterung:

Eintrag einer H-Verschleißkorrektur, wenn nur für eine Achse H-Korrektur möglich ist. Die HW-Korrektur 1 nimmt den Wert von P1 an.

Beispiel:

* N10 HW1Y=P1

Erläuterung:

Eintrag der HW-Korrektur für die Y-Achse, wenn H-Korrekturen für 2 Achsen möglich sind.

Beispiel:

- * N10 P2=1
- * N20 HWP2X=12

Erläuterung:

Zuweisung des Wertes 12 (Inkrement) an die HW-Korrektur 1 der Achse X.

Bahnkorrektur Dx

Mit den Parametern Dx können bis zu 128 (Standard: 32) D-Korrekturen (D1,...D128) gesetzt oder gelesen werden.

Beispiel:

- *N10 P1=D12
- *N20 D120=P20

Erläuterung:

Abspeichern des Korrekturwertes D12 im Parameter P1 (N10). Belegung des Korrekturwertes D120 mit dem Inhalt des Parameters P20 (N20).

Beispiel:

- *N30 P1=5
- *N40 DP1=18400

Erläuterung:

Aus der Indizierung in N40 ergibt sich DP1(=D5)=18400.
Der in D5 gespeicherte Korrekturwert beträgt 18,4 mm.

Verschleißkorrektur DWx

Mit den Parametern DWx können bis zu 128 (Standard: 32) DW-Korrekturen (DW1,...DW128) gesetzt oder gelesen werden.

Beispiel:

- * N10 P1=DW12
- * N20 DW120=P20

Erläuterung:

Abspeichern des Korrekturwertes DW12 im Parameter P1 (N10). Belegung des Korrekturwertes DW120 mit dem Inhalt des Parameters P20 (N20).

Beispiel:

- *N30 P1=5
- *N40 DWP1=18400

Erläuterung:

Aus der Indizierung in N40 ergibt sich DWP1(=DW5)=18400.
Der in DW5 gespeicherte Korrekturwert beträgt 18,4 mm.

Nullpunkt-Verschiebung Gxa

Pro Achse sind sechs Nullpunktverschiebungen (G54-G59) vorhanden. Dabei muß die Achsadresse (z.B. X,Y, Z) immer mit angegeben werden. Die Angabe der Korrekturnummer kann auch hier über P-Parameter erfolgen.

Beispiel:

- *N100 G54Z=53000, G54X=0, G54Y=0, P1=54
- N110 G=P1

Erläuterung:

N100: Tabelleneintrag

N110: Verschiebung um Z = 53 mm aktivieren.

Input/Output-Bits (Zyklusbyte) OBx, IBx

Für die Programmierung von Parameterzyklen steht eine Standardschnittstelle von 2 mal 8 Bit für die Kommunikation mit der PLC der Maschine zur Verfügung. Dabei gilt folgende Schreibweise:

- IB1-IB8 steht für Lesen von Eingabe-Bit 1-8 in die CNC.
- OB1-OB8 steht für Schreiben von Ausgabe-Bit 1-8 in die PLC.

Die Angabe der Bitnummer kann auch über Parameter erfolgen (z.B. IBPX). Bei der Ausführung erfolgt eine Prüfung des abgespeicherten Wertes im Parameter. Bei Werten kleiner 1 oder größer 8 erscheint die Fehlermeldung 262.

Hinweise:

- IBx ist nur in Ausdrücken nach IF zulässig (z.B. IF IB1 = 1 GO 50); eine direkte Zuweisung auf Parameter (z.B. P1 =IB1) ist nicht möglich! Im letzteren Fall erscheint die Fehlermeldung 261.
- Die Ausgabe-Bits 1-8 werden bei Grundstellung auf 0 gesetzt. Es kann jedoch auch voreingestellt sein, daß die Ausgabe-Bits bei Grundstellung ihre Werte beibehalten. Nähere Informationen hierzu finden Sie ggf. in der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinen-herstellers.

Beispiel:

OB3=1

Erläuterung:

Das Ausgangsbit 3 wird auf 1 gesetzt.

Beispiel:

IF IB2=0 DO ...

Erläuterung:

Das Eingangsbit 2 wird auf 0 abgefragt.

Beispiel:

P5=P2 MOD 8+1, OBP5=0

Erläuterung:

Dem Parameter P5 wird ein Wert zwischen 1 und 8 zugewiesen, dann das entsprechende Ausgangsbit auf 0 gesetzt.

Beispiel:

Folgender Zyklensatz bewirkt, daß gewartet wird, bis das Bit 3 in der PLC-Schnittstelle von der PLC auf 0 gesetzt ist:

*N230 IF IB3 >0 GO 230

*N240.. / hier hat die PLC das Bit 3 auf Null gesetzt

Hiweis:

- Input- und Outputbits können nur die Werte 0 oder 1 haben. Werte ungleich 1 werden bei der Zuweisung wie 0 behandelt. Das Lesen und Beschreiben der PLC-Schnittstelle ist z.B. für folgende Anwendungsfälle sinnvoll:
 - Einsatz von Meßtastern und anderen Meßeinrichtungen
 - Abfrage der Seite bei Teiltischen
 - Vorschubüberschreibung durch PLC

Aktuelle Position von Achsen

Die aktuellen Positionen der applizierten Achsen können mit Hilfe des Achsbuchstabens direkt Parametern zugewiesen werden.

Beispiel:

*N250 P1=X, P2=Y

Erläuterung:

Die aktuelle Sollposition der X-Achse (ohne Nachlauf der Lageregelung) wird im Parameter P1 gespeichert, die der Y-Achse im Parameter P2.

10.2.6 Bedingte Befehle und Sprungbefehle

Wie bei vielen anderen Programmiersprachen kann auch bei den Parameterzyklen die Programmierung von bedingten Anweisungen erfolgen. Dabei verwenden Sie die IF-Abfrage zur Prüfung eines Zustandes und können nun aus der sich hieraus ergebenden Bedingung eine Maßnahme (über die DO oder GO-Anweisung) durchführen lassen.

10.2.6.1 IF-Abfrage

Funktion:

Bedingte Anweisung

Syntax:

IF <Vergleich> <Maßnahme>

Beschreibung:

Eine Abfrage besteht aus zwei Operanden, zwischen denen ein Vergleichsoperator steht. P-Parameter, CNC-Parameter oder Zahlen können Operanden darstellen. Wenn der Vergleich eine erfüllte Bedingung ergibt, wird die programmierte Maßnahme ausgeführt. Bei der Abfrage werden zwei Operanden (Parameter, Input-Bits oder Konstanten) mit einem Vergleichsoperator verknüpft.

Mögliche Vergleichsoperatoren

| | | |
|---|---|-------------|
| = | : | gleich |
| > | : | größer als |
| < | : | kleiner als |

Mögliche Maßnahmen

GO-Anweisung, [Anweisung],...

DO-Anweisung, [Anweisung],...

Beispiel:

* N10 IF P1 > P2 GO 100

Erläuterung:

Wenn der Parameter P1 einen größeren Wert enthält als P2, springe zu Satz N100.

Beispiel:

* N20 IF P1=P2 DO P1=10

Erläuterung:

Wenn der Parameter P1 den gleichen Wert enthält wie P2, setze P1 = 10.

Beispiel:

Sie möchten im Falle von P1 =5 die Berechnung P2=P1 *2 ausführen:

* N10 IF P1=5 DO P2=P1 *2

Abfrage der Bedingung Maßnahme

Für den Fall, daß die Bedingung erfüllt ist, wird die auf „DO“ bis zum Satzende folgende Anweisung ausgeführt.

Für den Fall, daß die Bedingung nicht erfüllt ist, werden alle zwischen „DO“ und dem Satzende befindlichen Anweisungen übersprungen.

10.2.6.2 DO Anweisung

Funktion:

„Führe aus!“

Syntax:

DO <Anweisung>

Beschreibung:

Die zugehörige Anweisung soll ausgeführt werden. Anwendung nur sinnvoll in Verbindung mit IF-Befehl.

Beispiel:

* N60 IF P1=0 DO P1=10, P2=1

Erläuterung:

Wenn der Parameter P1 den Wert 0 enthält, setze ihn auf den neuen Wert 10. Anschließend wird (davon unabhängig) Parameter P2 auf 1 gesetzt.

10.2.6.3 Sprünge

Befehl:

Funktion:

Sprung zur Satz-Nr.

Syntax:

GO <Satz-Nr.>

Beschreibung:

Die Bearbeitung des NC-Programms soll mit der angegebenen Satz-Nr. fortgesetzt werden. Anwendung in Verbindung mit IF-Befehl als bedingter Sprung oder ohne IF als unbedingter Sprung.

Beispiel:

* N50 GO 210

Erläuterung:

Springe zu Programmsatz N210.

Hinweis:

- Wenn Blockweises Laden aktiviert ist, dürfen keine Sprünge programmiert werden. Wird das Sprungziel nicht gefunden, erfolgt Fehlermeldung 69.
- Die Sprunganweisung GO Satz-Nr. bewirkt, daß das Programm zum NC-Satz mit der betreffenden Satz-Nr. springt. Sie arbeitet als bedingte (mit IF) und als unbedingte (ohne IF) Anweisung. Ist der NC-Satz, der als Sprungziel programmiert ist, nicht vorhanden, erscheint Fehlermeldung 69.

Beispiel:

*N10 GO 200

Erläuterung:

Dies ist eine unbedingte Anweisung. Sie hat zur Folge, daß die Programmabarbeitung mit Satz N200 fortgesetzt wird.

Beispiel:

*N10 IF P1=30 GO P1

Erläuterung:

Dies ist eine bedingte Anweisung. Wenn der Parameter P1 den Wert 30 besitzt, wird ein Sprung auf N30 ausgeführt. Die Satznummer kann entweder als Absolutzahl oder über Parameter angegeben werden.

Beispiel:

*N10 GO 200
oder
*N10 P1=200
*N20 GO P1
oder
*N10 P1=200
*N20 P2=1
*N30 GO PP2

Erläuterung:

Alle drei Beispiele führen letztlich dazu, daß auf Satz N200 gesprungen wird. Für diese Funktion ist es wichtig, daß eine aufsteigende Satznummerierung eingehalten bzw. vom Editor gewährleistet wird. Es ist möglich, sowohl auf einen höheren Satz als auch auf einen niederen Satz zu springen.

10.2.6.4 Schleifen

Mit der IF-Anweisung in Verbindung mit GO lassen sich Schleifen programmieren. Die Anzahl der Schleifendurchgänge kann durch einen P-Parameter festgelegt werden.

Beispiel:

*N50 P1=10
N60
N70...
N80...
N90...
*N140 ...
*N150 P1=P1-1, IF P1 > 0 GO 60

Erläuterung:

N50: 10 Schleifendurchgänge werden definiert
N60-N140: Dieser Programmteil soll mehrfach ausgeführt werden.
N150: Sprung zu Satz N60, wenn P1 größer oder gleich 0.

Flexibler wird die Programmierung noch durch die Verwendung von indizierten Parametern in Verbindung mit Schleifen (siehe nächstes Beispiel).

Beispiel:

Alle Parameter von P1 bis P800 sollen auf Null gesetzt werden.
*N100 P1=800
*N110 PP1=0, P1-P1 - 1, IF P1 > 0 GO 110
*N120 P1=0
...

Erläuterung:

P1 wird als Index benutzt. Die Zeile N110 wird 799 mal wiederholt.

10.2.7 Mögliche Fehler

Nachfolgend sind die wichtigsten Fehlermeldungen, die bei der Zyklenprogrammierung erscheinen können, und Hinweise auf Fehlerursachen und deren Beseitigung zusammengestellt.

Fehlermeldung Nr.260:

Zyklusfehler in Satz-Nr, Schlüsselwort falsch

Fehlererkennung:

Durch den Syntax-Test

- nach dem Editieren eines Satzes
- beim Ablauf unter Testmode

Mögliche Fehlerursachen:

- nicht zulässiger Operator oder Schlüsselwortanfang
- Punkt verwendet, wo nicht erlaubt
- zu viele Vor- und Nachkommastellen
- Index zu groß
- falsche Achsadresse

Fehlerbeseitigung:

Korrigieren des Zyklensatzes

Beispiel:

HXP1 statt HP1X

Fehlermeldung Nr.261:

Zyklusfehler in Satz Nr ... , Anweisung falsch

Fehlererkennung:

Durch den Syntax-Test

- nach dem Editieren eines Satzes
- Ablauf unter Testmode

Mögliche Fehlerursachen:

- Die Zusammensetzung der Schlüsselworte ergibt keinen Zyklensatz.

Fehlerbeseitigung:

Korrigieren des Zyklensatzes.

Beispiel:

*N20 P1 =IB1 statt *N20 IF IB1 =P1 DO...

Fehlermeldung Nr.262:

Zyklenfehler in Satz Nr., Index zu groß/ zu klein

Fehlererkennung:

- Durch Ausführung bei Verwendung eines Parameters als Index.

Mögliche Fehlerursachen:

- Index zu groß oder zu klein

Fehlerbeseitigung:

- Index als Zahl (nicht als Parameter): Syntax überprüfen
- Index als Parameter: Parameterwert prüfen.

Fehlermeldung Nr.263:

Zyklenfehler in Satz Nr., Parameterinhalt falsch

Fehlererkennung:

Durch Ausführung

Mögliche Fehlerursachen:

- Division durch Null
- Wurzel aus einer negativen Zahl
- Integer Overflow
- Integer Underflow

Fehlerbeseitigung:

- Parameterwert prüfen
- Programm korrigieren

10.3 Speichereditierbefehle

10.3.1 Allgemeine Hinweise

Die Aufgaben der Speichereditierbefehle lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- An- und Abwahl der Betriebsart „DATA“
- Erstellen, Ändern, Speichern und Löschen von Korrektur- und NC-Sätzen
- Generierung von NC-Programmen
- Abspeichern von einmal erstellten Programmen, z.B. mit aktuellen Parameterinhalten

10.3.2 Befehle zum Speichereditieren

| | |
|------|---|
| MMON | Wählt den NC-Programmspeicher an und gibt den Zugriff auf ihn frei. |
| MMOF | Wählt den NC-Programmspeicher ab. |
| NCOF | Bewirkt, daß die CNC keine NC-Sätze bearbeitet. Man kann dadurch beispielsweise sicherstellen, daß erzeugte NC-Sätze nicht unmittelbar abgearbeitet werden. |
| NCON | Die CNC wird wieder aktiviert. |
| SEL | Dient zur Auswahl von NC-Programm, NC-Sätzen und Parametern als Voraussetzung für die anschließenden Editierbefehle. Die Sonderform SEL:nn aktiviert eine Reihe von Zusatzfunktionen. |
| EDT | Hiermit werden die Schreibvorgänge im NC-Programmspeicher ausgelöst. |
| CPY | Ermöglicht das Kopieren von NC-Programmen und NC-Sätzen innerhalb des NC-Programmspeichers. |
| DEL | Erlaubt das Löschen von NC-Programmen, NC-Sätzen und Parametern. |

Die Anwendung der Speichereditierbefehle geschieht meist nach folgendem Schema:

| | |
|-----------------|-----------------|
| *N100 NCOF | Abwahl CNC |
| *N110 MMON | Anwahl Speicher |
| *N120 SEL... | |
| *N... | |
| *N..... EDT.... | Editierbefehle |
| *N... CPY... | |
| *N... DEL... | |
| *N... | |
| *N... MMOF | Abwahl Speicher |
| *N... NCON | Anwahl CNC |

Die Wirkung und Anwendung der einzelnen Befehle der Zyklenstufe 2 sind auf den folgenden Seiten ausführlich beschrieben.

10.3.3 CPY Kopierbefehl

Befehl: CPY:Qnn < :xx >
CPY:Nnn < :xx >

Funktion:

COPY, Kopiere

Beschreibung:

Mit diesem Befehl lassen sich NC-Programme oder NC-Sätze kopieren.

Parameter:

- Q NC-Programm soll in ein Zielprogramm kopiert werden.
- N NC-Sätze sollen innerhalb eines Zielprogrammes umkopiert werden.
- nn, xx Satz- bzw. Programmnummern; nn bzw. xx sind parametrierbar.

Beispiel:

Kopieren eines NC-Programmes in ein noch nicht vorhandenes NC-Programm.

- * N90 MMON
- * N100 CPY:Q777:800
- * N110 MMOF

...

Erläuterung:

Das NC-Programm P777 wird dupliziert. Das neue NC-Programm erhält die Nummer P800.

Beispiel:

Kopieren eines NC-Programms in ein schon bestehendes NC-Programm.

- * N90 MMON
- * N100 SEL:Q1 OLD
- * N110 SEL:N80
- * N120 SEL:S5
- * N130 CPY:Q2
- * N140 MMOF

Erläuterung:

Zunächst wird in N 100 und N110 die Stelle, wohin kopiert werden soll, ausgewählt, nämlich in das bestehende NC-Programm P1 und darin an die Satznummer N80. In N120 wird die gewünschte Satznummern-Schrittweite für das einzufügende Programm festgelegt. In N130 wird veranlaßt, daß das NC-Programm P2 an die zuvor definierte Stelle kopiert wird, d.h., der erste Satz von P2 wird als Satz N80 in P1 eingefügt, der zweite Satz als N85 usw.

Hinweis:

- Die Lücke, in die ein NC-Programm bzw. NCSätze kopiert werden sollen, muß groß genug sein, um das zu kopierende Programm bzw. die zu kopierenden NC-Sätze aufnehmen zu können. Wird versucht, einen bestehenden Satz zu überschreiben, wird die Fehlermeldung 259 erzeugt.

Beispiel:

Kopieren von NC-Sätzen

* N90 MMON

* N100 SEL:Q300 OLD

* N110 SEL:N80

* N120 SEL:S10

* N130 CPY:N40:80

* N140 MMOF

...

Erläuterung:

Die NC-Sätze N40 bis N80 des NC-Programms P300 werden innerhalb dieses NC-Programms auf die Sätze N80 bis N120 kopiert.

10.3.4 DEL Löschbefehl

Befehl: **DEL: Qnn < (NEW)/(OLD) >**
 DEL: Nnn < :xx >
 DEL: Pnn < :xx >
 DEL: Knn < :xx >

Funktion:

DELETE,

Beschreibung:

Hiermit können NC-Programme, NC-Sätze, Parameterwerte oder Korrekturwerte gelöscht werden.

Parameter:

| | |
|--------|---|
| Q | NC-Programm soll gelöscht werden |
| NEW | neues Programm (Default) |
| OLD | bestehendes Programm |
| N | NC-Sätze sollen gelöscht werden |
| P | Parameter sollen gelöscht werden |
| K | H = Längenkorrektur löschen D = Bahnkorrektur löschen G = Nullpunktverschiebung löschen |
| nn, xx | Nummern |

Beispiel:

Löschen eines NC-Programms

* N90 MMON

* N100 DEL: Q250 OLD

* N110 MMOF

...

Erläuterung:

Das NC-Programm P250 wird gelöscht.

Hinweis

- Ein NC-Programm gilt so lange als NEW, bis nach dem Editieren durch SEL: Qnn NEW der Editiervorgang durch MMOF beendet wird.
- Das NC-Programm (Haupt- oder Unterprogramm), das gerade ausgeführt wird, oder ein noch aktives Programm dürfen nicht gelöscht werden.

Beispiel:

Löschen von NC-Sätzen

- * N90 MMON
- * N100 SEL:Q250 OLD
- * N110 DEL:N160:180
- * N120 MMOF

...

Erläuterung:

Die NC-Sätze N160 bis N180 von NC-Programm P250 werden gelöscht.

Beispiel:

Parameter löschen (nullsetzen)

- * N90 MMON
- * N100 DEL: P1:20
- * N110 MMOF

...

Erläuterung:

Die Parameter P1 bis P20 erhalten den Wert 0.

Beispiel:

Korrekturwerte nullsetzen

- * N90 MMON
- * N100 DEL: H1:5, DEL: D1: 10, DEL: G54
- * N110 MMOF

...

Erläuterung:

Folgende Korrekturen erhalten den Wert 0:

- Längenkorrekturen H1 bis H5
- Bahnkorrekturen D1 bis D10
- Nullpunktverschiebungen G54

Hinweis:

- Bei Längenkorrekturen sowie Nullpunktverschiebungen werden immer die Werte für alle Achsen gelöscht.

10.3.5 EDT EDIT-Befehl

Befehl: EDT: (NC-Anweisung, NC-Anweisung, ...)

EDT: (*Zyklenanweisung, Zyklenanw.,...)

EDT: Pnn < :xx >

EDT: Knn < :xx >

Funktion:

EDIT

Beschreibung:

Editieren von NC-Sätzen, Zyklensätzen, Parametern oder Korrekturwerten.

Parameter:

() Anfang und Ende der Editieranweisung

P Parameter

K H = Längenkorrektur

D = Bahnkorrektur

G = Nullpunktverschiebung (G54-G59)

nn: Nummer des ersten zu editierenden Tabellenplatzes

xx: Nummer des letzten zu editierenden Tabellenplatzes

Beispiel:

Editieren von NC-Sätzen

```
* N90 MMON
* N100      SEL: Q250 OLD
* N110      SEL: N80
* N120      SEL: S10
* N130      EDT: (G0, X2, Z5)
* N140      EDT: (M30)
* N150      MMOF
```

Erläuterung:

Im NC-Programm P250 steht nach Abarbeitung der Zyklensätze
N90 - N150 ab Satz N80
N80 G0 X2 Z5
N90 M30

Hinweis:

- Pro EDT-Befehl wird ein NC-Satz erzeugt. Nach jedem EDT-Befehl wird automatisch der nächste NC-Satz angewählt. Wenn an den mit SEL angewählten Stellen im NC-Programm bereits NC-Sätze stehen, werden diese überschrieben. Wurde noch kein Programm angewählt oder neu eröffnet, wird der Befehl ignoriert.

Beispiel:

Editieren von Zyklensätzen

```
* N90 MMON
* N100      SEL: Q250 OLD
* N110      SEL: N150
* N120      SEL: S5
* N130      EDT: (* P1=P2+P3, P4=P2 * P3)
* N140      EDT: (* MMOF)
* N150      MMOF
```

...

Erläuterung:

Im NC-Programm P250 steht jetzt

* N150 $P1=P2+P3$, $P4=P2 * P3$

* N155 MMOF

Hinweis:

- Das Ändern eines bereits bestehenden Zyklensatzes ist nicht möglich.

Beispiel:

Editieren von Parametern

* N100 EDT: P1:20

...

Erläuterung:

Ins NC-Programm werden Zyklensätze eingetragen, die den Parametern P1 bis P20 die aktuellen Inhalte dieser Parameter zuweisen. Angenommen, die Parameter P1 bis P20 enthalten die Werte 101-120. Im editierten NC Programm steht dann:

* N... P1=101

...

...

* N... P20=120

Beispiel:

Editieren von Korrekturwerten

* N90 MMON

* N100 EDT: H1:5

* N110 EDT: D1:5

* N120 EDT: G54

* N130 MMOF...

Erläuterung:

Ins NC-Programm werden Zyklensätze eingetragen, die den Längenkorrekturwertspeichern H1 bis H5, den Bahnkorrekturwertspeichern D1 bis D5 sowie den Nullpunktverschiebungen G54 die aktuellen Inhalte dieser Korrekturwertspeicher bzw. Nullpunktverschiebungen zuweisen.

Das editierte NC-Programm enthält anschließend folgende Sätze:

```
*N...    H1X=...,    H1Y=...
...
*N...    H5X=...,    H5Y=...
*N...    D1=...
...
*N...    D5=...
*N...    G54X=...,    G54Y=...,    G54Z=...
```

10.3.6 MMON MMOF Speicheranwahl Speicherabwahl

Befehl: **MMON**
 MMOF

Funktion:

Speicheranwahl, Speicherabwahl

Beschreibung:

MMON ermöglicht den Zugriff auf den Programmspeicher der PA 8000 mit den Editierbefehlen SEL, EDT, CPY und DEL. Mit MMOF wird der Programmspeicher für weitere Zugriffe gesperrt. Alle NC-Sätze zwischen MMON und MMOF werden, sobald ein Programm angewählt oder neu eröffnet ist, sowohl ausgeführt als auch in dieses Programm eingefügt. Dies gilt nicht für Zyklensätze, diese werden nur ausgeführt.

Parameter:

keine

Beispiel:

*N100 MMON

*N110 ...

*N120 ...

.

*N180 MMOF

...

Erläuterung:

Im Satz N100 wird der Programmspeicher angewählt. Danach folgen die Editierbefehle, um den Speicherinhalt zu bearbeiten. Im Satz N180 wird der Programmspeicher wieder abgewählt. Speichereditierbefehle, die evtl. danachfolgen, werden nicht ausgeführt.

Beispiel:

Einfügen von NC-Sätzen in das angewählte Programm:

*N10 MMON

*N20 SEL: Q1

*N30 SEL: N10

*N40 SEL: S5

*N50 G1 X5 Y5 F100

N60 X0 Y0

*N70 EDT: (M30)

*N80 MMOF

N90 M30

...

Erläuterung:

Die Sätze N50 und N60 werden als Sätze N10 und N15 in das neu eröffnete Programm P1 eingefügt. Anschließend wird M30 als Satz N20 in P1 geschrieben. Dies geschieht mit dem EDT-Befehl, da sonst die Anweisung M30 in obigem Programm zweimal enthalten wäre. Die Sätze N50 und N60 werden bei der Abarbeitung des obigen Programms auch unmittelbar ausgeführt. Ist dies nicht erwünscht, d. h., sollen die Sätze nur in das editierte Programm eingefügt werden, muß entweder der Befehl EDT verwendet oder die unmittelbare Abarbeitung mit NCOF unterdrückt werden (siehe NCOF).

10.3.7 NCON NCOF CNC-Anwahl CNC-Abwahl

Befehl: **NCOF**
 NCON

Funktion:

CNC-Abwahl, CNC-Anwahl

Beschreibung:

NCOF bewirkt, daß die nachfolgenden NC-Sätze nicht an die CNC zur Ausführung weitergegeben werden. Dadurch kann verhindert werden, daß die CNC gleichzeitig zum Zyklusprogramm einen NC-Satz abarbeitet. Durch NCON wird die CNC wiederaktiviert, damit sie die nachfolgenden Sätze des NC-Programms ausführt. Dies ist dann sinnvoll, wenn NC-Sätze nicht unmittelbar abgearbeitet, sondern nur in das angewählte Programm eingefügt werden sollen.

Parameter:

keine

Beispiel:

```
*N100 NCOF
*N110 ...
*N120 ...
.
.
.
*N180 NCON
...
```

Erläuterung:

Der Befehl NCOF im Satz N100 bewirkt, daß die Sätze ab N110 nicht an die CNC zur Ausführung gelangen. Im Satz N180 wird die CNC wieder für die Befehlsbearbeitung aktiviert.

Beispiel:

```
*N100 MMON
*N110 SEL: Q1
*N120 NCOF
N130 G1 X12 Y1 F100
N140 X0    Y0
*N150 EDT: (M30)
*N160 NCON
*N170 MMOF
N180 M30
...
```

Erläuterung:

Das Zyklenprogramm generiert das Programm P1 mit folgendem Inhalt:

```
N10 G1 X12 Y1 F100
N20 X0 Y0
N30 M30
```

Der Befehl NCOF in Satz N120 bewirkt, daß die Sätze N130 und N140 bei der Abarbeitung des Zyklenprogrammes nicht unmittelbar ausgeführt, sondern lediglich in das Programm P1 eingefügt werden.

10.3.8 SEL Anwahl

Befehl: **Qnn < (NEW/OLD) >**
 SEL: Nnn
 SEL: Snn

Funktion:
 SELECT, Anwahl

Beschreibung:
 Anwahl eines NC-Programmes oder eines NC-Satzes, Wahl der Satznummernschrittweite.

Parameter:

| | |
|-----|--|
| Q | NC-Programm |
| N | NC-Satz |
| S | Satznummernschrittweite |
| NEW | Eröffnen eines neuen NC-Programms (braucht nicht programmiert zu werden, Voreinstellung) |
| OLD | OLD Eröffnen eines schon bestehenden NC Programms |
| nn | Nummer; ohne Kennbuchstaben: Zusatzfunktionsnummer (siehe übernächste Seite) |

Beispiel:

Programm- und Satzanwahl

*N100 MMON

*N110 SEL: Q1

*N120 SEL: N80

*N130 SEL: S2

.

.

*N170 MMOF

...

Erläuterung:

In N100 wird der Programmspeicher geöffnet. In N110 und N120 wird das NC-Programm P1 und dort die Satznummer N80 angewählt. Die Satznummernschrittweite wird in N130 auf 2 gesetzt, d. h., es werden durch die folgenden Operationen die Sätze N80, N82, N84... angesprochen. Wird keine Satznummernschrittweite angewählt, wird von der Satznummernschrittweite 10 ausgegangen.

10.3.9 SEL: nn

Funktion:

Zusatzfunktionen

Beschreibung:

Hiermit können verschiedene Sonderfunktionen aktiviert werden.

Parameter:

| | |
|------------|---|
| nn | identifiziert die Sonderfunktion |
| SEL: 0 | Abwahl aller SEL-Sonderfunktionen |
| SEL: 10 | Parameterumwandlung AUS |
| SEL: 11 | Parameterumwandlung EIN |
| SEL: 61-68 | Analogwerte einlesen über Kanal 0, ..7 der AD-Karte auf die Parameter P111 bis P118 |

| | |
|---------|--|
| SEL: 70 | DA-Ausgabe abschalten |
| SEL: 71 | DA-Ausgabe für Kanal 0 der DA-Karte anfordern |
| SEL: 72 | DA-Ausgabe für Kanal 1 der DA-Karte anfordern |
| SEL: 73 | DA-Ausgabe für Kanal 2 der DA-Karte anfordern |
| SEL: 80 | Die aktiven G-Codes der 15 G-Code Gruppen werden auf 15 Parameter kopiert. Die Nummer des ersten der 15 hierfür verwendeten Parameter steht im reservierten Parameterbereich bei P(x+2). |

Beispiel:

SEL: 10/SEL: 11

*N100 MMON

*N110 SEL: Q1

*N120 SEL: 11

N130 G1 X=P1 Y=P2 F100

*N140 SEL: 10

N150 X=P3 Y=P4

*N160 MMOF

...

Erläuterung:

Der Befehl SEL: 11 im Satz 120 bewirkt, daß in den folgenden NC-Sätzen, die in das angewählte Programm geschrieben wurden, die Parameter durch ihre Inhalte ersetzt werden. Wenn der Parameter P1 den Wert 5 und der Parameter P2 den Wert 10 enthält, wird also der Satz

N... G1 X5 Y10 F100

erzeugt. Der Befehl SEL: 10 in Satz 140 schaltet diese Parameterumwandlung wieder aus, so daß der Satz 150 unverändert in das angewählte Programm eingefügt wird.

Beispiel:

SEL: 80

*N110 P192=10

*N120 SEL: 80

...

Erläuterung:

Angenommen, der reservierte Parameterbereich beginnt bei Parameter 190. Mit der Zuweisung in Satz 110 wird die Parameternummer festgelegt, ab der in Satz 120 die aktiven G-Codes der 15 Gruppen in die Parametertabelle geschrieben werden; in diesem Fall werden dafür die Parameter P10 bis P24 verwendet.

11 Programmoptimierung

11.1 Tips zur rationellen Programmerstellung

11.1.1 Unterprogramme

Tritt in einer Kontur das gleiche Konturelement häufiger auf, so sollte es in einem Unterprogramm programmiert werden. Das Unterprogramm kann dann jeweils an den Stellen des Hauptprogramms aufgerufen werden, an denen das Konturelement benötigt wird.

11.1.2 Modal wirksame Anweisungen

Modal wirksame Anweisungen sollten grundsätzlich nicht nochmals programmiert werden, wenn sie bereits aktiv sind. Die Berücksichtigung dieser Empfehlung hat folgende Vorteile:

- geringerer Speicherplatzbedarf
- niedrigere Programmabarbeitungszeit
- niedrigere Programmübertragungszeit

11.1.3 Wertzuweisung an NC-Adressen über Parameter

Ändern sich im Laufe eines NC-Programmes bestimmte Größen (z.B. Vorschub- oder Spindeldrehzahlwerte) mehrfach, so empfiehlt es sich, im Programm für diese Größen keine festen Werte zu programmieren, sondern ihnen Parameter zuzuweisen, die am Programmanfang mit Werten belegt werden können. Dies hat den Vorteil, daß bei einer späteren Korrektur dieser Größen nicht alle Programmstellen gesucht werden müssen, an denen die betreffende Größe programmiert wurde, sondern den entsprechenden Parametern lediglich am Programmanfang andere Werte zugewiesen werden müssen.

Beispiel:

N... P1=1000
N... P2= 500
N... ...
N... ... F=P1
N... ...
N... ... F=P2
N... ...

11.1.4 Eilgang über F-Wort

Da in jedem NC-Satz nur eine G-Anweisung programmiert werden kann, ist ein Wechsel zwischen G00 und G01 in NC-Sätzen, in denen bereits eine G-Anweisung programmiert wurde, nicht möglich. Um Wechsel zwischen G00 und G01 zu vermeiden, empfiehlt es sich oftmals, generell G01 zu programmieren.

Die Eilgangsgeschwindigkeit kann an gegebener Stelle dann einfach dadurch erreicht werden, daß ein entsprechend hohes F-Wort programmiert wird. Das F-Wort kann auch in einem Satz programmiert werden, der bereits eine G-Anweisung enthält.

11.2 Tips zur Programmabarbeitung**11.2.1 Look Ahead**

Am Anfang eines NC-Programmes sollte durch Programmierung von G09 stets die Funktion „Look Ahead“ aktiviert werden, sofern technologisch nichts gegen eine Abarbeitung des Programms mit „Look Ahead“ spricht (s. auch Punkt „Aktivierung spezieller Funktionen über Unterprogramm“).

11.2.2 Programmierbare Beschleunigung bei Look Ahead

Bei aktivem „Look Ahead“ erkennt die PA 8000 über mehrere NC-Sätze hinweg, wann die Achsen abgebremst bzw. beschleunigt werden müssen.

Beschleunigt wird bei aktivem Look Ahead so, daß die maximale Geschwindigkeit am Satzanfang möglichst schnell erreicht wird. Folgt dem aktuell in Ausführung befindlichen NC-Satz ein Satz, in dem eine niedrigere Bahngeschwindigkeit programmiert wurde, so erfolgt das Abbremsen nicht erst zu Beginn des nachfolgenden Satzes, sondern bereits während der Ausführung des vorangehenden. Dies kann zu rasch aufeinanderfolgenden Beschleunigungs- und Bremsvorgängen führen.

Die Funktion „Programmierbare Beschleunigung“ kann bei aktivem „Look Ahead“ dazu verwendet werden, eine Nivellierung der Achsbeschleunigungen zu erreichen. Dies schont die Werkzeugmaschine und erhöht die Bearbeitungsgenauigkeit.

11.2.3 Aktivierung spezieller Funktionen über Unterprogramm

Es empfiehlt sich, stets die eigentliche Konturgeometriebeschreibung als Hauptprogramm zu programmieren. Für die Bearbeitung erforderliche, z.B. PA 8000-spezifische Funktionen (wie z.B. Look Ahead, Splineinterpolation, Nullpunktverschiebungen) sollten dagegen in einem residenten Unterprogramm abgelegt werden, an dessen Ende mit M01 ein bedingter Halt programmiert ist.

Dies hat folgende Vorteile:

- PA 8000-spezifische Funktionen (z.B. Look Ahead) können in Standardprogrammen leicht und schnell über einen Unterprogrammaufruf aktiviert werden.

- Nach einem Programmabbruch (z.B. infolge von Werkzeugbruch) besteht die Möglichkeit, zur Aktivierung aller erforderlichen Voreinstellungen für die Programmfortsetzung lediglich das Hauptprogramm erneut bis zum bedingten Halt im Unterprogramm abarbeiten zu lassen, es dann abzubrechen und über eine manuelle Satzanwahl an der gewünschten Stelle fortzufahren.

11.3 Tips zur Fehlervermeidung

11.3.1 Schutz von Unterprogrammen gegen Aufruf als Hauptprogramm

Um zu vermeiden, daß Unterprogramme, die dafür nicht vorgesehen sind, versehentlich als Hauptprogramme abgearbeitet werden, sollte in diesen Unterprogrammen kein F-Wort programmiert werden. Wird ein Unterprogramm ohne F-Wort als Hauptprogramm aufgerufen, erscheint die Fehlermeldung 199, das Unterprogramm wird nicht abgearbeitet.

11.3.2 Funktionen werden am Programmende nicht automatisch zurückgesetzt

Werden in Programmen modal wirksame Funktionen verwendet, die am Ende nicht automatisch zurückgesetzt werden (z.B. G92, G81, G100 und andere Transformationsanweisungen), so sollten am Programmanfang die Anweisungen programmiert werden, die diese Funktionen deaktivieren. Auf diese Weise ist sichergestellt, daß bei einem evtl. Neustart des Programmes, z.B. infolge eines Abbruches durch Werkzeugbruch, diese Funktionen nicht mehr ungewollt wirksam sind.

11.3.3 Kreisinterpolation

Sind in der PA 8000 drei Nachkommastellen appliziert und werden Programme von einem Postprozessor eingelesen, der nur zwei Nachkommastellen berücksichtigt, so kann es bei Kreisinterpolation zu Fehlermeldungen kommen.

Die PA 8000 überprüft stets, daß bei Kreisinterpolation der Abstand des Kreisstartpunktes vom Kreismittelpunkt exakt dem Abstand des Kreisendpunktes vom Kreismittelpunkt entspricht, und gibt eine Fehlermeldung aus, falls dies nicht der Fall ist. Durch das Runden des Postprozessors kann es nun vorkommen, daß diese Abstände nicht exakt übereinstimmen.

Derartige Probleme können umgangen werden, indem anstelle der Anweisungen G02/G03 (Kreisinterpolation mit Mittelpunktsgabe) die Anweisungen G12/G13 (Kreisinterpolation mit Radiusangabe) verwendet werden.

11.3.4 Vermeidung von Dummysätzen bei Unterprogrammaufrufen

Unterprogrammaufrufe sollten nicht in separaten NC-Sätzen programmiert werden, sondern - zumindest innerhalb geschlossener Konturen - im letzten Verfahrssatz vor der gewünschten Unterprogrammabarbeitung.

Beispiel:

| | | |
|--------------|--------|-------------|
| ... | | |
| N50 X70 Y80 | statt: | N50 X70 Y80 |
| N60 Y90 Q100 | | N60 Y90 |
| ... | | N70 Q100 |

11.3.5 Vermeidung von Dummysätzen am Unterprogrammende

Die Programmende-Anweisungen M02 bzw. M30 sollten in Unterprogrammen nicht in separaten NCSätzen programmiert, sondern in den letzten Verfahrssatz des Unterprogrammes eingebunden werden. Auf diese Weise wird bei Unterprogramm Wiederholungen eine kontinuierliche Abarbeitung der einzelnen Unterprogrammschleifen erreicht und somit ein Stillstand am Ende jeder Unterprogrammschleife vermieden.

Beispiel:

(Schraubenlinie mit 10 Windungen)

Hauptprogramm:

...

N20 G9

N30 G90

N40 G1 X. . Y. .

Positionieren über Werkstück Zustellen auf
Werkstück-Oberkante,

N50 G91 Z-10 Q17 L9

Unterprogrammaufruf, 9 Wiederholungen

N60 Z30

...

Unterprogramm P17:

N1 G2 I5 Z-2 M30

Wurde M30 im Unterprogramm in einem separaten Satz programmiert, würde die Schraubenlinie nicht kontinuierlich abgefahren; M30 würde als Dummy-Satz interpretiert, der nach jedem Umlauf der Schraubenlinie zu einem Stillstand führte.

11.3.6 Vermeidung von Dummysätzen bei Bahnkorrektur

Aktiviert werden Bahnkorrekturen normalerweise mit den Anweisungen G41 - G44, abgewählt mit der Anweisung G40. Soll die An- oder Abwahl einer Bahnkorrektur gleichzeitig mit einem Wechsel der Interpolationsart (z.B. Wechsel G01<->G02) erfolgen, so müßten für den Wechsel der Interpolationsart und die An- bzw. Abwahl der Bahnkorrektur zwei NCSätze programmiert werden, da in einem NC-Satz keine zwei G-Anweisungen stehen dürfen. Die G40-G44-Sätze wären in diesem Fall jedoch Dummy-Sätze.

Dummy-Sätze können in derartigen Fällen jedoch folgendermaßen vermieden werden:

- Die Anweisung zur Aktivierung der Bahnkorrektur wird bereits in einem Satz vor dem Wechsel der Interpolationsart programmiert in Verbindung mit D0 oder der Adresse eines leeren Korrekturwertspeichers. In dem Satz, indem die Bahnkorrektur aktiv werden soll, wird dann lediglich das D-Wort des Korrekturwertspeichers programmiert, der den gewünschten Korrekturwert enthält.
- Abgewählt werden kann die Bahnkorrektur in analoger Weise, indem nicht G40 in einem separaten Satz programmiert wird, sondern im ersten Verfahrersatz, der ohne Bahnkorrektur abgearbeitet werden soll, D0 bzw. D in Verbindung mit der Adresse eines leeren Korrekturwertspeichers programmiert wird.

Beispiel:

N90 G1 X0 Y0 F1000

N100 Y10

N110 G43 D1

Aktivieren der Bahnkorrektur (Dummy-Satz)

N120 G2 X10 I5

Satz, der mit Bahnkorrektur abgearbeitet werden soll.

N130 G40

Abwahl der Bahnkorrektur(Dummy-Satz)

N140 G1 Y0

besser:

...

N90 G1 X0 Y0 F1000

N100 Y10 G43 D0

Aktivieren der Bahnkorrektur mit Korrekturwert 0

N120 G2 X10 I5 D1

Aktivieren Korrekturwert des Korrekturwertspeichers
1

N130 G1 Y0 D0

Aktivieren Korrekturwert 0

11.3.7 Kollisionsfreies Anfahren

Um ein kollisionsfreies Anfahren sicherzustellen, empfiehlt es sich, die aktuellen Achswerte zu lesen.

11.3.8 Konturgenauigkeit (G86)

Ist die Look-Ahead-Funktion aktiv, ist eine Konturgenauigkeit, die mit G86 zusammen mit einem K-Wort programmiert wurde, nur bei einer Kreisinterpolation aktiv (unter Verwendung von G02/G03, G12/G13 bzw. G07); jedoch nicht bei einer Linear- bzw. Splineinterpolation.

Anlage 1 Tabelle der G-Funktionen

| G-Funktion | Bedeutung | Gruppe | Wirkung | Aktiv bei RESET |
|--------------------|--|--------|-----------|-----------------|
| G00 * | Linearinterpolation im Eilgang | 1 | modal | |
| G01 * | Linearinterpolation in programmierter Geschwindigkeit | 1 | modal | ja |
| G02 * | Kreis- oder Helixinterpolation mit Mittelpunktangabe (im Uhrzeigersinn) | 1 | modal | |
| G03 * | Kreis- oder Helixinterpolation mit Mittelpunktangabe (gegen den Uhrzeigersinn) | 1 | modal | |
| G04 * ² | Verweilzeit | | Satzweise | |
| G05 * ² | Spindeldefinition | | Satzweise | |
| G06 * | Splineaktivierung | 1 | modal | |
| G07 * | Tangentialkreisinterpolation | 1 | modal | |
| G08 * | Look Ahead AUS | 7 | modal | ja |
| G09 * | Look Ahead EIN | 7 | modal | |
| G10 * | Dynamische Puffer leeren | | Satzweise | |
| G11 * | Dynamische Puffer füllen | | Satzweise | |
| G12 * | Kreis-, bzw. Helixinterpolation mit Radiusangabe (Uhrzeigersinn) | 1 | modal | |
| G13 * | Kreis-, bzw. Helixinterpolation mit Radiusangabe (gegen den Uhrzeigersinn) | 1 | modal | |
| G14 * | Polarkoordinatenprogrammierung absolut | 3 | modal | |
| G15 * | Polarkoordinatenprogrammierung relativ | 3 | modal | |
| G16 * ² | Definition des Koordinatensystems | | Satzweise | |
| G17 * | Ebenenauswahl X/Y | 12 | modal | ja |
| G18 * | Ebenenauswahl Z/X | 12 | modal | |
| G19 * | Ebenenauswahl Y/Z | 12 | modal | |
| G20 * | Ebenenauswahl programmierbar | 12 | modal | |
| G24 * | Arbeitsfeld der unteren Grenzwerte | | Satzweise | |
| G25 * | Arbeitsfeld der oberen Grenzwerte | | Satzweise | |
| G26 * | Arbeitsfeldgrenze AUS | 9 | modal | |
| G27 * | Arbeitsfeldgrenze EIN | 9 | modal | |
| G33 * | Gewindeschneiden, konstante Steigung | | modal | |
| G34 * | Gewindeschneiden, variable Steigung | | modal | |

| G-Funktion | Bedeutung | Gruppe | Wirkung | Aktiv bei RESET |
|--------------------|---|--------|-----------|-----------------|
| G35 * | Oszillation | | Satzweise | |
| G38 * ² | Programmierbares Spiegeln EIN | 10 | modal | |
| G39 * | Programmierbares Spiegeln AUS | 10 | modal | ja |
| G40 * | Werkzeugradiuskorrektur AUS | 4 | modal | ja |
| G41 * | Werkzeugradiuskorrektur links | 4 | modal | |
| G42 * | Werkzeugradiuskorrektur rechts | 4 | modal | |
| G43 * | Werkzeugradiuskorrektur links mit verändertem Anfahren | 4 | modal | |
| G44 * | Werkzeugradiuskorrektur rechts mit verändertem Anfahren | 4 | modal | |
| G50 * | Skalieren | | modal | |
| G51 | Partrotation in Grad | | modal | ja |
| G52 | Partrotation in Bogenmaß | | modal | |
| G53 * | Nullpunktverschiebung AUS | 11 | modal | |
| G54 | Nullpunktverschiebung 1 EIN | 11 | modal | |
| G55 * | Nullpunktverschiebung 2 EIN | 11 | modal | |
| G56 * | Nullpunktverschiebung 3 EIN | 11 | modal | |
| G57 * | Nullpunktverschiebung 4 EIN | 11 | modal | |
| G58 * | Nullpunktverschiebung 5 EIN | 11 | modal | |
| G59 * | Nullpunktverschiebung 6 EIN | 11 | modal | |
| G63 * | Vorschub-/Spindeloverride EIN | 8 | modal | ja |
| G66 * | Vorschub-/Spindeloverride AUS | 8 | modal | |
| G70 * | Programmierung im Inch-Format | 2 | modal | ja |
| G71 * | Programmierung im metrischen Format | 2 | modal | |
| G72 * | Interpolation ohne Genauhalt | 6 | modal | ja |
| G73 * | Interpolation mit Genauhalt | 6 | modal | |
| G74 * ² | Programmierbares Referenzpunktanfahren | | Satzweise | |
| G78 * | Anstellen an Bahn 2D EIN | | modal | |
| G79 * | Anstellen an Bahn 2D AUS | | modal | |
| G86 * | Eckenbeschleunigung (Konturgenauigkeit) | | Satzweise | |
| G90 * | Absolutmaßprogrammierung | 3 | modal | ja |
| G91 * | Relativmaßprogrammierung | 3 | modal | |
| G92 * ² | Achswert setzen, Drehzahlbegrenzung | | Satzweise | |

| G-Funktion | Bedeutung | Gruppe | Wirkung | Aktiv bei RESET |
|---------------------|---|--------|-----------|-----------------|
| G94 * | Vorschub in mm/min | 5 | modal | ja |
| G95 * | Vorschub in mm/Umdrehungen | 5 | modal | |
| G96 * | Konstante Schnittgeschwindigkeit EIN | 15 | modal | |
| G97 * | Konstante Schnittgeschwindigkeit AUS | 15 | modal | ja |
| G100 * ² | Polar-/Zylindermanteltransformation AUS | | modal | |
| G101 * ² | Polartransformation EIN | | modal | |
| G102 * ² | Zylindermanteltransformation EIN | | modal | |
| G105 * ² | Polartransformation mit alternativen Achsadressen | | modal | |
| G106 * ² | Zylindermanteltransformation EIN mit alternativen Achsadressen | | modal | |
| G110 * ² | Achsauswahl für Leistungssteuerung über Analogausgang | | Satzweise | |
| G111 * | Definition der Spannung 1 (V1) Geschwindigkeit 1 (F1), Zeit 1 (T1) | | Satzweise | |
| G112 * | Definition der Spannung 2 (V2) Geschwindigkeit 2 (F2), Zeit 2 (T2) | | Satzweise | |
| G113 * | Definition der Spannung 3 (V3) Geschwindigkeit 3 (F3), Zeit 3 (T3) | | Satzweise | |
| G114 * | Definition der Zeit 4 (T4) | | Satzweise | |
| G115 * | Definition der Zeit 5(T5) | | Satzweise | |
| G116 * | Definition der Zeit 6 (T6) | | Satzweise | |
| G117 * | Definition der Zeit 7 (T7) | | Satzweise | |

* Im selben NC-Satz sind Verfahrbewegungen programmierbar

*²Im selben NC-Satz sind keine Verfahrbewegungen programmierbar.

Hinweise:

- Die aktuell aktiven G-Anweisungen können über **INFO** im G-Code - Fenster angezeigt werden.
- Obige Liste enthält auch G-Anweisungen, die nur in bestimmten (z.B. technologiespezifischen) Varianten der PA 8000 verfügbar sind.

- Sollte seitens Ihres Werkzeugmaschinenherstellers keine Änderung vorgenommen worden sein, sind bei Grundstellung die in der Tabelle entsprechend gekennzeichneten G-Anweisungen aktiv; eine mögliche andere Voreinstellung geht aus der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers bzw. dem G-Code – Fenster durch die Eingabe von **F12: INFORMATION** nach Anwahl von Grundstellung hervor.

Anlage 2 Tabelle der M-Funktionen

| M-Befehl | Bedeutung |
|---------------------|--|
| M00 * | Programmunterbrechung (unbedingter Halt) |
| M01 * ² | Programmunterbrechung (bedingter Halt) |
| M02 * ² | Programmende |
| M03 * | Spindel Uhrzeigersinn |
| M04 * | Spindel gegen Uhrzeigersinn |
| M05 * | Spindel STOP |
| M19 * | Spindelorientierung |
| M20 * | Oszillation EIN, Stanzen/Nibbeln EIN |
| M21 * | Oszillation AUS |
| M22 * | Nibbeln EIN |
| M25 * | Stanzen mit/ohne Verweilzeit EIN |
| M30 * ² | Programmende |
| M40 * | Automatische Getriebestufenanwahl |
| M41 * | Getriebestufe 1 |
| M42 * | Getriebestufe 2 |
| M43 * | Getriebestufe 3 |
| M44 * | Getriebestufe 4 |
| M45 * | Getriebestufe 5 |
| M46 * | Getriebestufe 6 |
| M70 * | Spline, Anfang und Endkurve 0 |
| M71 * | Spline, Anfang tangential. Endkurve 0 |
| M72 * | Spline, Anfang Kurve 0; Ende tangential |
| M73 * | Spline, Anfang und Ende tangential |
| M80 * | Restweg löschen über Meßtasterfunktion |
| M101 * ³ | Bit 1 löschen |
| ... * ³ | |
| M108 * ³ | Bit 8 löschen |
| M109 * ³ | Alle Bits löschen |
| M111 * ³ | Bit 1 setzen |
| ... * ³ | |
| M118 * ³ | Bit 8 setzen |
| M121 * ³ | Bit 1 pulsieren |
| ... * ³ | |
| M128 | Bit 8 pulsieren |

* : M-Code wird als BCD an PLC übermittelt

*2 : M Code wird nur dann als BCD an PLC übermittelt, wenn die Funkbon wirklich durchgeführt ausgeführt wird.

*3 : M Code wird nicht als BCD an PLC übermittelt

Weitere Ihnen bei der Programmierung zur Verfügung stehende M-Anweisungen schlagen Sie bitte in der Dokumentation Ihres Werkzeugmaschinenherstellers nach.

Hinweis:

- Obige Liste enthält auch M-Codes, die nur in bestimmten (z.B. technologiespezifischen) Varianten der PA 8000 ,verfügbar sind.