

NCT[®] 990T

NCT[®] 100T

Steuerung für Drehmaschinen

Programmieranleitung

Ab SW Version x.060

Hergestellt und entwickelt von: **NCT Automation kft.**

H-1148 Budapest Fogarasi út 7.

✉ Adresse: H-1631 Bp. Pf.: 26

☎ Telefon: +36 (1) 467 63 00

☎ Telefax: + 36 (1) 363 66 05

E-mail: nct@nct.hu

Home Page: www.nct.hu

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	<u>8</u>
1.1 Das Teileprogramm	<u>8</u>
Wort	<u>8</u>
Adressenkette	<u>8</u>
Satz	<u>9</u>
Programmnummer und Programmname	<u>9</u>
Programmumfang, Programmende	<u>9</u>
Programmformat im Speicher	<u>9</u>
Programmformat bei der Kommunikation mit externen Geräten	<u>9</u>
Hauptprogramm und Unterprogramm	<u>10</u>
DNC-Kanal	<u>10</u>
1.2 Grundbegriffe	<u>12</u>
2 Angesteuerte Achsen	<u>16</u>
2.1 Benennung der Achsen	<u>16</u>
2.2 Mass- und Inkrementensystem der Achsen	<u>16</u>
3 Vorbereitungsfunktionen (G-Kodes)	<u>18</u>
4 Die Interpolation	<u>22</u>
4.1 Das Positionieren (G00)	<u>22</u>
4.2 Geradeninterpolation (G01)	<u>22</u>
4.3 Die Kreisinterpolation und die ebene Spiraleninterpolation (G02, G03)	<u>24</u>
4.4 Gewindeschneiden gleichmässiger Gewindesteigungen (G33)	<u>28</u>
4.5 Gewindeschneiden veränderlicher Gewindesteigungen (G34)	<u>29</u>
4.6 Polarkoordinaten-Interpolation (G12.1, G13.1)	<u>30</u>
4.7 Zylinderinterpolation (G7.1)	<u>34</u>
5 Koordinatenangaben	<u>37</u>
5.1 Absolute und inkrementale Programmierung, I-Operator (G90, G91)	<u>37</u>
5.2 Umwandeln Zoll/metrisch (G20, G21)	<u>38</u>
5.3 Angabe und Wertbereich der Koordinaten	<u>38</u>
5.4 Programmieren in Durchmesser oder in Radius	<u>39</u>
5.5 Bedienung der Umdrehung der umlaufenden Achsen	<u>40</u>
6 Der Vorschub	<u>43</u>
6.1 Eilgangsvorschub	<u>43</u>
6.2 Arbeitsvorschub	<u>43</u>
6.2.1 Vorschub pro Minute und pro Umdrehung (G94, G95)	<u>44</u>
6.2.2 Abgrenzung des Arbeitsvorschubes	<u>45</u>
6.3 Beschleunigung/Verzögerung. Inbetrachtung des Vorschubs F	<u>46</u>
6.4 Vorschubsteuernde Funktionen	<u>48</u>
6.4.1 G09: Genauhalt	<u>48</u>
6.4.2 G61: Betriebsart Genauhalt	<u>48</u>
6.4.3 G64: Betriebsart Stetiges Spanen	<u>48</u>
6.4.4 G63: Betriebsart Korrektur- und Stop-Sperre	<u>48</u>

6.4.5 G62: Automatische Vorschubreduzierung bei inneren Ecken	<u>49</u>
6.4.6 Automatische Vorschubreduzierung bei inneren Kreisbögen	<u>50</u>
6.5 Automatische Verzögerung bei Ecken	<u>50</u>
6.6 Beschränkung der Beschleunigungen entlang die Bahn in normaler Richtung bei Kreisbögen	<u>54</u>
7 Die Verweilzeit: G04	<u>55</u>
8 Der Referenzpunkt	<u>56</u>
8.1 Automatisches Referenzpunktfahren (G28)	<u>56</u>
8.2 Positionieren auf die Referenzpunkte 1, 2, 3, 4 (G30)	<u>57</u>
8.3 Automatischer Rückkehr von dem Referenzpunkt (G29)	<u>57</u>
9 Koordinatensysteme, Anwahl der Ebene	<u>59</u>
9.1 Das Maschinen-Koordinatensystem	<u>59</u>
9.1.1 Einstellen des Maschinen-Koordinatensystems	<u>59</u>
9.1.2 Anwählen des Maschinen-Koordinatensystems (G53)	<u>60</u>
9.2 Werkstück-Koordinatensysteme	<u>60</u>
9.2.1 Einstellen der Werkstück-Koordinatensysteme	<u>60</u>
9.2.2 Anwählen des Werkstück-Koordinatensystems: G54, ..., G59	<u>61</u>
9.2.3 Verschieben des Werkstück-Koordinatensystem aus dem Programm	<u>62</u>
9.2.4 Herstellen eines neuen Werkstück-Koordinatensystems (G92)	<u>62</u>
9.3 Das lokale Koordinatensystem (G52)	<u>63</u>
9.4 Anwählen von Ebenen (G17, G18, G19)	<u>65</u>
10 Die Spindelfunktion	<u>67</u>
10.1 Die Spindeldrehzahlbefehl (S-Kode)	<u>67</u>
10.2 Programmierung der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit	<u>67</u>
10.2.1 Angabe der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit (G96, G97)	<u>68</u>
10.2.2 Abgrenzung des Wertes der konstanten Schnittgeschwindigkeit (G92)	<u>68</u>
10.2.3 Achsenbestimmung zur Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit	<u>69</u>
10.3 Rückkoppelung der Spindelposition	<u>69</u>
10.4 Orientierter Spindelstop	<u>69</u>
10.5 Spindelpositionierung (Indexierung)	<u>70</u>
10.6 Überwachung der Schwankung der Hauptspindeldrehzahl (G25, G26)	<u>70</u>
11 Die Werkzeugverwaltung	<u>73</u>
12 Zusatzfunktionen und Hilfsfunktionen	<u>74</u>
12.1 Zusatzfunktionen (M-Kodes)	<u>74</u>
12.2 Hilfsfunktionen (A-, B-, C-Kodes)	<u>75</u>
12.3 Reihenfolge der Durchführung verschiedener Funktionen	<u>75</u>
13 Organisierung des Teileprogrammes	<u>76</u>
13.1 Die Satznummer (N-Adresse)	<u>76</u>
13.2 Bedingte Ausblendsätze (/ -Adresse)	<u>76</u>
13.3 Hauptprogramm und Unterprogramm	<u>76</u>

13.3.1 Aufrufen des Unterprogrammes	76
13.3.2 Rückkehr aus dem Unterprogramm	77
13.3.3 Sprung innerhalb des Hauptprogrammes	79
14 Die Werkzeugkorrektur	80
14.1 Bezugnahme auf Werkzeugkorrektur	80
14.2 Modifizieren der Werkzeugkorrekturwerte von dem Programm aus (G10)	84
14.3 Berücksichtigung der Werkzeuglängenkorrektur	84
14.4 Werkzeugradienkorrektur (G38, G39, G40, G41, G42)	86
14.4.1 Einschalten der Radienkorrektur. Anfahren an die Kontur	90
14.4.2 Eingeschaltete Radienkorrektur. Fahren der Kontur entlang	94
14.4.3 Ausschalten der Werkzeugradienkorrektur. Verlassen der Kontur	97
14.4.4 Richtungswechsel bei der Radienkorrekturberechnung	100
14.4.5 Beibehaltung des Vektors (G38)	102
14.4.6 Programmieren von Bögen an Ecken (G39)	103
14.4.7 Allgemeines über die Anwendung der in der Ebene liegenden Radienkorrektur	104
14.4.8 Störungsprobleme beim Konturfahren. Interferenzprüfung	110
15 Sondertransformationen	114
15.1 Achsenspiegelung bei Doppelrevolvern (G68, G69)	114
15.2 Masstabieren (G50, G51)	115
15.3 Spiegeln (G50.1, G51.1)	116
16 Automatische geometrische Rechnungen	118
16.1 Programmierung von Anfassen und Eckenverrunden	118
16.2 Angabe einer Gerade durch Neigungswinkel	119
16.3 Schnittpunktsrechnungen in der Ebene	121
16.3.1 Schnittpunkt zweier Geraden	121
16.3.2 Schnittpunkt einer Gerade und eines Kreises	123
16.3.3 Schnittpunkt eines Kreises und einer Gerade	125
16.3.4 Schnittpunkt zweier Kreise	127
16.3.5 Verkettung von Schnittpunktsrechnungen	129
17 Drehzyklen	130
17.1 Einfache Zyklen	130
17.1.1 Der Längsdrehzyklus (G77)	130
17.1.2 Der einfache Gewindedrehzyklus (G78)	132
17.1.3 Der Plandrehzyklus (G79)	134
17.1.4 Anwendung der einfachen Zyklen	136
17.2 Mehrfachwiederholungszyklen	137
17.2.1 Schrappzyklus (G71)	137
17.2.2 Stirnschrappzyklus (G72)	142
17.2.3 Musterwiederholungszyklus (G73)	144
17.2.4 Schlichtzyklus (G70)	146
17.2.5 Stirneinstechzyklus (G74)	146
17.2.6 Einstechzyklus (G75)	149
17.2.7 Gewindeschneidezyklus (G76)	150

18 Bohrzyklen	<u>156</u>
18.1 Ausführliche Beschreibung der Bohrzyklen	<u>162</u>
18.1.1 Tiefbohrzyklus mit hoher Geschwindigkeit (G83.1)	<u>162</u>
18.1.2 Bohrzyklus für Linksgewinden (G84.1)	<u>163</u>
18.1.3 Ausdrehen mit automatischer Werkzeugverstellung (G86.1)	<u>164</u>
18.1.4 Ausschalten des Zyklus (G80)	<u>165</u>
18.1.5 Bohrzyklus, Rückzug im Eilgang (G81)	<u>165</u>
18.1.6 Bohrzyklus mit Verweilen, Rückzug im Eilgang (G82)	<u>166</u>
18.1.7 Tiefbohrzyklus (G83)	<u>167</u>
18.1.8 Gewindebohrzyklus (G84)	<u>168</u>
18.1.9 Gewindebohrzyklus ohne Ausgleichsfutter (G84.2, G84.3)	<u>169</u>
18.1.10 Bohrzyklus, Rückzug mit Vorschub (G85)	<u>172</u>
18.1.11 Bohrzyklus, Eilgangsrückzug bei stillstehender Spindel (G86)	<u>173</u>
18.1.12 Bohrzyklus, Handbedienung im Bohrungsgrund/Ausdrehen rückwärts mit automatischer Werkzeu­grückstellung (G87)	<u>174</u>
18.1.13 Bohrzyklus, Handbedienung nach einer Verweilzeit im Bohrungsgrund (G88)	<u>176</u>
18.1.14 Bohrzyklus mit Verweilen im Bohrungsgrund, Rückzug mit Vorschub (G89)	<u>177</u>
18.2 Anmerkungen zur Anwendung der Bohrzyklen	<u>178</u>
19 Das Vieleckdrehen	<u>179</u>
19.1 Wirkungsweise des Vieleckdrehens	<u>179</u>
19.2 Programmieren des Vieleckdrehens (G51.2, G50.2)	<u>180</u>
20 Messfunktionen	<u>182</u>
20.1 Messen beim Löschen des Restweges (G31)	<u>182</u>
20.2 Automatische Werkzeuglängenmessung (G36, G37)	<u>184</u>
21 Sicherheitsfunktionen	<u>185</u>
21.1 Programmierbare Arbeitsraumabgrenzung (G22, G23)	<u>185</u>
21.2 Parametrierter Endschalter	<u>186</u>
21.3 Arbeitsraumüberwachung vor dem Anlassen einer Bewegung	<u>187</u>
22 Kundenmakros	<u>188</u>
22.1 Einfaches Abrufen eines Makros (G65)	<u>188</u>
22.2 Erbliches Aufrufen von Makros	<u>189</u>
22.2.1 Aufrufen eines Makros nach jedem Fahrbefehl (G66)	<u>189</u>
22.2.2 Aufrufen von Makros aus jedem Satz (G66.1)	<u>190</u>
22.3 Aufruf von Kundenmakros durch G-Codes	<u>191</u>
22.4 Aufruf von Kundenmakros durch M-Codes	<u>192</u>
22.5 Aufrufen von Unterprogrammen durch M-Codes	<u>192</u>
22.6 Aufrufen von Unterprogrammen durch T-Codes	<u>193</u>
22.7 Aufrufen von Unterprogrammen durch S-Codes	<u>193</u>
22.8 Aufrufen von Unterprogrammen durch A-, B-, C-Codes	<u>194</u>
22.9 Unterschied zwischen einem Unterprogramm- und einem Makroaufruf	<u>194</u>
22.9.1 Mehrstufiger Aufruf	<u>194</u>
22.10 Format des Kundenmakros	<u>196</u>
22.11 Variablen der Programm­sprache	<u>196</u>

22.11.1	Identifizierung der Variablen	196
22.11.2	Bezugnahme auf eine Variable	196
22.11.3	Leere Variablen	197
22.11.4	Zahlenmässige Darstellung von Variablen	197
22.12	Typen der Variablen	198
22.12.1	Lokale Variablen: #1 - #33	198
22.12.2	Globale Variablen: #100 - #199, #500 - #599	198
22.12.3	Systemvariablen	199
22.13	Anweisungen der Programmiersprache	208
22.13.1	Die wertgebende Anweisung: #i = #j	208
22.13.2	Arithmetische Operationen und Funktionen	208
22.13.3	Bedingte Ausdrücke	212
22.13.4	Unbedingter Sprung	212
22.13.5	Bedingter Sprung	212
22.13.6	Bedingte Anweisung	212
22.13.7	Zyklusorganisation	212
22.13.8	Datenausgabebefehle	215
22.14	NC- und Makroanweisungen	220
22.15	Abarbeitung der Makrosätze	220
22.16	Anzeigen von Makros und Unterprogrammen im Automatikbetrieb	221
22.17	Benutzung der STOP-Taste bei der Abarbeitung einer Makroanweisung	222
Notizen		223
Stichwortverzeichnis		224

18. März 2005

1 Einleitung

1.1 Das Teileprogramm

Ein Teileprogramm ist eine Anzahl von Anweisungen, die die Steuerung interpretieren kann und mit denen die Maschinenfunktionen angesteuert werden können.

Ein Teileprogramm besteht aus Sätzen. Die Sätze werden aus Wörtern gebildet.

Wort: Adresse und Angabe

Ein Wort besteht aus zwei Teilen, aus der Adresse und der Angabe. Die Adresse besteht aus einem oder mehreren Charakteren. Die Angabe ist ein numerischer Wert, die ganze Werte und Dezimalwerte aufnehmen kann. Gewisse Adressen können vorzeichenbehaftet sein, bzw. einen I-Operator erhalten.

Adressenkette:

Adressen	Bedeutung	Grenzwerte
O	Programmnummer	0001 - 9999
/	optioneller Satz	1 -9
N	Satznummer	1 -99999
G	Vorbereitungsfunktion	*
X, Y, Z, U, V, W	Längskoordinaten	I, -, *
A, B, C, H	Winkelkoordinate	I, -, *
R	Kreisradius, Hilfsangabe	I, -, *
I, J, K	Kreismitelpunktcoordinate, Hilfscoordinate	-, *
E	Hilfscoordinate	-, *
F	Vorschub	*
S	Spindeldrehzahl	*
M	Zusatzfunktion	1 - 999
T	Werkzeugnummer/Korrekturnummer	1 - 9999
L	Wiederholungszahl	1 - 9999
P	Hilfsangabe, Verzögerungszeit	-, *
Q	Hilfsangabe	-, *
,C	Fasenbreite	-, *
,R	Abrundungsradius	-, *
,A	Neigungswinkel einer Geraden	-, *
(Anmerkung	

Die Adressen, die in der Spalte Grenzwerte mit einem * bezeichnet sind, können auch Dezimalwerte annehmen.

Für die Adressen, bei denen I und das Minuszeichen ersichtlich ist, kann ein Inkrementaloperator, bzw. das Vorzeichen angegeben werden.

Das Pluszeichen wird nicht angezeigt und nicht gespeichert.

Satz

Ein Satz wird aus Wörtern zusammengesetzt.

Die Wörter werden im Speicher durch den Charakter LF (Line Feed) getrennt. In den Sätzen ist die Benutzung der Satznummer unverbindlich. Damit das Satzende und Satzbeginn getrennt werden können, wird mit dem Satzanfang immer in einer neuen Zeile begonnen und das $>$ Zeichen vorangesetzt. In Sätzen, die länger als eine Zeile sind, werden die nachfolgenden Zeilen um zwei Charaktere eingerückt. Dem Charakter $>$ folgen die Adressen N und / ohne Leerstelle, die solcher Weise gezeichneten Sätze werden auch damit betont.

Im Speicher gibt es keine Leerstelle (Space) zwischen den Wörtern, im Laufe des Anzeigens kommt aber Leerstelle zwischen die Wörter. Wenn der Platz in einer Zeile für ein ganzes Wort nicht genug ist, dann kommt das gegebene Wort in eine neue Zeile.

Programmnummer und Programmname

Ein Programm wird durch die Programmnummer und den Programmnamen identifiziert. Die Anwendung der Programmnummer ist verbindlich, die des Programmnamens nicht.

Die **Adresse der Programmnummer** heisst: O und muss genau mit 4 **Ziffern** gefolgt werden. Der **Programmname** ist eine beliebige Characterserie zwischen beginnenden "(" und abschliessenden ")" Klammern geschrieben. Er kann höchstens 16 Charaktere enthalten.

Die Programmnummer und der Programmname werden durch das Zeichen LF (Line Feed) von den anderen Programmsätzen im Speicher getrennt.

Während einer Programmerstellung werden die Programmnummer und der Programmname in der ersten Zeile stets angezeigt.

Im Hintergrundspeicher können keine Programme unter derselben Programmnummer untergebart werden.

Programmanfang, Programmende

Ein Programm wird mit dem Charakter % begonnen und beendet. Während einer Programmerstellung steht das abschliessende Charakter hinter dem letzten Satz. So kann gesichert werden, dass die bereits abgeschlossenen Sätze gespeichert werden, selbst wenn ein Stromausfall während der Programmerstellung auftritt.

Programmformat im Speicher

Ein im Speicher hintergelegtes Programm ist ein Haufen von ASCII-Charakteren.

Programmformat:

```
%O1234 (PROGRAMMNAME) LF/1N12345G1X0Z...LFG2Z5...LF....LF
...LF
...LF
N1G40...M2LF
%
```

In der obigen Charakterkette werden durch

LF das LF Charakter (Line Feed) und
% das Anfang und das Ende des Programmes

symbolisiert.

Programmformat bei der Kommunikation mit externen Geräten

Das angegebene Format gilt auch bei einer Kommunikation mit externen Geräten.

Hauptprogramm und Unterprogramm

Die Teileprogramme können auf Hauptprogramme und Unterprogramme

unterteilt werden.

Die Bearbeitung eines Werkstückes wird im Hauptprogramm beschrieben. Sollen sich wiederholende Muster an verschiedenen Stellen bearbeitet werden, brauchen diese Programmabschnitte im Hauptprogramm nicht von neuem beschrieben zu werden. Es können Unterprogramme organisiert werden, die aus beliebigen Stellen des Hauptprogrammes, sogar aus Unterprogrammen aufgerufen werden können. Aus einem Unterprogramm kann man ins aufrufende Programm zurückkehren.

DNC-Kanal

Es ist auch möglich, ein Programm in einer äusseren Einheit (z.B. in einem Computer) durchzuführen, ohne es in der Steuerungsmemorie zu speichern. In diesem Fall nimmt die Steuerung das Programm nicht von der Memorie, sondern durch die Oberfläche RS232 von äusserem Datenträger. Diese Verbindung wird DNC-Kanal genannt. Diese Methode ist bei der Durchführung solcher Programme, die wegen ihres Masses in die Steuerungsmemorie nicht hineingehen könnten, äusserst nützlich.

Der DNC-Kanal ist ein protokollgesteuerter Datenübertragungskanal dem Folgenden gemäss:

Steuerung:
Sender:



Wobei die Bedeutung (und der ASCII-Kode) der Mnemoniken das Folgende ist:

BEL (7): Die Steuerung fordert die Senderseite zur Aufnahme der Verbindung auf. Ist ACK innerhalb einer bestimmten Zeit nicht vorhanden, gibt die Steuerung wiederholt BEL aus.

ACK (6): Quittieren.

NAK (21): Falsche Datenübertragung (z.B. Hardware-Fehler in der Leitung oder BCC-Fehler). Die Blockübertragung ist zu wiederholen.

DC1 (17): Die Übertragung des nächsten Blocks soll starten.

DC3 (19): Unterbrechung der Verbindung.

BLOCK:

- Grundsätzlich ist er ein NC-Satz (auch den Satz abschliessender LF) und deren Summe (BCC) in 7 Biten gespeichert als letzter Byte des Satzes (BCC ist 7, der höchste Bit ist in jedem Fall 0). Im Satz kann kein SPACE (32) oder kleinerer Charakter mit ASCII-Kode sein.
- **EOF** (26): (**End Of File**): der Senderfile sendet Endezeichen und damit unterbricht die Verbindung.

Zur DNC-Betriebsart ist der zweite physische Kanal (nur dieser kann als DNC-Kanal angewandt werden) in der Art 8 Bit gerade Parität zu stellen.

Der DNC-Zustand kann an der Steuerung im Automatikbetrieb mit der Funktionstaste DNC ein- und ausgeschaltet werden.

Das vom DNC-Kanal durchgeführte Hauptprogramm kann nur lineare Sekvenz haben. Es bezieht sich auf die eventuell aufgerufenen Unterprogrammen oder Makros nicht, aber diese sollen in der Steuerungsmemorie sein. Wenn von der linearen Sekvenz im Hauptprogramm abgewichen wird (GOTO, DO WHILE), gibt die Steuerung den Fehlerkode 3058 *NICHT IN DNC BETRIEB*.

Wenn die Steuerung BLOCK-Fehler wahrnimmt und mit NAK antwortet, ist BLOCK zu wiederholen.

Die obenangeführte Art ist die sogenannte Textart. In dieser Art ist die Bearbeitung verhältnismässig langsamer, weil der Text interpretiert werden soll und die nötigen Rechnungen sind auch durchzuführen. Im Falle grosses Vorschubs und nacheinander folgender kurzer Bewegungen kann es Verzögerung zur Folge haben. Deshalb kann das Programm mit dem Simulator NCT90M vorherig übersetzt werden und das so entstandene binarische Programm durch den DNC-Kanal durchgeführt werden.

1.2 Grundbegriffe

Die Interpolation

Im Laufe der Bearbeitung kann die Steuerung das Werkzeug einer Geraden, oder einer Kreisbahn entlangführen. Diese Möglichkeit wird Interpolation genannt.
Werkzeugbewegung entlang einer Geraden:

Programm:

```
G01 Z__  
X__ Z__
```

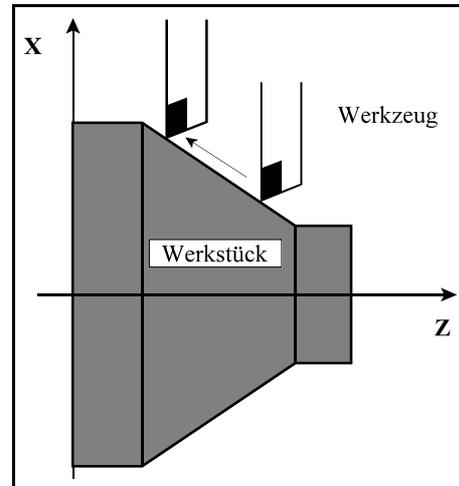


Abb. 1.2-1

Werkzeugbewegung entlang einer Kreisbahn:

Programm:

```
G02 X__ Z__ R__
```

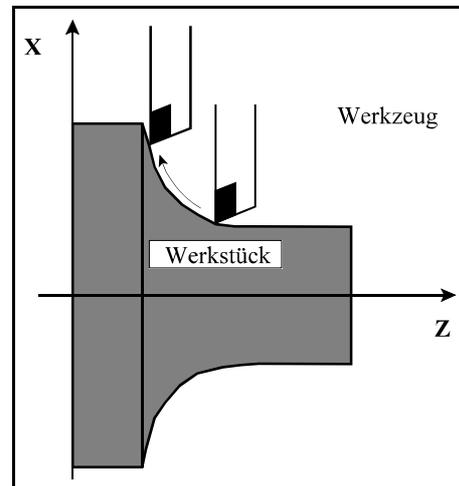


Abb. 1.2-2

Vorbereitungsfunktionen (G-Kodes)

Der Typ einer durch einen Satz durchführbaren Tätigkeit wird mit Hilfe der vorbereitenden Funktionen, anders genannt der G-Kodes beschrieben. Z.B. leitet der G01-Kode eine lineare Interpolation ein.

Vorschub

Die Relativgeschwindigkeit des Werkzeuges zum Werkstück während der Bearbeitung wird Vorschub genannt. In einem Programm kann der gewünschte Vorschub durch einen Zahlenwert unter der F-Adresse angegeben werden. F2 bedeutet z.B. 2 mm/Umdrehung.

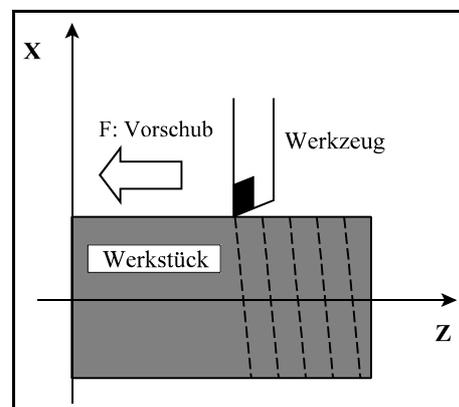


Abb. 1.2-3

Referenzpunkt

Der Referenzpunkt ist ein fester Punkt auf der Werkzeugmaschine. Nach Einschalten der Maschine müssen die Schlitten den Referenzpunkt anfahren. Nach erfolgtem Referenzpunktfahren kann die Steuerung auch Absolutkoordinaten interpretieren.

Koordinatensystem

Die auf der Teilezeichnung angegebenen Abmessungen beziehen sich auf einen bestimmten Punkt des Werkstückes. Dieser Punkt ist der Nullpunkt des Werkstück-Koordinatensystems. Im Teileprogramm sind diese Massangaben für die Koordinatenadressen eingeschrieben werden. Z.B.: X150 Z-100 bedeutet den Koordinatenpunkt 150 und -100 des Werkstück-Koordinatensystems in Richtung X und Z.

Damit die Steuerung die programmierten Koordinatendaten interpretieren kann, ist der Abstand zwischen dem Referenzpunkt und dem Werkstück-nullpunkts anzugeben. Es erfolgt durch das Bemessen des Werkstücknullpunkts.

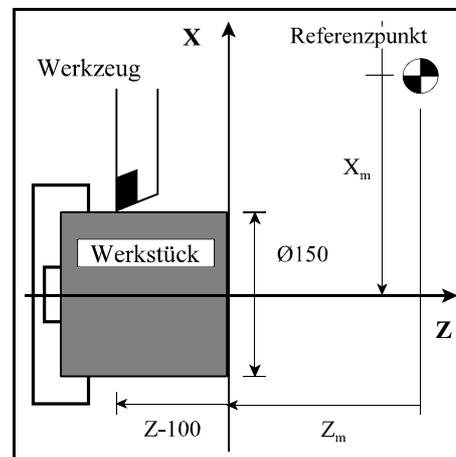


Abb. 1.2-4

Absolute Koordinatenangabe

Bei einer absoluten Koordinatenangabe bewegt sich das Werkzeug bis zu einer vom Origo des Koordinatensystems berechneten Entfernung, also auf den auf der Koordinate angegebenen Punkt.

Der Kode einer absoluten Weginformation ist G90. Durch die Anweisungszeile

```
G90 X200 Z150
```

wird das Werkzeug auf den Punkt der oben angegebenen Position bewegt unabhängig davon, wo es sich vor der Ausgabe des Befehls befindet hat.

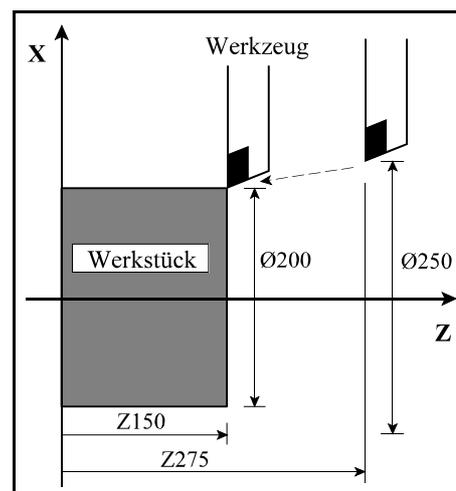


Abb. 1.2-5

Inkrementelle Koordinatenangabe

Bei einer inkrementellen Koordinatenangabe interpretiert die Steuerung die Koordinatenangabe so, dass das Werkzeug auf eine von der momentanen Position berechnete Entfernung bewegt wird:

U-50 W-125

Der Kode einer inkrementellen Koordinateangabe heisst G91. Der Kode G91 bezieht sich auf alle Koordinatenwerte. Die obige Anweisungszeile kann auch durch die Anweisungszeile

G91 X-50 Z-125

ausgedrückt werden.

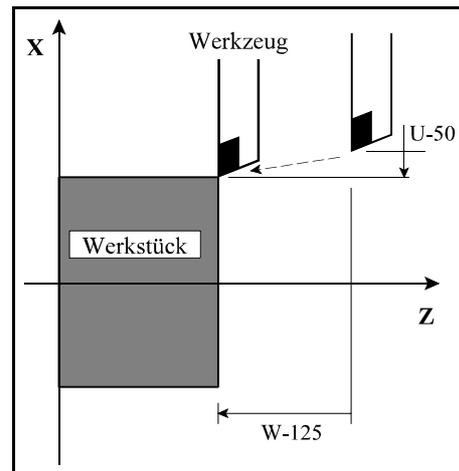


Abb. 1.2-6

Programmieren in Durchmesser

Die Abmessung in Richtung X kann aufgrund der Parametereinstellung auch in Durchmesser programmiert werden.

Erbliche (modale) Funktionen

Bei dieser Programmiersprache wird die Wirkung gewisser Anweisungen, oder ihrer Wert solange geerbt, bis kein Befehl entgegengesetzten Sinnes, oder kein anderer Wert für die entsprechende Funktion ausgegeben wird. Im Programmteil

```
N15 G90 G1 X20 Z30 F0,2  
N16 X30  
N17 Z100
```

werden z.B. die Zustände G90 (absolute Angabe) und G1 (Geradeninterpolation), bzw. der Wert von F (Vorschub) von den Sätzen N16 und N17 geerbt, so brauchen diese Funktionen nicht satzweise angegeben zu werden.

Nichterbliche Funktionen

Die Wirkungen gewisser Funktionen, oder der Wert gewisser Angaben sind nur im gegebenen Satz wirksam. Diese Funktionen sind nichterbliche Funktionen.

Spindeldrehzahl

Die Spindeldrehzahl kann unter der S-Adresse, die auch S-Funktion genannt wird, angegeben werden. Die Anweisung S1500 besagt, dass sich die Spindel mit einer Drehzahl von 1500 pro Minute dreht.

Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit

Die Steuerung ändert die Spindeldrehzahl abhängig von dem Durchmesser automatisch so, damit die Geschwindigkeit der Werkzeugspitze im Vergleich zur Werkstückoberfläche konstant ist. Es wird die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit genannt.

Werkzeugnummer

Im Laufe der Bearbeitung sind verschiedene spanende Operationen mit unterschiedlichen Werkzeugen durchzuführen. Die Werkzeuge sind durch Nummern verunterschieden. Ein Bezugnahme auf die Werkzeuge erfolgt durch den T-Kode. Die erste zwei Ziffern des T-Kodes sind der Kode des Werkzeugs (d.h. in der wievielten Position ist es im Revolver). Die zweite zwei Ziffern des T-Kodes sind aber die Nummer der zum ausgewählten Werkzeug gehörenden Korrekturgruppe.

Die Anweisung

T0212

im Programm bedeutet, dass das Werkzeug 02 gewählt wurde und dem die Korrekturgruppe 12 zugeordnet wurde.

Zusatzfunktionen

Im Laufe der Bearbeitung sind eine Anzahl von Ein- und Ausschaltoperationen erforderlich, z.B. sind die Spindel anzulassen, oder das Kühlmittel anzuschalten. Diese Operationen sind durch die M-Funktionen möglich. In der Anweisungszeile

M3 M8

bedeutet z.B. M3 die Spindeldrehung im Uhrzeigersinn, M8 aber die Zuschaltung des Kühlmittels.

Längenkorrektur

Die verschiedenen Operationen werden mit Werkzeugen unterschiedlicher Längen durchgeführt. Bei einer Serienfertigung müssen auch dieselben Operationen mit unterschiedlich langen Werkzeugen, u.a. infolge von Werkzeugbrüchen verrichtet werden. Damit die im Teileprogramm beschriebenen Bewegungen von der Werkzeuglänge, bzw. der Auskrägung unabhängig werden, müssen die Werkzeuglängen der Steuerung mitgeteilt werden. Dazu ist die Länge der Werkzeuge zu bemessen. Wenn die Werkzeugspitze auf den angegebenen Punkt bewegt werden soll, muss der Wert der Längenangabe, der im Laufe des Bemessens angegeben wurde, aufgerufen werden. Es erfolgt in den zweiten zwei Ziffern des T-Kodes. Von nun an führt die Steuerung die Werkzeugspitze auf den angegebenen Punkt.

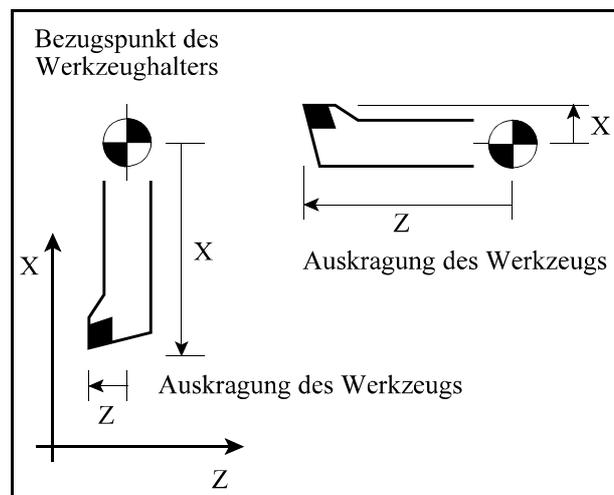


Abb. 1.2-7

Radienkorrektur

Wenn das Werkzeug im Falle des Drehens einer Kontur nicht zu den Achsen parallelen Bewegung durchführt, ergibt sich genaue Abmessung, wenn nicht die Werkzeugspitze an der Kontur geführt wird, sondern der Mittelpunkt des Werkzeugradius wird senkrecht zur Kontur, von Abstand von Radius (r) geführt. Im dessen Interesse, dass im Programm nicht die Mittelpunktbahn unter Inbetrachtung der Werkzeugradien, sondern die effektive Werkstückkontur beschrieben werden kann, ist eine Radienkorrektur einzuführen. Der Werkzeugradius ist im Programm in der unter T-Adresse aufgerufenen Korrekturgruppe anzugeben.

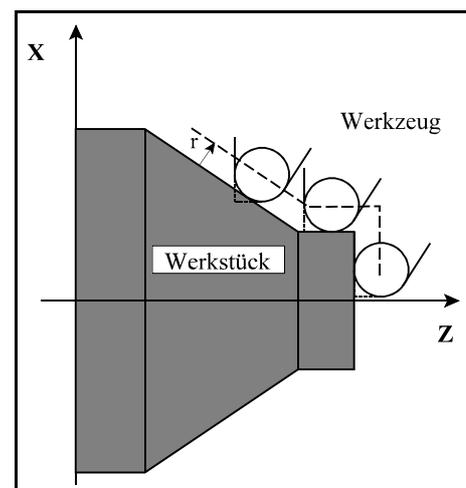


Abb. 1.2-8

2 Angesteuerte Achsen

Anzahl Achsen in Grundauführung	2 Achsen
Anzahl ergänzender Achsen	6 Achsen (insgesamt 8 Achsen)
Anzahl gleichzeitig bewegbarer Achsen	8 Achsen (mit Geradeninterpolation)

2.1 Benennung der Achsen

Die Benennung der gesteuerten Achsen kann im Parameterspeicher definiert werden. Hier kann bestimmt werden, ob welche physikalische Achse unter welcher Adresse bewegt wird.

Die Achsnamen in Grundauführung sind: X und Z.

Die Benennung der ergänzenden Achsen ist vom Typ der Achse abhängig.

Die möglichen Benennungen der ergänzenden linearen Achsen sind: Y, U, V und W. Liegen die Achsen U, V, W zu einer Hauptrichtung parallel, so ist die zur X-Achse parallel liegende ergänzende Achse die U-Achse, die zur Y parallel liegende Achse heisst V und die zur Z parallel liegende Achse ist die W-Achse.

Die Namen der rotierenden Achsen sind: A, B und C. Der Name der zur X-Richtung parallel liegenden Drehachse heisst A, der zur Y parallel liegende Achse heisst B und zur Z parallel liegenden Achse ist die C-Achse.

Wenn Polarkoordinaten- oder Zylinderkoordinateninterpolation angewandt wird, ist der Name der Spindelachse C. Wenn es keine Achse mit Namen U, V, oder W an der Maschine gibt, kann eine inkrementale Bewegung in Richtung X, Y, Z in dieser Reihenfolge unter den aufgezählten Adressen angegeben werden. Im Falle einer inkrementalen Bewegung in Richtung C kann die H-Adresse angewandt werden.

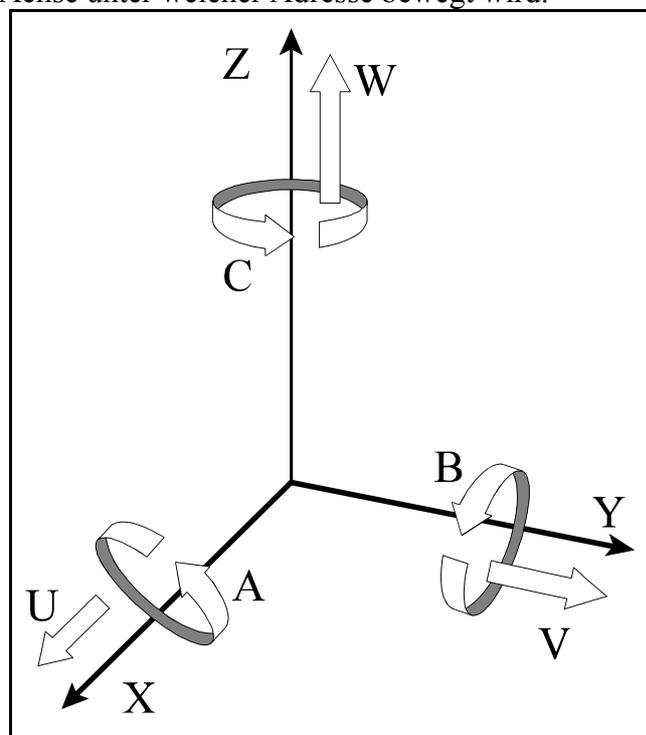


Abb. 2.1-1

2.2 Mass- und Inkrementensystem der Achsen

Koordinatangaben können bis zu 8 Ziffern angegeben werden. Diese Daten können vorzeichenbehaftet sein. Das Pluszeichen wird nicht ausgeschrieben.

Die Daten der eingehenden Längskoordinaten können in mm, oder in Zoll angegeben werden. Das ist das Input-Masssystem. Das Input Masssystem kann im Programm angewählt werden.

Die an der Maschine angebrachten Wegmesssysteme können die Positionen in mm, oder in Zoll aufnehmen. Das Wegmesssystem bestimmt das ausgehende, oder Output-Masssystem, das der Steuerung parametrisiert angegeben werden muss. Innerhalb einer Maschine können die Masssysteme

nicht gemischt angewandt werden.

Sind das Input- und Output-Masssystem unterschiedlich, erfolgt das Umschalten durch die Steuerung automatisch.

Das Masssystem der Drehachsen ist immer der Winkelgrad.

Die kleinste angebbare Abmessung ist als **Input-Inkrementensystem** der Steuerung betrachtet. Dieses Input-Inkrementensystem der Steuerung kann durch einen Parameter angewählt werden. Es kann aus drei Systemen gewählt werden: IS-A, IS-B und IS-C. Auf der selben Maschine können die Inkrementensysteme nicht gemischt angewandt werden.

Nach erfolgter Verarbeitung der Eingangsdaten gibt die Steuerung Weginformationen für die Achsbewegungen aus. Die Auflösung dieser Daten entspricht immer dem Zweifachen des Input-Inkrementensystems. Das ist das **Output-Inkrementensystem** der Steuerung.

Also das Input-Inkrementensystem der Steuerung wird durch die Auflösung der Wegmesssysteme bestimmt.

Inkrementensystem	Kleinste eingebbare Abmessung	Grösste eingebbare Abmessung
IS-A	0.01 mm	999999.99 mm
	0.001 Zoll	99999.999 Zoll
	0.01 Grad	999999.99 Grad
IS-B	0.001 mm	99999.999 mm
	0.0001 Zoll	9999.9999 Zoll
	0.001 Grad	99999.999 Grad
IS-C	0.0001 mm	9999.9999 mm
	0.00001 Zoll	999.99999 Zoll
	0.0001 Grad	9999.9999 Grad

Die Steuerung kann die Koordinatendaten der X-Achse auch in Durchmesser interpretieren, wenn der Parameter 4762 DIAM gleich 1 ist. Die Grenzwerte in der obigen Tabelle sind in diesem Fall in Durchmesser zu verstehen, ihre Grösse sind unverändert.

3 Vorbereitungsfunktionen (G-Kodes)

Der Typ eines Befehls wird im gegebenen Satz durch die G-Adresse und der darauffolgenden Zahl bestimmt.

Die durch die Steuerung interpretierten G-Kodes, deren Funktionen und Gruppierung sind in der folgenden Tabelle enthalten.

G-Kode	Gruppe	Funktion	Seite
G00*	01	Positionieren	<u>22</u>
G01*		Geradeninterpolation	<u>22</u>
G02		Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn	<u>24</u>
G03		Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn	
G04	00	Verweilzeit	<u>55</u>
G05.1		Einstellung der Betriebsart mehrfacher Vorbearbeitung	
G07.1		Zylinderinterpolation	<u>34</u>
G09		Genauhalt im gegebenen Satz	<u>48</u>
G10		programmierte Dateneingabe	<u>62, 84</u>
G11		Sperre der programmierten Dateneingabe	
G12.1	26	Polarkoordinaten-Interpolation ein	<u>30</u>
G13.1*		Polarkoordinaten-Interpolation aus	
G17*	2	Anwahl der $X_p Y_p$ -Ebene	<u>65</u>
G18*		Anwahl der $Z_p X_p$ -Ebene	
G19		Anwahl der $Y_p Z_p$ -Ebene	
G20	06	Dateneingabe in Zoll	<u>38</u>
G21		Dateneingabe in mm	
G22*	4	Einschalten der Arbeitsraumabgrenzung	<u>185</u>
G23		Ausschalten der Arbeitsraumabgrenzung	
G25	8	Ausschalten der Schwankungsüberwachung der Hauptspindeldrehzahl	<u>70</u>
G26		Einschalten der Schwankungsüberwachung der Hauptspindeldrehzahl	
G28	0	programmiertes Referenzpunktanfahren	<u>56</u>
G29		Rückkehr vom Referenzpunkt	<u>57</u>
G30		Ersten, zweiten, dritten u. vierten Referenzpunkt anfahren	<u>57</u>
G31		Messen bei Löschen des Restweges	<u>182</u>
G33	1	Gewindeschneiden	<u>28</u>
G34		Gewindeschneiden veränderlicher Gewindesteigung	<u>29</u>

G-Kode	Gruppe	Funktion	Seite
G36	0	Automatische Werkzeuglängenabmessung in Richtung X	<u>184</u>
G37		Automatische Werkzeuglängenvermessung in Richtung Z	<u>184</u>
G38		Beibehalten des Radiankorrekturvektors	<u>102</u>
G39		Eckabrundung mit Radiankorrektur	<u>103</u>
G40*	7	Ausschalten der Werkzeuggradientkorrektur-Berechnung	<u>97</u>
G41		Werkzeuggradientkorrektur-Berechnung von links	<u>90</u>
G42		Werkzeuggradientkorrektur-Berechnung von rechts	
G50*	11	Masstabieren ausschalten	<u>115</u>
G51		Masstabieren	
G50.1*	18	Spiegeln ausschalten	<u>116</u>
G51.1		Spiegeln einschalten	
G51.2	20	Vieleckdrehen ein	<u>180</u>
G50.2		Vieleckdrehen aus	
G52	0	Koordinatenverschiebung	<u>63</u>
G53		Positionieren im Maschinen-Koordinatensystem	<u>60</u>
G54*	14	Anwahl des Werkstück-Koordinatensystems 1	<u>61</u>
G55		Anwahl des Werkstück-Koordinatensystems 2	
G56		Anwahl des Werkstück-Koordinatensystems 3	
G57		Anwahl des Werkstück-Koordinatensystems 4	
G58		Anwahl des Werkstück-Koordinatensystems 5	
G59		Anwahl des Werkstück-Koordinatensystems 6	
G61	15	Betriebsart Genauhalt	<u>48</u>
G62		Vorschubreduzierung bei Ecken	<u>49</u>
G63		Override-Sperre	<u>48</u>
G64*		kontinuierliches Spanen	<u>48</u>
G65	00	Einfaches Abrufen eines Makros	<u>188</u>
G66	12	Aufrufen eines Makros nach jedem Fahrbefehl	<u>189</u>
G66.1		Aufrufen von Makros aus jedem Satz	<u>190</u>
G67		Löschbefehl	<u>189</u>
G68	16	Spiegeln um Doppelwerkzeughalter einschalten	<u>114</u>
G69*		Spiegeln um Doppelwerkzeughalter ausschalten	
G70	0	Schlichtzyklus	<u>146</u>
G71		Schruppsyklus	<u>137</u>

3 Vorbereitungsfunktionen (G-Kodes)

G-Kode	Gruppe	Funktion	Seite
G72		Planschruppzyklus	<u>142</u>
G73		Musterwiederholungszyklus	<u>144</u>
G74		Stirneinstechzyklus	<u>146</u>
G75		Einstechzyklus	<u>149</u>
G76		Gewindeschneidezyklus	<u>150</u>
G77		Längsdrehzyklus	<u>130</u>
G78	1	Einfacher Gewindeschneidzyklus	<u>132</u>
G79		Plandrehzyklus	<u>134</u>
G80*		Ausschalten des Zykluszustandes	<u>165</u>
G81		Bohrzyklus, Rückzug im Eilgang	<u>165</u>
G82		Bohrzyklus mit Verzögerung, Rückzug im Eilgang	<u>166</u>
G83		Tiefbohrzyklus	<u>167</u>
G83.1		Tiefbohrzyklus mit grosser Geschwindigkeit	<u>162</u>
G84		Gewindesbohrzyklus	<u>168</u>
G84.1		Linksgewindebohrzyklus	<u>163</u>
G84.2	9	Rechtsgewindebohrzyklus ohne Ausgleichsfutter	<u>169</u>
G84.3		Linksgewindebohrzyklus ohne Ausgleichsfutter	<u>169</u>
G85		Bohrzyklus, Rückzug mit Vorschubgeschwindigkeit	<u>172</u>
G86		Bohrzyklus, Eilgangrückzug bei stillstehender Spindel	<u>173</u>
G86.1		Ausdrehung mit automatischem Rückzug	<u>164</u>
G87		Ausdrehen rückwärts, Rückzug automatisch/manuell	<u>174</u>
G88		Bohrzyklus, manuelle Betätigung im Tiefpunkt	<u>176</u>
G89		Bohrzyklus mit Verzögerung, Vorschubrückzug	<u>177</u>
G90*	03	Massangabe absolut	<u>37</u>
G91*		Massangabe inkremental	
G92	00	Einrichten des Koordinatensystems	<u>62</u>
G94*	05	Vorschub pro Minute	<u>44</u>
G95*		Vorschub pro Umdrehung	
G96	13	Einschalten der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit	<u>68</u>
G97*		Ausschalten der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit	
G98*	10	Rückkehr im Bohrzyklus auf den Ausgangspunkt	<u>157</u>
G99		Rückkehr im Bohrzyklus auf R (Annäherungspunkt)	

☞ *Anmerkung*

- Innerhalb einer Gruppe bedeuten die mit * bezeichneten G-Kodes den Zustand, der die Steuerung nach dem Einschalten annimmt.
- Gibt es in einer Gruppe mehrere Kodes mit * bezeichnet, kann mit einem Parameter ausgewählt werden, welche davon nach dem Einschalten wirksam werden sollen. Diese sind: G00, G01; G17, G18; G43, G44, G49; G90, G91; G94, G95.
- Aus G20 und G21 wird beim Einschalten wirksam, der beim Ausschalten eingestellt worden war.
- Die Grundinterpretation nach Einschalten des Befehls G05.1 kann auf Parameter MULBUF angegeben werden.
- Die G-Kodes der Gruppe 00 werden nicht weitergeerbt, alle anderen sind erblich.
- In einem Satz können mehrere G-Kodes mit der Voraussetzung geschrieben werden, dass nur je eine Funktion aus der selben Gruppe angegeben werden kann.
- Die Bezugnahme auf einen illegalen G-Kode, oder die Angabe mehrerer G-Kodes derselben Gruppe löst die Fehleranzeige 3005 ILLEGALER G-KODE aus.

4 Die Interpolation

4.1 Das Positionieren (G00)

Die Anweisungszeile

G00 v

bezieht sich auf das Positionieren im aktuellen Koordinatensystem.

Das Positionieren erfolgt auf den Koordinatenpunkt v. Hier (und im Weiteren) bezieht sich die Bezeichnung v auf alle gesteuerte Achsen der gegebenen Werkzeugmaschine. (Diese können X, Y, Z, U, V, W, A, B, C sein). Zum Beispiel:

G00 X (U) ___ Z (W) ___

wobei sich X, Y auf die absolute Massangabe, U, W auf die inkrementale Massangabe bezieht (wenn U, W nicht als Achse bestimmt ist).

Das Positionieren erfolgt bei gleichzeitiger Bewegung aller im Satz angegebenen Achsen, entlang einer Geraden. Die Koordinaten können absolut, oder inkremental sein.

Die Positioniergeschwindigkeit kann aus dem Programm nicht eingestellt werden, sie ist ein vom Werkzeugmaschinenhersteller in einem Parameter festgestellter je Achse unterschiedlicher Wert. Bei gleichzeitiger Bewegung mehrerer Achsen errechnet die Steuerung die resultierende Geschwindigkeit so, dass das Positionieren binnen einer optimalen Zeit erfolgt und die Geschwindigkeit den Wert der für die jeweiligen Achse eingestellten Geschwindigkeit in keiner Achse übertritt.

Bei der Abarbeitung der Anweisung G00 führt die Steuerung lineare Beschleunigung am Bewegungsanfang und lineare Verzögerung am Bewegungsende in jedem Fall durch. Bei Beenden der Bewegung überprüft die Steuerung das Signal "in Position", wenn der Parameter des Parameterfeldes *POSHECK* gleich 1, wenn er 0 ist, erfolgt keine Kontrolle. Die Steuerung wartet 5 Sekunden auf das Signal "in Position". Steht das Signal binnen dieser Zeit nicht an, sendet die Steuerung die Fehleranzeige *1020 POSITIONSFehler*. Die von der Position gemessene grösste, noch annehmbare Abweichung kann im Parameter *INPOS* angegeben werden.

G00 ist ein erblicher Code, er ist wirksam, solange er von einem anderen Interpolationsbefehl nicht überschrieben wird. Entsprechend dem in der Parametergruppe *CODES* festgelegten Wert sind die Codes G00, oder G01 beim Einschalten wirksam.

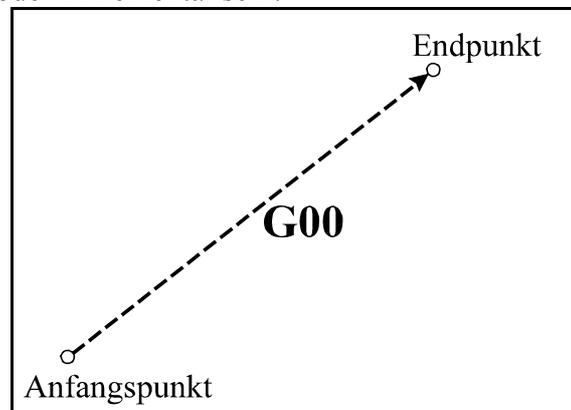


Abb. 4.1-1

4.2 Geradeninterpolation (G01)

Die Anweisungszeile

G01 v F

stellt eine lineare Interpolation ein. Die für die v-Adresse eingeschriebenen Daten können absolut, oder inkremental sein und sie werden im aktuellen Koordinatensystem interpretiert. Die Vorschubgeschwindigkeit kann unter der F-Adresse programmiert werden.

Der unter der F-Adresse programmierte Vorschub erfolgt immer entlang der programmierten

Bahn. Ihre Achskomponenten sind:
Vorschub entlang der X-Achse:

$$F_x = \frac{x}{L} F$$

Vorschub entlang der Z-Achse:

$$F_z = \frac{z}{L} F$$

wobei x, z die entlang den entsprechenden Achsen programmierten Weglängen sind.

L ist die programmierte Weglänge:

$$L = \sqrt{x^2 + z^2}$$

G01 X192 Z120 F0,15

Entlang einer Drehachse ist der Vorschub in $^\circ/\text{min}$ dimensioniert. Im Satz

G01 C270 F120

bedeutet F120: $120^\circ/\text{min}$.

Im dem Fall, wenn die Bewegungen einer Drehachse und einer linearen Achse durch die Geradeninterpolation zusammengezogen werden, werden die Vorschubkomponenten laut den obigen Formeln aufgeteilt.

Z.B. im Satz

G91 G01 Z100 C45 F120

sind die Vorschubkomponenten der Richtung Z, bzw. C die Folgenden:

Vorschub entlang der Z-Achse:

$$F_z = \frac{100}{\sqrt{100^2 + 45^2}} 120 = 109.4 \quad \text{mm/min}$$

Vorschub entlang der C-Achse:

$$F_c = \frac{45}{\sqrt{100^2 + 45^2}} 120 = 49.2 \quad ^\circ/\text{min}$$

G01 ist ein erblicher Code, der wirksam ist, solange er von einem anderen Interpolationsbefehl nicht überschrieben wird. Entsprechend dem in der Parametergruppe CODES des Parameterfeldes sind G00, oder G01 nach dem Einschalten der Steuerung wirksam.

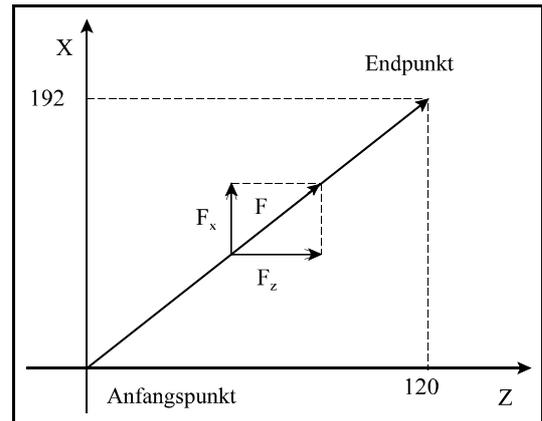


Abb. 4.2-1

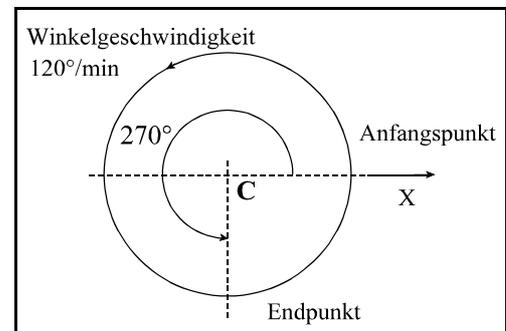


Abb. 4.2-2

4.3 Die Kreisinterpolation und die ebene Spiraleninterpolation (G02, G03)

In der Anweisungszeilen

$$G17 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_p Y_p \left\{ \begin{matrix} R \\ I J \end{matrix} \right\} F$$

$$G18 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_p Z_p \left\{ \begin{matrix} R \\ I K \end{matrix} \right\} F$$

$$G19 \left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} Y_p Z_p \left\{ \begin{matrix} R \\ J K \end{matrix} \right\} F$$

ist eine Kreisinterpolation vorgeschrieben.

Die Kreisinterpolation erfolgt in der durch die Befehle G17, G18, G19 angewählter Ebene, im Uhrzeigersinn (bei der Eingabe von G02), oder im Gegenuhrzeigersinn (bei der Eingabe von G03).

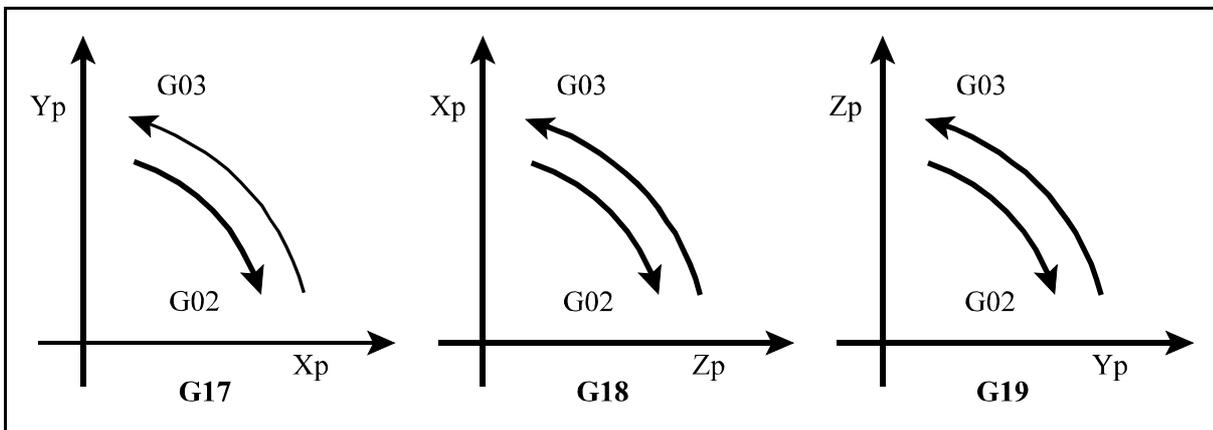


Abb. 4.3-1

Die obige Abbildung stellt die Kreisrichtungen in der Ebene G18 im rechtsdrehenden Koordinatensystem dar. Wenn das Koordinatensystem der Drehmaschine wegen der Anordnung des Werkzeughalters linksdrehend ist, dreht sich die Interpretation der Kreisrichtungen um.

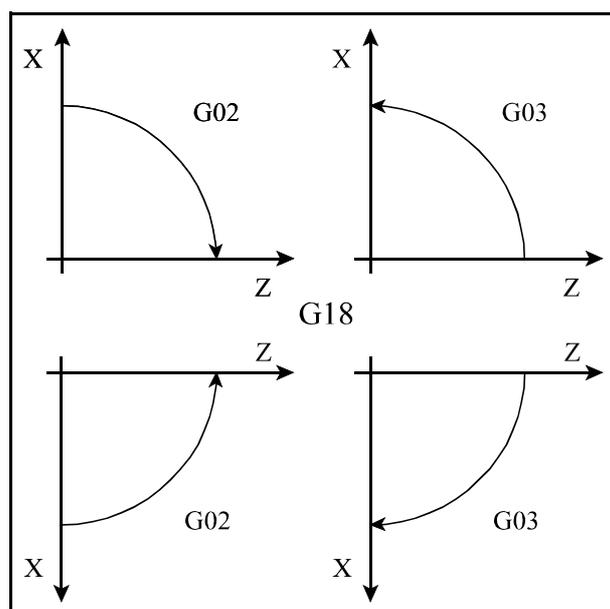


Abb. 4.3-2

X_p , Y_p , Z_p bedeuten hier und im Weiteren:

X_p : X-Achse, oder eine dazu parallel liegende Achse,

Y_p : Y-Achse, oder eine dazu parallel liegende Achse,

Z_p : Z-Achse, oder eine dazu parallel liegende Achse,

X_p , Y_p , Z_p sind die Koordinaten des Endpunktes des Kreises im gegebenen Koordinatensystem, die absolut, oder inkremental angegeben sind.

Wenn die Adressen U, V, W als keine Achse bestimmt sind, dann bezeichnen sie die inkrementalen Koordinaten des Kreismittelpunktes in Richtung X, Y, Z.

Die weiteren Daten eines Kreises können auf zweierlei Arten eingegeben werden:

Fall 1:

Unter der R-Adresse, wobei R der Kreisradius ist. In diesem Fall errechnet die Steuerung die Kreismittelpunktkoordinaten aus den Koordinaten des Anfangspunktes (Position, in der sich die Steuerung im Moment des Einlesens des Kreissatzes befindet), aus denen des Endpunktes (dem unter X_p , Y_p , Z_p definierten Wert) und aus dem programmierten Kreisradius automatisch. Da der Umlaufrichtung entsprechend (G02 oder G03) können zwei unterschiedliche Kreisbögen des Radius R zwischen dem Anfangs- und dem Endpunkt gezogen werden, fährt die Steuerung entlang einem von 180° kleineren Bogen, wenn für R ein negativer Wert angegeben wird, bzw. entlang einem vom 180° grösseren Bogen, bei Angabe eines positiven Wertes. Z.B.:

Bogenstrecke 1 : G02 X80 Z50 R40

Bogenstrecke 2 : G02 X80 Z50 R-40

Bogenstrecke 3 : G03 X80 Z50 R40

Bogenstrecke 4 : G03 X80 Z50 R-40

Fall 2:

Für die X_p -, Y_p - und Z_p -Achsen wird der Kreismittelpunkt unter den I-, J- und K-Adressen angegeben. Die Steuerung interpretiert diese Angaben stets inkremental und zwar so, dass der durch I, J und K definierte Vektor gegen den Kreismittelpunkt zeigt. Der I-Wert ist immer in Radius anzugeben, auch in dem Fall, wenn die X-Koordinate auf Durchmesser eingestellt ist. Z.B.:

bei G17: G03 X10 Y70 I-50 J-20 (X in Radius programmiert)

bei G18: G03 X70 Z10 I-20 K-50 (X in Radius programmiert)

bei G19: G03 Y10 Z70 J-50 K-20

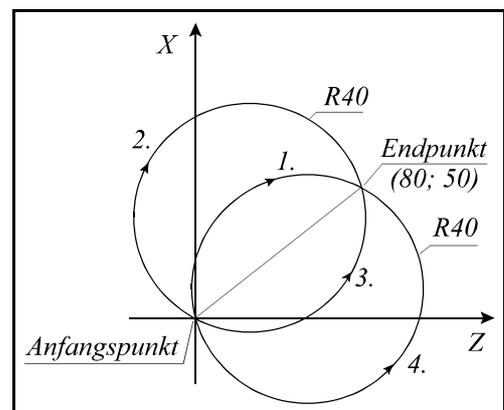


Abb. 4.3-3

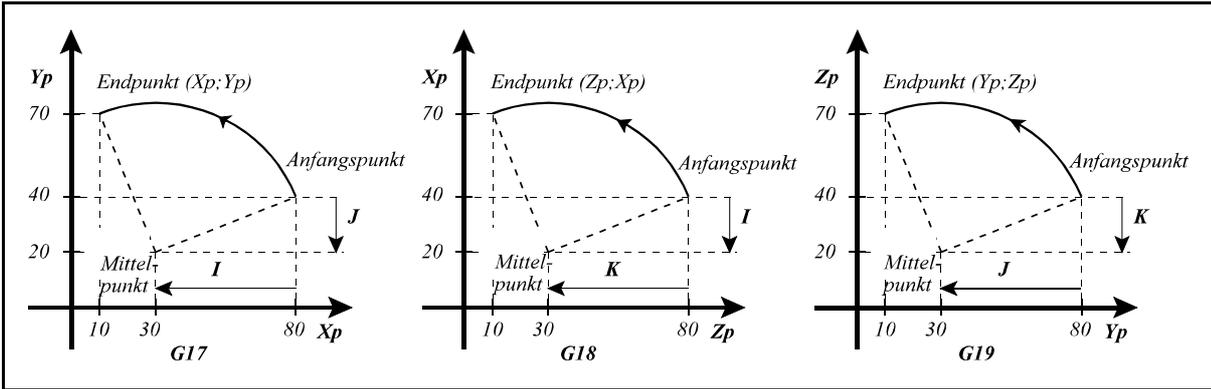


Abb. 4.3-4

Unter der F-Adresse kann die tangentielle Bahngeschwindigkeit, die der gesamten Bahn entlang stetig ist, programmiert werden.

Anmerkungen:

- I0, J0, K0 sind vernachlässigbar, z.B. G03 X0 Z100 I-100
- Wenn Xp, Yp, Zp alle weggelassen werden, oder die Koordinate des Endpunktes mit der des Anfangspunktes übereinstimmt, gibt es zwei Fälle:
 - a. Werden die Mittelpunktkoordinaten des Kreises unter I, J, K programmiert, interpoliert die Steuerung einen Vollkreis von 360° (z.B. G03 I-100).
 - b. Beim Programmieren des Radius R zeigt die Steuerung den Fehlercode 3012 FALSCHER KREISANWEISUNG R an.
- Die Steuerung zeigt den Fehlercode 3014 FALSCHER KREISANWEISUNG an, wenn der Kreissatz
 - a. weder Radius (R), noch I, J, K enthält, oder
 - b. eine Bezugnahme auf die I-, J-, K-Adressen ausserhalb der angewählten Ebene erfolgt. Z.B.: G03 X0 Y100, oder (G18) G02 X0 Z100 J-100.
- Ist der Differenz zwischen den Radien des Anfangs-, bzw. Endpunktes des im G02-, G03-Satz bestimmten Kreises grösser, als der im Parameter RADDIF bestimmter Wert, zeigt die Steuerung den Fehlercode 3011 KREISRADIUSDIFFERENZ an.

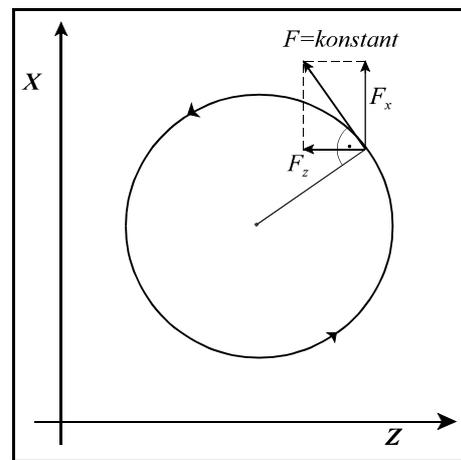


Abb. 4.3-5

Ist die Differenz der Radien kleiner, als der im genannten Parameter angegebene Wert, führt die Steuerung das Werkzeug entlang einer spiralen Bahn, deren Radius sich abhängig von dem Zentralwinkel linear ändert.

Beim Interpolieren eines Kreises änderlichen Radius bleibt nicht die Bahngeschwindigkeit, son-

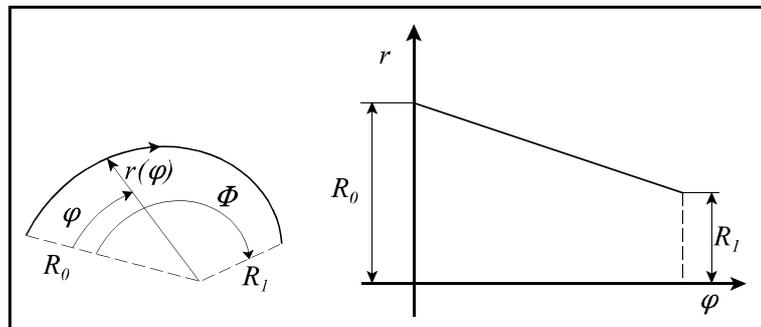


Abb. 4.3-6

dern die Winkelgeschwindigkeit konstant.

Der folgende Programmteil zeigt ein Beispiel dafür, wie ein Kreis änderlichen Radius durch die Anwendung der Adressen I, K definiert werden kann:

```
G90 G0 X0 Z50
G3 Z-20 K-50
```

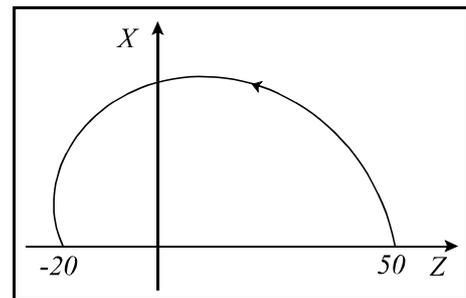


Abb. 4.3-7

Ist der angegebene Kreisradius kleiner als die Hälfte der den Anfangspunkt und den Endpunkt verbindenden Geraden, betrachtet die Steuerung den angegebenen Kreisradius für den anfänglichen Radius des Kreises und interpoliert einen Kreis von änderlichem Radius, dessen Mittelpunkt auf der dem Anfangspunkt und den Endpunkt verbindenden Geraden und im Abstand R vom Anfangspunkt liegt:

```
G0 G90 X0 Z0
G2 X60 Z40 R10
```

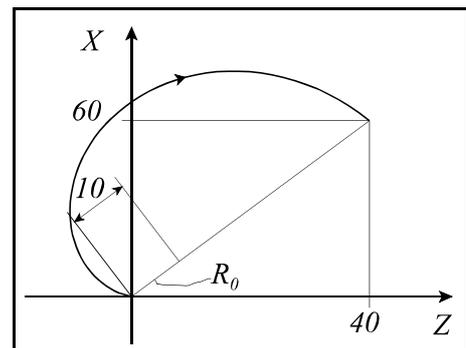


Abb. 4.3-8

In den folgenden Mustersätzen ist die X-Koordinate in Durchmesser interpretiert und es wird aufgenommen, dass U und W als keine Achse bestimmt ist.

```
G2 G90 X100 Z40 R41.2
oder G2 G90 X100 Z40 I40 K10
oder G2 G91 X60 Z30 R41.2
oder G2 (G90) U60 W30 R41.2
oder G2 (G90) XI60 ZI30 R41.2
oder G2 G91 X60 Z30 I40 K10
oder G2 (G90) U60 W30 I40 K10
oder G2 (G90) XI60 ZI30 I40 K10
```

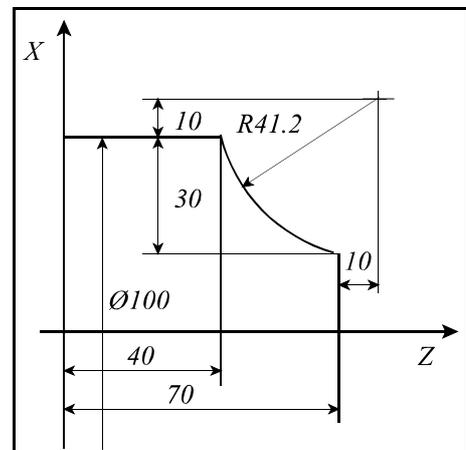


Abb. 4.3-9

4.4 Gewindeschneiden gleichmässiger Gewindesteigungen (G33)

Die Anweisung

G33 v F Q

G33 v E Q

definiert das Gewindeschneiden von zylindrischen, oder kegeligen Gewinden gleichmässiger Steigung. Für den Vektor v können Koordinatenangaben von maximum zwei Achsen eingegeben werden. Sind zwei Koordinatenangaben für v angegeben, wird ein kegeliges Gewinde geschnitten. Die Steuerung nimmt die Gewindesteigung entlang der Achse in Betracht, in der sich ein längerer Weg resultiert. Wenn $\alpha < 45^\circ$, d.h. $Z > X$, wird die programmierte Gewindesteigung entlang der Z-Achse, wenn $\alpha > 45^\circ$, d.h. $X > Z$, wird die programmierte Gewindesteigung entlang der X-Achse realisiert.

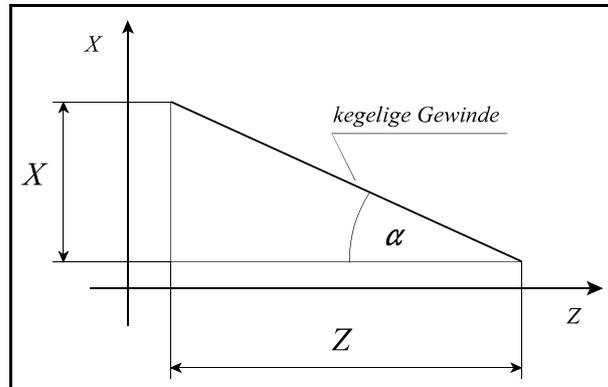


Abb. 4.4-1

Die Gewindesteigung kann auf zweierlei Arten definiert werden:

- Wird die Gewindesteigung unter der F-Adresse angegeben, wird die Angabe als mm/Umdrehung oder Zoll/Umdrehung interpretiert. Ist ein Gewinde der Steigung von 2.5 mm erforderlich, ist F2.5 zu programmieren.
- Wird die Gewindesteigung unter der E-Adresse angegeben, wird ein Zoll-Gewinde geschnitten. Die E-Adresse wird als Gewinden/Zoll interpretiert. Wird z.B. E3 programmiert, wird ein Gewinde der Steigung von $\frac{1}{3}'' = 25.4/3 = 8.4667$ mm gechnitten.

Unter der Q-Adresse wird die von dem Nullimpuls Impulsgebers der Hauptspindel berechnete Winkelverdrehung angegeben, bei der die Steuerung mit dem Gewindeschneiden beginnt. Ein mehrgängiges Gewinde kann durch entsprechendes Programmieren des Q-Wertes hergestellt werden. Hier kann also programmiert werden, ob die einzelnen Gewindegänge bei welcher Spindelverdrehung begonnen werden. Wird z.B. ein zweigängiges Gewinde geschnitten, wird der erste Gang bei Q0 (es ist nicht gesondert zu programmieren), der zweite Gang bei Q180 zu starten.

G33 ist eine erbliche Funktion. Werden mehrere Gewindegänge nacheinander programmiert, kann ein Gewinde auf einer durch beliebige gerade Strecken abbegrenzten Oberfläche geschnitten werden.

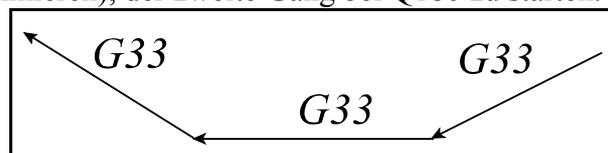


Abb. 4.4-2

Die Steuerung wird im ersten Satz mit dem Nullimpuls des Impulsgebers der Hauptspindel synchronisiert, in den weiteren Sätzen erfolgt keine Synchronisierung, dessen infolge wird die Gewindesteigung in allen Strecken gleich sein. Die programmierte Winkelverdrehung Q wird ebenso nur im ersten Satz inbetrachtgenommen.

Beispiel fürs Gewindeschneiden:

```
G0 G90 X50 Z40
U-30
G33 U10 W38 F2
G0 U20
W-38
...
```

Im Beispiel wurde Durchmesserprogrammierung in X in Betracht genommen.

☞ *Anmerkungen:*

- Enthält der Gewindegang mehr als zwei Koordinaten, oder sind sowohl die F- als auch die E-Adresse ausgefüllt, zeigt die Steuerung den Fehlercode 3020 *DATENANWEISUNGSFEHLER G33* an.
- Wird 0 für die E-Adresse im Gewindegang eingegeben, zeigt die Steuerung den Fehlercode 3022 *DIVISION MIT 0 G33* an.
- Zum Ausführen des Befehls G33 ist ein Impulsgeber auf der Hauptspindel erforderlich.
- Während der Abarbeitung des Befehls G33 nimmt die Steuerung den Vorschub- und den Hauptspindel-Override-Wert automatisch für 100% an. Die Wirkung der Taste Vorschub Stop wird erst nach Abarbeiten des Satzes realisiert.
- Infolge des Schleppfehlers des Servosystems muss ein An- und ein Auslauf ausserhalb des Werkstoffes an beiden Gewindeenden gesichert werden, damit die Gewindesteigung der gesamten Strecke entlang gleichmässig bleibt.
- Der Vorschub (in mm/min) kann im Laufe des Gewindeschneidens den Wert von im Parameterfeld pro Achsen einstellbaren *FEEDMAXn* nicht überschreiten.
- Die Spindeldrehzahl kann im Laufe des Gewindeschneidens die für den Impulsgeber zugelassenen Höchstdrehzahl, bzw. die aus der Grenzfrequenz des Impulsgebers (aus der durch den Impulsgeber lieferbaren Höchsthäufigkeit) errechnete kleinere Drehzahl nicht überschreiten.

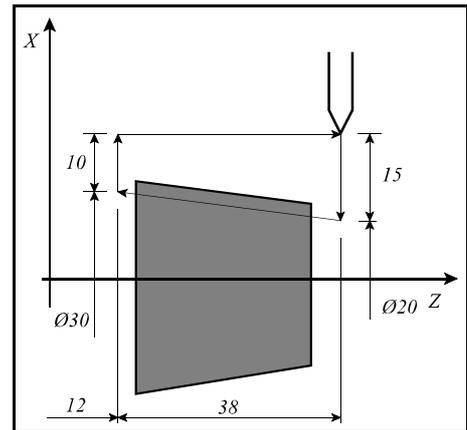


Abb. 4.4-3

4.5 Gewindeschneiden veränderlicher Gewindesteigungen (G34)

Die Anweisung

G34 v F Q K

definiert das Schneiden von zylindrischen oder kegeligen Gewinde veränderlicher Steigungen. Die Interpretation der Eingangsdaten v, F, Q ist mit der Interpretation der Funktion G33 gleich. Die Interpretation von K:

K: die Zunahme oder Abnahme der Gewindesteigung per Drehung der Hauptspindel.

Der Wert von K kann von 0.001 mm/Drehung (0.0001 Zoll/Drehung) bis 500 mm/Drehung (10 Zoll/Drehung) sein.

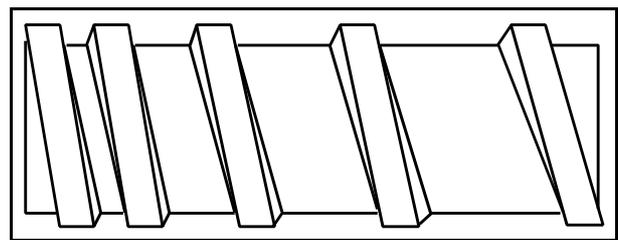


Abb. 4.5-1

4.6 Polarkoordinaten-Interpolation (G12.1, G13.1)

Die Polarkoordinaten-Interpolation ist eine Funktionsart der Steuerung, in der das Werkstück im rechtwinkligen (Descartes) Koordinatensystem seinen Konturweg durch die Bewegung einer linearen und einer umlaufenden Achse läuft.

Die Anweisung

G12.1 Polarkoordinaten-Interpolation ein
schaltet den Polarkoordinaten-Betrieb ein. Im danach folgenden Programmteil kann der Weg des Fräswerkzeugs im rechtwinkligen Koordinatensystem, auf die gewöhnliche Weise, durch die Programmierung Gerade- und Kreisinterpolation unter Berücksichtigung der Werkzeuggradientkorrektur, beschrieben werden. *Die Anweisung soll immer im separaten Satz angegeben werden und andere Anweisung darf dazu nicht programmiert werden.*

Die Anweisung

G13.1 Polarkoordinaten-Interpolation aus
schaltet den Polarkoordinaten-Betrieb aus. *Die Anweisung soll immer im separaten Satz angegeben werden und andere Anweisung darf dazu nicht programmiert werden.* Nach Einschalten oder Reset nimmt die Steuerung immer den Zustand G13.1 auf.

Ebenenwahl

Vor dem Einschalten der Polarkoordinaten-Interpolation ist eine Ebene, die die Adresse der anzuwendenden linearen und umlaufenden Achse bestimmt, anzuwählen.

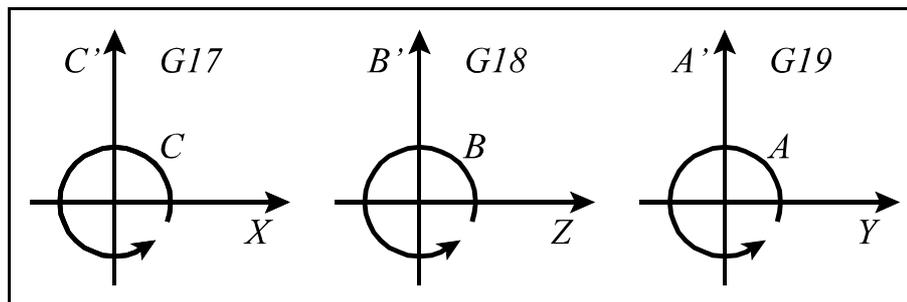


Abb. 4.6-1

Die Anweisung

G17 X_ C_

bestimmt die Achse X zur linearen Achse und die Achse C zur umlaufenden Achse. In der Abbildung wurde die virtuelle Achse, deren Programmierung durch die Angabe der Längsabmessung durchgeführt wird, durch C gezeichnet.

Durch die Anweisungen

G18 Z_ B_

G19 Y_ A_

können die weiteren linearen und umlaufenden Achsen dem Obigen gemäss gezeichnet.

Position des Werkstücknullpunkts im Laufe der Polarkoordinaten-Interpolation

Im Falle der Anwendung der Polarkoordinaten-Interpolation ist es verbindlich, den Nullpunkt des angewandten Koordinatensystems an der linearen Achse so anzuwählen, damit er mit der Drehachse der Kreisachse zusammenfällt.

Position der Achsen im Moment der Einschaltung der Polarkoordinaten-Interpolation

Vor der Einschaltung der Polarkoordinaten-Interpolation (Anweisung G12.1) ist es dafür zu sorgen, damit die **Kreisachse** im Punkt mit der **Position 0** ist. Die **Position der linearen Achse** kann sowohl negativ als auch positiv, aber **nicht 0 sein**.

Programmierung der Längsdaten im Laufe der Polarkoordinaten-Interpolation

Im eingeschalteten Zustand der Polarkoordinaten-Interpolation werden Längsdaten an beiden der angewählten Ebene gehörenden Achsen programmiert: die umlaufende Achse in der angewählten Ebene wird die zweite (virtuelle) Achse sein. Wenn z.B. die Achsen X, C durch die Anweisung G17 X_ C_ angewählt wurden, kann die Adresse C so programmiert werden, wie Y im Falle der Ebenenwahl G17 X_ Y_.

Die Programmierung der virtuellen Achse wird dadurch nicht beeinflusst, ob die Programmierung der ersten Achse in Durchmesser durchgeführt wird. **An der virtuellen Achse** sind die Koordinatendaten immer **in Radius** anzugeben.

Wenn z.B. die Polarkoordinaten-Interpolation in der Ebene X C durchgeführt wird, ist der Wert unter der Adresse C in Radius anzugeben, unabhängig davon, ob die Adresse X in Durchmesser oder in Radius angegeben wird.

Bewegung der Achsen, die an der Polarkoordinaten-Interpolation nicht teilnehmen

An diesen Achsen bewegt sich das Werkzeug, wie im normalen Fall, unabhängig vom eingeschalteten Zustand der Polarkoordinaten-Interpolation.

Programmierung der Kreisinterpolation im Laufe der Polarkoordinaten-Interpolation

Im eingeschalteten Zustand der Polarkoordinaten-Interpolation ist die Angabe des Kreises auf die bekannte Weise, durch Radius oder durch die Programmierung der Koordinate des Kreismittelpunktes möglich. Wenn das Letzte angewählt wird, sind die Adressen I, J, K entsprechend der angewählten Ebene dem Folgenden gemäss anzuwenden:

G17 X_ C_	G18 Z_ B_	G19 Y_ A_
G12.1	G12.1	G12.1
...
G2 (G3) X_ C_ I_ J_	G2 (G3) B_ Z_ I_ K_	G2 (G3) Y_ A_ J_ K_

Anwendung der Werkzeuggradienkorrektur im Falle der Polarkoordinaten-Interpolation

Die Anweisung G41, G42 kann im eingeschalteten Zustand der Polarkoordinaten-Interpolation auf die gewöhnliche Weise angewandt werden.

Auf ihre Anwendung beziehen sich die folgenden Beschränkungen:

- Die Einschaltung der Polarkoordinaten-Interpolation (Anweisung G12.1) ist nur im Zustand G40 möglich,
- Wenn G41 oder G42 im Zustand G12.1 eingeschaltet wurde, ist G40 vor der Ausschaltung der Polarkoordinaten-Interpolation (Anweisung G13.1) zu programmieren.

Programmierungsbeschränkungen im Laufe der Polarkoordinaten-Interpolation

Im eingeschalteten Zustand der Polarkoordinaten-Interpolation dürfen die folgenden Anweisungen nicht angewandt werden:

- Wechseln der Ebenen: G17, G18, G19,
- Koordinatentransformationen: G52, G92,
- Wechseln des Werkstückkoordinatensystems: G54, ..., G59,
- Positionieren im Maschinenkoordinatensystem: G53.

Vorschub im Laufe der Polarkoordinaten-Interpolation

Die Interpretation des Vorschubs im eingeschalteten Zustand der Polarkoordinaten-Interpolation erfolgt auf die bei der rechtwinkligen Interpolation gewöhnte Weise, als Geschwindigkeit entlang den Weg: die relative Geschwindigkeit des Werkstücks und des Werkzeugs wird angegeben. Im Laufe der Polarkoordinaten-Interpolation läuft das Werkzeug einen im rechtwinkligen Koordinatensystem angegebenen Weg durch die Bewegung einer linearen und einer umlaufenden Achse ab.

Wie sich der Mittelpunkt des Werkzeugs zur Drehachse der Kreiskoordinate annähert, so müsste die umlaufende Achse während Zeiteinheit je grössere Schritte machen, damit die Geschwindigkeit entlang den Weg konstant ist. Die Geschwindigkeit der Kreisachse wird aber durch die zulässige maximale Geschwindigkeit der umlaufenden Achse, die durch Parameter bestimmt wird, begrenzt. Deshalb vermindert die Steuerung den Vorschub entlang den Weg in der Nähe des Origo stufenweise im dessen Interesse, damit die Geschwindigkeit der umlaufenden Achse nicht über alle Grenze zunimmt.

Die beigelegte Abbildung zeigt den Fall, wenn die zur Achse X parallelen Geraden (1, 2, 3, 4) programmiert werden.

Zum programmierten Vorschub gehört die Verschiebung Δx während Zeiteinheit.

Zur Verschiebung Δx gehört immer anderer Winkelausschlag ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$) im Falle verschiedener Geraden (1, 2, 3, 4). Es kann bemerkt werden: je näher die Bearbeitung zum Origo ist, desto grösseren Winkelausschlag die umlaufende Achse während Zeiteinheit zu tun hat, um den programmierten Vorschub halten zu können.

Wenn der Winkelausschlag, der während Zeiteinheit zu tun ist, den für die umlaufende Achse eingestellten Parameterwert FEED-MAX übersteigt, vermindert die Steuerung den Vorschub entlang den Weg stufenweise. Aufgrund des Obigen ist die Erstellung von Programmen, im Falle deren der Mittelpunkt des Werkzeugs in der Nähe des Origo läuft, zu vermeiden.

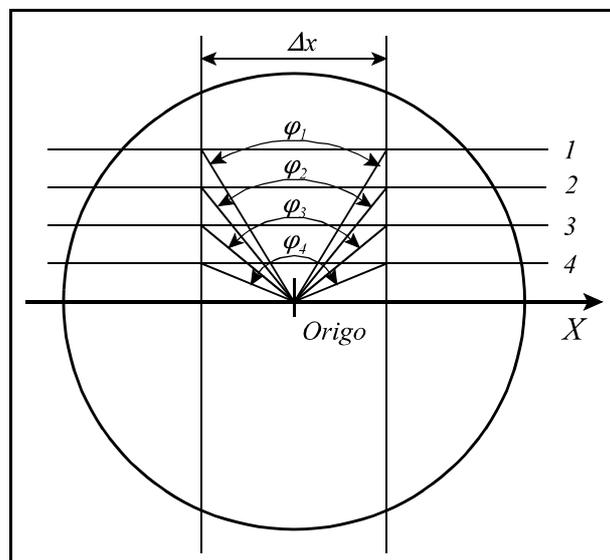


Abb. 4.6-2

Musterbeispiel

Im Folgenden wird ein Musterbeispiel zur Anwendung der Polarkoordinaten-Interpolation gezeigt. Die an der Interpolation teilnehmenden Achsen: X (lineare Achse) und C (umlaufende Achse). Die Programmierung der Achse X wird in Durchmesser, die der Achse C in Radius durchgeführt.

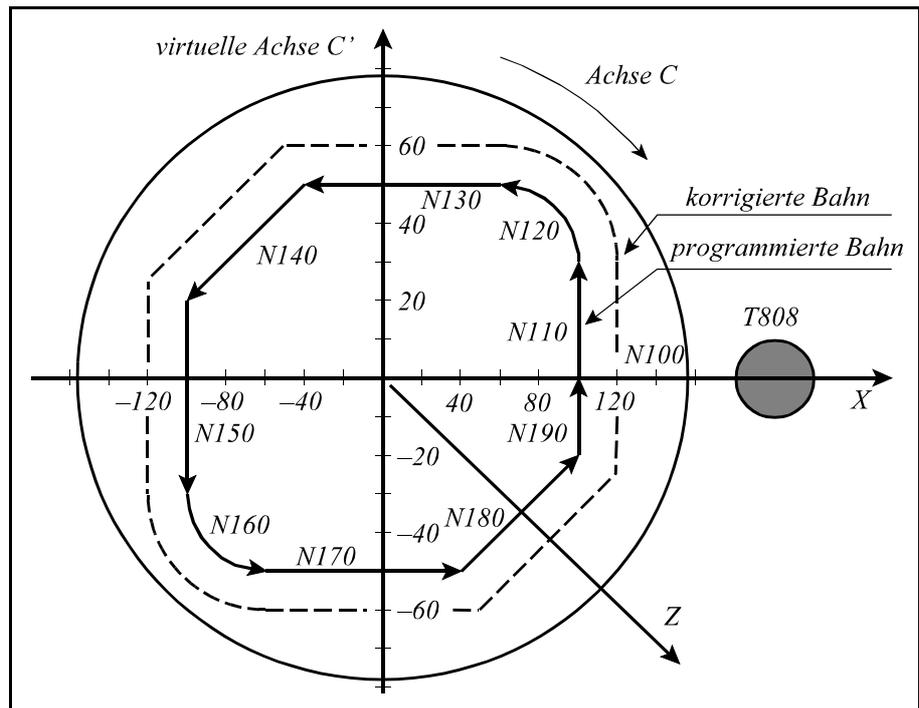


Abb. 4.6-3

```
%O7500 (POLARKOORDINATEN-INTERPOLATION)
```

```
...
```

```
N050 T808
```

```
N060 G59
```

(Anfangspunkt des Koordinatensystems G59 ist in der Richtung X Drehachse C)

```
N070 G17 G0 X200 C0
```

(Wahl der Ebene X, C; Positionierung auf die Koordinate X≠0, C=0)

```
N080 G94 Z-3 S1000 M3
```

```
N090 G12.1
```

(Polarkoordinaten-Interpolation ein)

```
N100 G42 G1 X100 F1000
```

```
N110 C30
```

```
N120 G3 X60 C50 I-20 J0
```

```
N130 G1 X-40
```

```
N140 X-100 C20
```

```
N150 C-30
```

```
N160 G3 X-60 C-50 R20
```

```
N170 G1 X40
```

```
N180 X100 C-20
```

```
N190 C0
```

```
N200 G40 G0 X150
```

```
N210 G13.1
```

(Polarkoordinaten-Interpolation aus)

```
N220 G0 G18 Z100
```

(Rückzug des Werkzeugs Wahl der Ebene X, Z)

```
...
```

```
%
```

4.7 Zylinderinterpolation (G7.1)

Wenn auf den Mantel eines Zylinders Leitweg zu fräsen ist, wird Zylinderinterpolation angewandt. In diesem Fall soll die Drehachse des Zylinders und einer umlaufenden Achse zusammenfallen. Die Verschiebung der umlaufenden Achse wird im Programm in Grad angegeben, den die Steuerung zur linearen Verschiebung entlang den Mantel abhängig vom Radius des Zylinders so umrechnet, damit lineare und Kreisinterpolation samt einer anderen linearen Achse programmiert werden kann. Die Verschiebung nach der Interpolation wird zum Winkelausschlag für die umlaufende Achse rückgeformt.

Die Anweisung

G7.1 Qr Zylinderinterpolation ein
schaltet die Zylinderinterpolation ein, wobei

Q: die Adresse der an der Zylinderinterpolation teilnehmenden umlaufenden Achse,
r: der Radius des Zylinders ist.

Wenn z.B. die Achse C die an der Zylinderinterpolation teilnehmende umlaufende Achse ist und der Radius des Zylinders 50 mm ist, kann die Zylinderinterpolation durch die Anweisung G7.1 C50 eingeschaltet werden.

Im danach folgenden Programmteil kann der an den Mantel des Zylinders zu fräsende Weg durch die Angabe von Gerade- und Kreisinterpolation angegeben werden. Die Koordinate wird an der Längsachse immer in mm oder Inch, an der umlaufenden Achse aber in ° angegeben.

Die Anweisung

G7.1 Q0 Zylinderinterpolation aus
schaltet die Zylinderinterpolation aus, d.h. der Code G derselbe ist, wie der Code der Einschaltung, unter die Adresse der umlaufenden Achse ist aber 0 einzugeben.

Die gemäss dem obigen Beispiel (G7.1 C50) eingeschaltete Zylinderinterpolation kann durch die Anweisung G7.1 C0 ausgeschaltet werden.

Die Anweisung G7.1 ist im separaten Satz anzugeben.

Wahl der Ebene

Der Code der Wahl der Ebene wird immer durch den Namen der linearen Achse, zu der die umlaufende Achse parallel ist, bestimmt.

Die umlaufende Achse, deren Achse parallel zur Achse X ist, ist A. Die umlaufende Achse, deren Achse parallel zur Achse Y ist, ist B. Die umlaufende Achse, deren Achse parallel zur Achse Z ist, ist C.

G17 X A, oder G18 Z C, oder G19 Y B, oder
G17 B Y G18 A X G19 C Z

Kreisinterpolation

In der Betriebsart Zylinderinterpolation ist die Angabe der Kreisinterpolation möglich, aber nur durch die Angabe von Radius R

Kreisinterpolation ist durch die Angabe des Mittelpunkts des Kreises (I, J, K) im Falle Zylinderinterpolation nicht möglich.

Der Radius des Kreises wird immer in mm oder in Inch interpretiert und nie in Grad.

Kreisinterpolation kann z.B. zwischen den Achsen Z und C zweierlei angegeben werden:

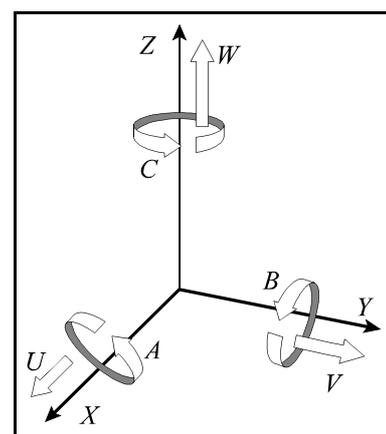


Abb. 4.7-1

G18 Z_ C_
G2 (G3) Z_ C_ R_

G19 C_ Z_
G2 (G3) C_ Z_ R_

Anwendung der Werkzeugradienkorrektur im Laufe der Zylinderinterpolation

Die Anweisung G41, G42 kann im eingeschalteten Zustand der Zylinderinterpolation auf die gewöhnliche Weise angewandt werden.

Auf ihre Anwendung beziehen sich die folgenden Beschränkungen:

- Die Einschaltung der Zylinderinterpolation (Anweisung G7.1 Qr) ist nur im Zustand G40 möglich.
- Wenn G41 oder G42 im Zustand Zylinderinterpolation eingeschaltet wurde, ist G40 vor der Ausschaltung der Zylinderinterpolation (Anweisung G7.1 Q0) zu programmieren.

Programmierungsbeschränkungen im Laufe der Zylinderinterpolation

Im eingeschalteten Zustand der Zylinderinterpolation können die folgenden Anweisungen nicht angewandt werden:

- Ebenenwechsel: G17, G18, G19,
- Koordinatentransformationen: G52, G92,
- Wechsel des Werkstückkoordinatensystems: G54, ..., G59,
- Positionieren im Maschinenkoordinatensystem: G53,
- Kreisinterpolation durch die Angabe des Kreismittelpunktes (I, J, K),
- Bohrzyklen.

Musterbeispiel

Fräsen Sie einen Weg laut der beigelegten Abbildung auf den Mantel eines Zylinders mit dem Radius von $R=28.65$ mm in der Tiefe von 3 mm.

Das umlaufende Werkzeug T606 ist zur Achse X parallel.

Die Verschiebung für einen Grad (1°) auf dem Mantel des Zylinders:

$$28.65\text{mm} \cdot \frac{1^\circ}{180^\circ} \cdot \pi = 0.5\text{mm}$$

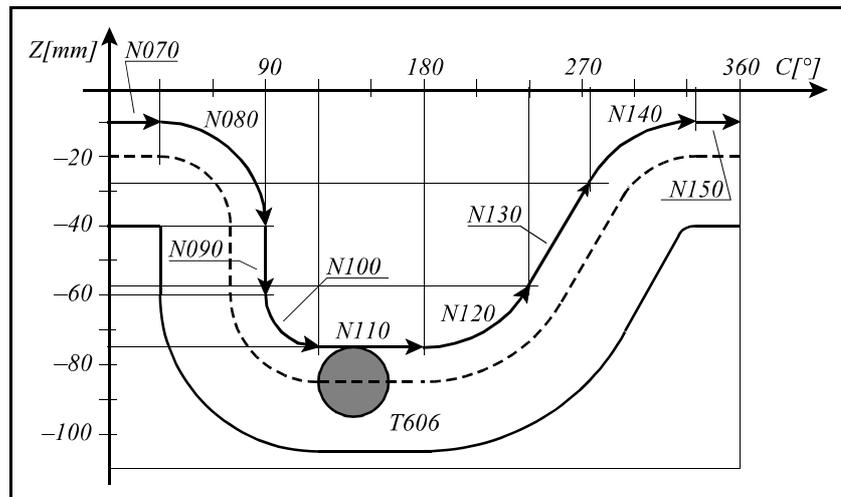


Abb. 4.7-2

Die Achsenanordnung in der Abbildung entspricht der Ebenwahl G19.

%O7602 (ZYLINDERINTERPOLATION)

...

N020 G0 X200 Z20 S500 M3 T606

N030 G19 Z-20 C0

N040 G1 X51.3 F100

N050 G7.1 C28.65

(G19: Wahl der Ebene C-Z)

(Einschaltung der Zylinderinterpolation, die umlaufende Achse: C, Radius der Achse: 28.65mm)

N060 G1 G42 Z-10 F250

N070 C30

4.7 Zylinderinterpolation (G7.1)

N080 G2 Z-40 C90 R30
N090 G1 Z-60
N100 G3 Z-75 C120 R15
N110 G1 C180
N120 G3 Z-57.5 C240 R35
N130 G1 Z-27.5 C275
N140 G2 Z-10 C335 R35
N150 G1 C360
N160 G40 Z-20
N170 G7.1 C0
N180 G0 X100

(Ausschaltung der Zylinderinterpolation)

...
%

5 Koordinatenangaben

5.1 Absolute und inkrementale Programmierung, I-Operator (G90, G91)

Die Input-Koordinatenwerte können sowohl absolut als auch inkremental angegeben werden. Bei der absoluten Datenangabe sind die Endpunktkoordinaten, bei der inkrementalen Angabe die im Satz zu befahrende Weglänge einzugeben.

G90: Programmieren mit Absolutwerten

G91: Programmieren mit Inkrementalwerten

G90, G91 sind erbliche Funktionen. Beim Einschalten kann es nach dem Parameter *CODES* entschieden werden, welchen Zustand die Steuerung annehmen soll.

Das Anfahren einer absoluten Position ist erst nach erfolgtem Referenzpunktfahren möglich.

Beispiel:

Anhand der Abbildung können Bewegungen auf zwei Arten programmiert werden:

```
G90 G01 X100 Z20
G91 G01 X60 Z-40
```

Der I-Operator ist nur im Zustand G90 Absolute Dateneingabe wirksam. Er bezieht sich nur auf die nach der Adresse stehende Koordinate. Seine Bedeutung: inkrementale Daten. Das obige Beispiel kann auch folgenderweise gelöst werden:

```
(G90) G01 XI60 ZI-40
G01 XI60 Z20
G01 XI00 ZI-40
```

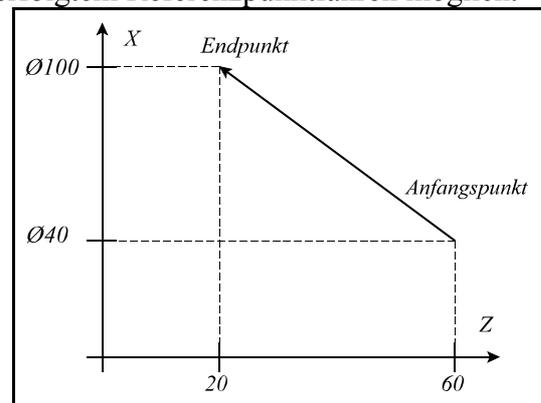


Abb. 5.1-1

Wenn die Adressen U, V, W als keine Achse bestimmt sind, dann können sie zur Bezeichnung der inkrementalen Bewegungen X, Y, Z angewandt werden:

	Adresse des absoluten Befehls	Adresse des inkrementalen Befehls
Bewegungsbefehl in Richtung X	X	U
Bewegungsbefehl in Richtung Z	Z	W
Bewegungsbefehl in Richtung C	C	H
Bewegungsbefehl in Richtung Y	Y	V

Musterbeispiel mit Berücksichtigung des Obigen:

```
(G90) G01 U60 W- 40
G01 U60 Z20
G01 X100 W- 40
```

5.2 Umwandeln Zoll/metrisch (G20, G21)

Die Eingangsdaten können entweder in Zoll-, oder im metrischen System, durch Programmieren des entsprechenden G-Kodes eingegeben werden.

G20: Anwählen des Zoll-Systems

G21: Anwählen des metrischen Systems

Am Anfang des Programmes ist das gewünschte Massystem anzuwählen. Das angewählte Massystem bleibt wirksam, solange ein entgegengesetzter Befehl nicht ausgegeben wird, also G20, G21 sind erbliche Codes. Die Wirkungen der Codes bleiben selbst nach Ausschalten erhalten, beim Wiedereinschalten wird also das vorher gültige Massystem wirksam.

Der Code G20/G21 hat auf die in der Winkeleinheit gemessenen Achsen keine Wirkung, Masseneinheit des Winkels ist Grad in beiden Fällen.

Der Befehl G20/G21 soll immer im selbständigen Satz als einzige Anweisung programmiert werden. An andere Adressen soll kein Befehl geschrieben werden, weil ihn die Steuerung nicht durchführen wird.

Das Umwandeln des Massystems beeinflusst die folgenden Positionen:

- Koordinaten- und Korrekturangaben
- Vorschub,
- Konstante Schnittgeschwindigkeit,
- Positions-, Korrektur- und Vorschubanzeige.

5.3 Angabe und Wertbereich der Koordinaten

Die Angaben für die Koordinaten können mit 8 Stellen angegeben werden.

Der Dezimalpunkt wird von der angewandten Massystems abhängig interpretiert:

- X2.134 bedeutet 2.134 mm, oder 2.134 Zoll,
- B24.36 bedeutet 24.36 Grad, wenn unter B eine Winkelangabe gespeichert wird,

Die Anwendung des Dezimalpunktes ist unverbindlich, z.B.:

- X325 bedeutet 325 mm.

Voranstehende Nullen können weggelassen werden:

- .032=0.032

Die nachstehenden Nullen nach dem Dezimalpunkt können weggelassen werden:

- 0.320=.32

Die Steuerung interpretiert auch eine des angewandten Inkrementensystems kleinere Zahl. Ist das eingestellte Inkrementensystem IR-B, interpretiert die Steuerung z.B. den Befehl X1.23456

- im metrischen Masssystem als 1.235 mm,
- im Zoll-System als 1.2346 Zoll.

Die Eingangsdaten werden also als gerundete Werte ausgegeben.

Die Grenzwerte der Längskoordinaten sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Eingangsmasssystem	Ausgangsmasssystem	Inkrementensystem	Grenzwerte der Längskoordinaten	Dimension
mm	mm	IS-A	$\pm 0.01-999999.99$	mm
		IS-B	$\pm 0.001-99999.999$	
		IS-C	$\pm 0.0001-9999.9999$	
Zoll	mm	IS-A	$\pm 0.001-39370.078$	Zoll
		IS-B	$\pm 0.0001-3937.0078$	
		IS-C	$\pm 0.00001-393.70078$	
Zoll	Zoll	IS-A	$\pm 0.001-99999.999$	Zoll
		IS-B	$\pm 0.0001-9999.9999$	
		IS-C	$\pm 0.00001-999.99999$	
mm	Zoll	IS-A	$\pm 0.01-999999.99$	mm
		IS-B	$\pm 0.001-99999.999$	
		IS-C	$\pm 0.0001-9999.9999$	

Grenzwerte der Winkelkoordinaten:

Inkrementensystem	Grenzwerte der Winkelkoordinaten	Dimension
IS-A	$\pm 0.01-999999.99$	Grad
IS-B	$\pm 0.001-99999.999$	
IS-C	$\pm 0.0001-9999.9999$	

5.4 Programmieren in Durchmesser oder in Radius

Da der Durchschnitt der an den Drehmaschinen bearbeiteten Werkstücke im allgemeinen Kreis ist, können die Abmessungen in Richtung Achse X auch in Durchmesser angegeben werden. Ob die Steuerung die Abmessung in Richtung X in Durchmesser oder in Radius interpretieren soll, kann im folgenden Parameter angegeben werden:

im Falle der **Programmierung in Radius**:

4762 DIAM=0

im Falle der **Programmierung in Durchmesser**:

4762 DIAM=1

Im Falle der Programmierung in Durchmesser ist die kleinste Abmessung, die eingegeben werden kann, 1 Inkrement. In diesem Fall schreitet die Steuerung 1/2 Inkrement in Radius gerechnet. Z.B.: Im Falle INCRSYSTB ist die kleinste Abmessung, die eingegeben werden kann, 0,001 mm und die Steuerung schreitet 0,0005 mm in Radius.

Wenn der Parameter auf Durchmesserprogrammierung eingestellt ist, ist das Folgende in Betracht

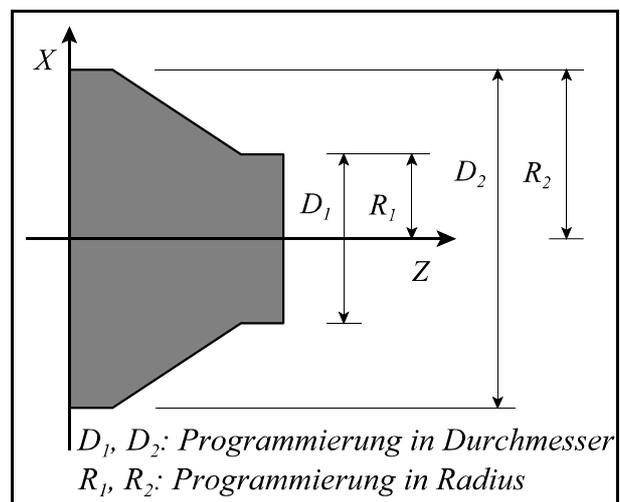


Abb. 5.4-1

zu nehmen:

Fall	Anmerkung
Absoluter Bewegungsbefehl in Richtung X	wird in Durchmesser angegeben
Inkrementaler Bewegungsbefehl in Richtung X	wird in Durchmesser angegeben (in unserer Abbildung D2-D1)
Verschiebung der Koordinaten und des Nullpunkts in Richtung X	wird in Durchmesser angegeben
Werkzeuglängenkorrektur in Richtung X	wird in Durchmesser angegeben
Die X Achse betreffende Parameter in Zyklen, wie z.B. Schnitttiefe	wird immer in Radius angegeben
Wert von R und I bei Angabe der Kreisinterpolation	wird immer in Radius angegeben
Positionsanzeige der X Achse	wird in Durchmesser angegeben
Vorschub in Richtung X beim Plandrehen	immer Radius/Drehung oder Radius/min.
Schrittgröße in der Betriebsart Schrittweise und Handrad	Im Falle der Wahl von 1 Inkrement schreitet 1 µm in Durchmesser.

5.5 Bedienung der Umdrehung der umlaufenden Achsen

Diese Funktion kann im Falle umlaufender Achsen angewandt werden, d.h. wenn die Adresse A, B oder C zur Bedienung umlaufender Achse bestimmt ist. Unter Bedienung der Umdrehung wird verstanden, dass die Position an der bestimmten Achse nicht zwischen plus und minus Unendliche, sondern die Periodizität der Achse in Betracht nehmend z.B. zwischen 0° und 360°, registriert wird.

Bestimmung der Achse zur umlaufenden Achse

Diese Bestimmung kann durchgeführt werden, wenn 1 als Parameter 0182 A.ROTARY im Falle der Achse A, als Parameter 0185 B.ROTARY im Falle der Achse B und als Parameter 0188 C.ROTARY im Falle der Achse C angegeben wird. Falls einer dieser Parameter gleich 1 ist,

- führt die Steuerung die Konversion Inch/metrisch im Falle der gegebenen Achse nicht durch,
- kann die Bedienung der Umdrehung an der gegebenen Achse zugelassen werden, wenn 1 das entsprechende Parameter ROLLOVEN ist.

Zulassung der Funktion Umdrehung

Die Funktion wird zugelassen, wenn 1 als Parameter 0241 ROLLOVEN_A im Falle der Achse A, als Parameter 0242 ROLLOVEN_B im Falle der Achse B und als Parameter 0243 ROLLOVEN_C im Falle der Achse C angegeben wird, aufgenommen, dass die entsprechende Achse zur umlaufenden Achse bestimmt wurde. Wenn das entsprechende Parameter ROLLOVEN_x –=0 ist: wird die umlaufende Achse bedient, wie die linearen Achsen und das Ausfüllen weiterer Parameter hat keine Wirkung,
 –=1 ist: wird die Bedienung der Umdrehung für die umlaufenden Achsen angewandt, deren Werten bestimmt das Folgende.

Bestimmung des Weges für eine Drehung

Der Weg während einer Umdrehung der Achse wird im Eingangsinkrement im Parameter 0261 ROLLAMNT_A im Falle der Achse A, im Parameter 0262 ROLLAMNT_B im Falle der Achse B, sowie im Parameter 0263 ROLLAMNT_C im Falle der Achse C bestimmt. Also, wenn die Steuerung im Inkrementensystem B im Betrieb ist und die Achse während einer Umdrehung 360° dreht, ist der in den entsprechenden Parameter ROLLAMNT zu schreibende Wert : 360000. Die Steuerung zeigt die Position der umlaufenden Achse mit den obigen Parametereinstellungen immer im Bereich 0°- +359.999°, unabhängig davon, in welcher Richtung die umlaufende Achse gedreht ist und wieviel Drehung sie getan hat.

Bewegung der umlaufenden Achse im Falle absolutes Programmierens

Wenn die Bedienung der Umdrehung für die umlaufende Achse zugelassen ist (ROLLOVEN_x=1), bewegt sich die Achse im Falle absoluter Datenangabe nie mehr, als die im entsprechenden Parameter ROLLAMNT_x eingestellte Bewegung. D.h. wenn z.B.: ROLLAMNT_C=360000 (360°), ist die grösste Bewegung 359.999°.

Aufgrund der Parameter 0244 ABSHORT_A, 0245 ABSHORT_B und 0246 ABSHORT_C kann eingestellt werden, dass die Richtung der Bewegung immer gemäss dem Vorzeichen der unter der Achsenadresse bestimmten Position oder auf dem kürzeren Weg durchgeführt wird.

Wenn der entsprechende Parameter ABSHORT_x

– =0 ist: bewegt sie sich immer in der Richtung des Vorzeichens der programmierten Position,

– =1 ist: bewegt sie sich immer in der kürzeren Richtung.

0188 C.ROTARY=1, 0243 ROLLOVEN_C=1 0263 ROLLAMNT_C= =360000	Durch absolute Koordinatenangabe programmierter Satz	Durchgeführte Bewegung auf Wirkung des Satzes	Position am Ende des Satzes
0246 ABSHORT_C=0			C=0
bewegt sich immer in der Richtung, gemäss dem unter Adresse C programmierten Vorzeichen	G90 C450	90	C=90
	G90 C0 (0 ist positive Zahl!)	270	C=0
	G90 C-90	-90	C=270
	G90 C-360	-270	C=0
0246 ABSHORT_C=1			C=0
bewegt sich immer auf dem kürzeren Weg	G90 C450	90	C=90
	G90 C0	-90	C=0
	G90 C-90	-90	C=270
	G90 C-360	90	C=0

Bewegung der umlaufenden Achse im Falle inkrementaler Programmierung

Im Falle der Programmierung inkrementaler Datenangabe ist die Richtung der Bewegung immer gemäss dem programmierten Vorzeichen.

Es kann im Parameter 0247 RELROUND_A für die Achse A, im Parameter 0248 RELROUND_B für die Achse B, im Parameter 0249 RELROUND_C für die Achse C eingestellt werden, ob der entsprechende Parameter ROLLAMNT_x für die Grösse der Bewegung angewandt werden soll oder nicht. Wenn der entsprechende Parameter RELROUND_x :

- =0 ist: wird der Parameter ROLLAMNT_x nicht angewandt, d.h. die Bewegung kann grösser sein, als 360°,
- =1 ist: wird der Parameter ROLLAMNT_x angewandt. Wenn z.B.: ROLLAMNT_C=360000 (360°), kann die grösste Bewegung an der Achse C 359.999° sein.

0188 C.ROTARY=1, 0243 ROLLOVEN_C=1 0263 ROLLAMNT_C= =360000	Durch inkrementale Koordinatenangabe programmierter Satz	Durchgeführte Bewegung auf Wirkung des Satzes	Position am Ende des Satzes
0249 RELROUND_C=0 der Parameter ROLLAMNT_C wird nicht angewandt			C=0
	G91 C450	450	C=90
	G91 C0	0	C=90
	G91 C-90	-90	C=0
	G91 C-360	-360	C=0
0249 RELROUND_C=1 der Parameter ROLLAMNT_C wird angewandt			C=0
	G91 C450	90	C=90
	G91 C0	0	C=90
	G91 C-90	-90	C=0
	G91 C-360	0	C=0

6 Der Vorschub

6.1 Eilangsvorschub

Das Positionieren erfolgt auf die Wirkung des Befehls G00 im Eilgang.

Der Maschinenhersteller stellt die Eilgangswerte je Achse im Parameterfeld ein. Die Eilgangsgeschwindigkeit kann in jeder Achse verschieden sein.

Führen mehrere Achsen eine Eilgangsbewegung gleichzeitig aus, errechnet die Steuerung den Wert der resultierenden Geschwindigkeit, dass die Geschwindigkeitskomponenten in Achsrichtung die für die jeweilige Achse im Parameter definierte Eilgangsgrenze in keiner Achse überschreiten und das Positionieren binnen einer minimalen Zeit erfolgt.

Der Korrektorschalter modifiziert den Eilgangsvorschub, der die folgenden Stelle aufnehmen kann:

F0: der im RAPOVER Parameter geschriebene Wert in % interpretiert,
bzw. 25 %, 50 %, 100%.

Der Wert des Eilgangs überschreitet 100 % nicht.

Die Stellung 0% des Korrektorschalters unterbricht immer den Eilgangsvorschub.

Bei fehlendem Referenzpunkt sind die durch den Maschinenhersteller definierten, reduzierten Eilgangswerte in den Achsen wirksam, solange das Anfahren des Referenzpunktes nicht erfolgt.

Die Steuerung kann die obigen Eilgangsprozentwerte auch vom Korrektorschalter nehmen.

Bei traditionellem Fahren (Jog) ist die Geschwindigkeit ein, in jeder Achse unterschiedlicher, ebenso im Parameterfeld eingestellter Wert, der sich von der positionierenden Eilgangsgeschwindigkeit unterscheidet. Sinngemäß ist diese Geschwindigkeit kleiner als die Positioniergeschwindigkeit, damit die zum Anhalten erforderliche menschliche Reaktionszeit einkalkuliert werden kann.

6.2 Arbeitsvorschub

Der Vorschub wird unter der **F**-Adresse programmiert. Der programmierte Vorschub ist in den Geradeninterpolations- (G01) und den Kreisinterpolationssätzen (G02, G03) wirksam.

Der Vorschub ist der programmierten Bahn entlang tangential.

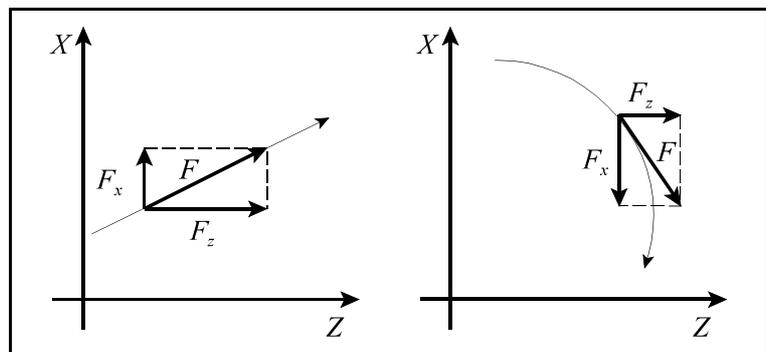


Abb. 6.2-1

F : Tangentialer Vorschub (programmierter Wert)

F_x : Vorschubkomponente in der X-Richtung

F_z : Vorschubkomponente in der Z-Richtung

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_z^2}$$

Der programmierte Vorschub kann mit Hilfe des Korrektorschalters im Bereich von 0 bis 120%,

mit Ausnahme des Zustandes G63, Korrektorschalter und Stop-Sperre, modifiziert werden. Der Wert des Vorschubs F ist erblich. Nach dem Einschalten der Steuerung wird der im Parameter *FEED* des Parameterfeldes eingestellte Vorschubswert wirksam.

6.2.1 Vorschub pro Minute und pro Umdrehung (G94, G95)

Die Masseinheit des Vorschubes kann durch die Codes G94 und G95 im Programm angegeben werden:

G94: Vorschub pro Minute

G95: Vorschub pro Umdrehung

Unter Vorschub pro Minute sind die in den Dimensionen mm/min, Zoll/min, oder Grad/min angegebenen Vorschübe verstanden.

Unter Vorschub pro Umdrehung sind die Vorschübe pro Hauptspindelumdrehung in den Dimensionen mm/Umdr, Zoll/Umdr, vagy Grad/Umdr verstanden. Umdrehungsvorschübe können nur dann programmiert werden, wenn die Spindel mit einem Impulsgeber ausgerüstet ist.

Erbliche Werte: Nach dem Einschalten der Steuerung werden die Zustände G94, oder G95, entsprechend der Parametergruppe *CODES* des Parameterfeldes angewählt. Der Zustand G94/G95 beeinflusst die Eilgangsvorschübe nicht, sie sind immer in mm/min verstanden.

Die untenstehende Tabelle zeigt die für die F-Adresse programmierbaren Höchstwerte für verschiedene Fälle:

Eingangsmasssystem	Ausgangsmasssystem	Inkrementensystem	Grenzwerte der F-Adresse	Dimension
mm	mm	IS-A	0.001 - 250000	mm oder Grad/Min.
		IS-B	0.0001 - 25000	
		IS-C	0.00001 - 2500	
		IS-A	0.0001 - 5000	mm oder Grad/Umdr.
		IS-B	0.00001 - 500	
		IS-C	0.000001 - 50	
Zoll	mm	IS-A	0.0001 - 9842.5197	Zoll oder Grad/Min.
		IS-B	0.00001 - 984.25197	
		IS-C	0.000001 - 98.25197	
		IS-A	0.00001 - 196.85039	Zoll oder Grad/Umdr.
		IS-B	0.000001 - 19.685039	
		IS-C	0.0000001 - 1.9685039	
Zoll	Zoll	IS-A	0.0001 - 25000	Zoll oder Grad/Min.
		IS-B	0.00001 - 2500	
		IS-C	0.000001 - 250	
		IS-A	0.00001 - 500	Zoll oder Grad/Umdr.
		IS-B	0.000001 - 50	
		IS-C	0.0000001 - 5	
mm	Zoll	IS-A	0.001 - 250000	mm oder Grad/Min.
		IS-B	0.0001-25000	
		IS-C	0.00001-2500	
		IS-A	0.0001 - 5000	mm oder Grad/Umdr.
		IS-B	0.00001-500	
		IS-C	0.000001-50	

6.2.2 Abgrenzung des Arbeitsvorschubes

Der Maschinenhersteller kann den für die Maschine programmierbaren Höchstvorschub pro Achsen im Parameterfeld beschränken. Die hier eingestellten Werte sind immer in Minute interpretiert. Gleichzeitig ist dieser Wert die Geschwindigkeit der Vorschubbewegungen im eingeschalteten Zustand des Schalters TROCKENLAUF. Wird ein davon grösserer Vorschub programmiert, beschränkt die Steuerung die Geschwindigkeit aufgrund des Parameters im Laufe der Programm-

durchführung.

Der Maximalwert des traditionellen Vorschubes kann im Parameterfeld gesondert eingestellt werden, damit die menschliche Reaktionszeit in Rechnung getragen wird.

6.3 Beschleunigung/Verzögerung. Inbetrachtungnahme des Vorschubs F

Die Beschleunigung beim Starten und die Verzögerung beim Anhalten der Bewegungen ist erforderlich, damit die Wirkung der auftretenden, die Maschine mechanisch in Anspruch nehmenden Kräfte minimalisiert bzw. auf einem annehmbaren Niveau gehalten wird.

Unter normalen Umständen beschleunigt bzw. verzögert die Steuerung in den folgenden Fällen:

- im Falle manueller Bewegungen,
- im Laufe des Eilgangspositionierens (G0) startet die Bewegung am Anfang des Satzes immer von der Geschwindigkeit 0 und verzögert am Ende des Positionierens immer auf die Geschwindigkeit 0,
- im Falle von Vorschubbewegungen (G1, G2, G3) startet die Bewegung am Anfang des Satzes im Zustand G9 oder G61 immer von der Geschwindigkeit 0 und verzögert am Ende der Bewegung immer auf die Geschwindigkeit 0,
- im Falle von Vorschubbewegungen (G1, G2, G3) und mehreren nacheinander folgenden Vorschubsätzen beschleunigt die Bewegung am Anfang der Satzreihe und verzögert am Ende,
- im obigen Fall beschleunigt bzw. verzögert auch zwischen den Vorschubsätzen, wenn Ecke detektiert wird,
- im obigen Fall beschleunigt bzw. verzögert auch dann, wenn der Vorschub (F) in irgendeinem Satz geändert wird oder irgendeine vorschubbeschränkende Funktion im bestimmten Satz gilt,
- verzögert, wenn der Vorschub mit der STOP-Taste angehalten wird, bzw. beschleunigt, wenn der Vorschub mit START gestartet wird,
- hält mit Verzögerung an, wenn Funktionsdurchführung nach der Bewegung folgt und am Ende des Satzes, wenn der Schalter SATZWEISE gilt.

Die Steuerung beschleunigt immer den Wert des gemeinsamen (vektoriellen) Vorschubs und keine Vorschubkomponenten auf den Achsen. Es kann zweierlei Beschleunigung eingestellt werden:

- lineare und
- glockenkurvenförmige.

Im Falle linearer Beschleunigung ist der Beschleunigungswert während der Beschleunigung bzw. Verzögerung konstant, die Steuerung erhöht den Vorschub beim Start bzw. vermindert den Vorschub beim Anhalten gemäss linearer Funktion. Verschiedene Beschleunigungswerte können pro Achsen in Parameter $ACCn$ in Dimension mm/sec^2 Ihrem Anspruch gemäss eingestellt werden. Nehmen mehrere Achsen an der Bewegung teil, beschleunigt bzw. verzögert die Steuerung immer gemäss dem Parameter der auf die kleinste Beschleunigung eingestellten Achse.

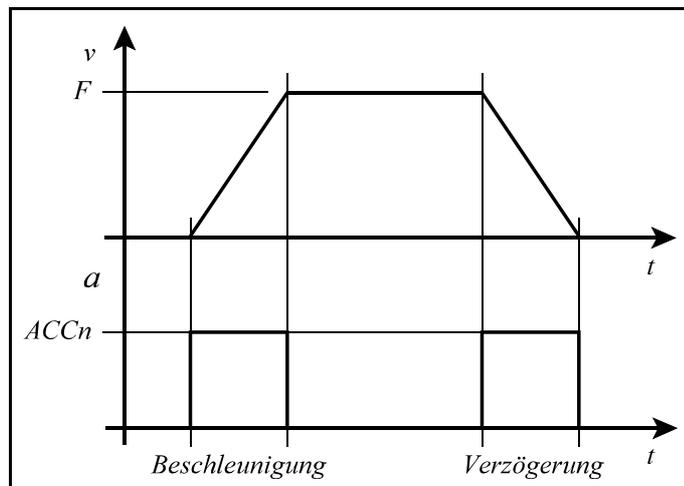


Abb. 6.3-1

Im Falle glockenkurvenförmiger Beschleunigung ändert sich auch der Beschleunigungswert während der Beschleunigung bzw. Verzögerung, erhöht sich linear, bis er den eingestellten Beschleunigungswert (Parameterwert $ACCn$) erreicht bzw. vermindert sich linear, bevor er die Zielgeschwindigkeit erreicht. Infolge des Obigen ist die Form des An-, Ablaufs des Vorschubs abhängig von der Zeit Glockenkurve (Kurve zweiten Grades), deshalb wird es glockenkurvenförmige Beschleunigung genannt. Die Zeit T , während deren die Steuerung den eingestellten Beschleunigungswert erreicht, kann auf verschiedene Werte pro Achsen in Parameter $ACCTCn$ in Dimension msec Ihrem Anspruch gemäss eingestellt werden. Nehmen mehrere Achsen an der Bewegung teil, beschleunigt bzw. verzögert die Steuerung immer gemäss dem Parameter der auf die grösste Zeitkonstante eingestellten Achse.

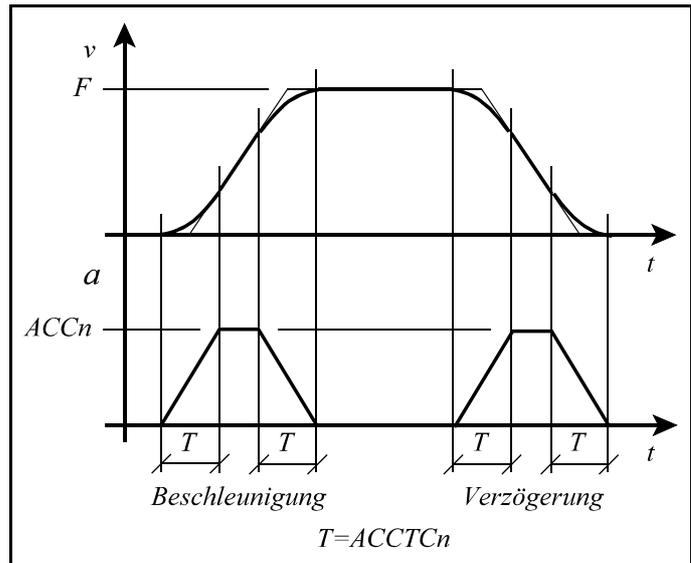


Abb. 6.3-2

Der Wert der Beschleunigungen und der Zeitkonstanten werden immer vom Maschinenkonstrukteur pro Achsen, abhängig von der dynamischen Belastbarkeit der Maschine bestimmt.

Die Steuerung beginnt mit Beschleunigung auf einen neuen, grösseren Vorschubwert als der vorige immer im Laufe der Durchführung des Satzes, in dem der neue Vorschub angegeben wurde. Erforderlicher Weise kann dieser Vorgang über mehrere Sätze hinaus dauern. Mit der Verzögerung auf eine neuere kleinere Vorschubgeschwindigkeit wird immer in einem entsprechenden vorangehenden Satz begonnen, damit die Bearbeitung in dem Satz, in dem die neue kleinere Geschwindigkeit angegeben ist, mit der in ihm programmierten Geschwindigkeit begonnen wird.

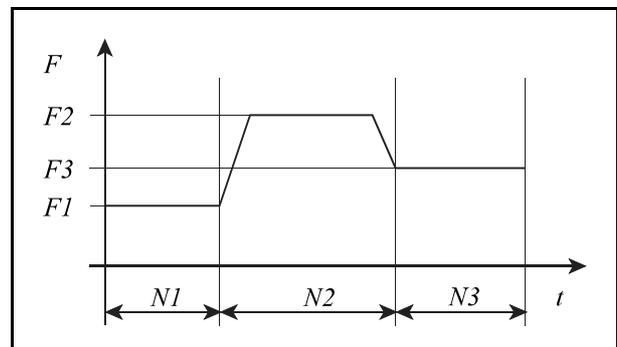


Abb. 6.3-3

Die Steuerung überwacht und registriert die tangentialen Geschwindigkeitsänderungen im voraus. Das ist erforderlich, damit die gewünschte Zielgeschwindigkeit durch eine eventuell über mehrere Sätze hinaus dauernde, kontinuierliche Beschleunigung erreicht wird. Diese Funktion gilt nur in der Betriebsart Vorarbeit mehrerer Sätze (MULTIBUFFER). (Parameterwert MULBUF ist 1.)

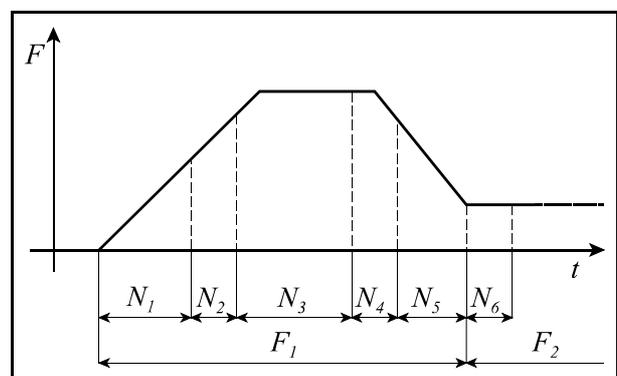


Abb. 6.3-4

6.4 Vorschubsteuernde Funktionen

Die vorschubsteuernden Funktionen sind bei der Bearbeitung von Ecken, sowie in den Fällen erforderlich, wenn die Technologie die Unwirksamkeit des Korrektur-, bzw. des Stop-Schalters für erforderlich macht.

Bei einer stetigen Bearbeitung können die Schlitten den durch die Steuerung ausgegebenen Wegbefehlen infolge der Trägheit nicht folgen. Die Ecken werden dabei mehr, oder weniger abgerundet.

Sind scharfe Ecken am Werkstück erforderlich, muss der Steuerung mitgeteilt werden, dass sie die Bewegung am Ende abbremsen und das Anhalten der Achsen abwarten soll.

Die nächste Bewegung darf erst danach angelassen werden.

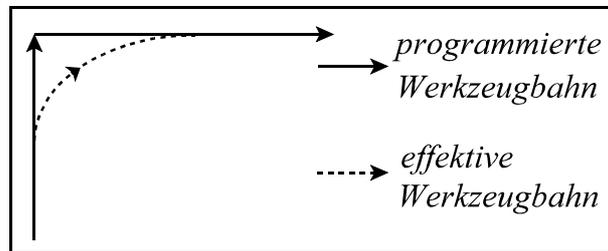


Abb. 6.4-1

6.4.1 G09: Genauhalt

Diese Funktion wird nicht geerbt, sie wirkt nur im Satz, in dem sie programmiert wurde. Am Ende des Satzes, in dem diese Funktion programmiert worden ist, bremst die Steuerung nach Ausführen der Interpolation, hält an und wartet das Signal In Position ab. Steht das Signal binnen 5 Sekunden nicht an, zeigt die Steuerung die Fehlermeldung *1020 POSITIONSFehler* an. Diese Funktion dient das genaue Umfahren von scharfen Ecken.

6.4.2 G61: Betriebsart Genauhalt

Diese Funktion wird geerbt und durch die Befehle G62, G63, G64 gelöscht. Die Steuerung bremst nach einer jeden Interpolation, hält an und wartet das Signal In Position ab und der nächste Interpolationszyklus wird erst dann gestartet. Steht das Signal binnen 5 Sekunden nicht an, zeigt die Steuerung die Fehlermeldung *1020 POSITIONSFehler* an.

6.4.3 G64: Betriebsart Stetiges Spanen

Erbliche Funktion. Nach dem Einschalten nimmt die Steuerung diesen Zustand an. Dieser Zustand wird durch die Codes G61, G62, G63 aufgehoben.

In dieser Betriebsart werden die Bewegungen nach Ausführen der Interpolation nicht gestoppt, die Schlitten werden nicht gebremst und die Interpolation des nächsten Satzes beginnt unverzüglich.

In dieser Betriebsart können scharfe Ecken nicht bearbeitet werden, da sie bei den Übergängen durch die Trägheit der Schlitten abgerundet werden.

6.4.4 G63: Betriebsart Korrektur- und Stop-Sperre

Erbliche Funktion. Die Codes G61, G64 heben diesen Zustand auf.

In dieser Betriebsart sind die Vorschub- und Drehzahlkorrektur, sowie der Vorschub-Stop unwirksam. Die Korrekturwerte werden unabhängig von der Stellung des Korrektorschalters für 100% angenommen. Nach der Interpolation wird nicht gebremst, sondern der nächste Interpolationszyklus wird sofort gestartet.

Diese Betriebsart kann bei der Bearbeitung unterschiedlicher Gewinden eingesetzt werden.

6.4.5 G62: Automatische Vorschubreduzierung bei inneren Ecken

Es ist eine erbliche Funktion. Die Codes G61, G63, G64 heben diesen Zustand auf.

Bei der Bearbeitung innerer Ecken vergrößert sich die auf das Werkzeug wirkende Spankraft in den der Ecke vorangehenden und der Ecke folgenden Strecken. Im dessen Interesse, dass das Werkzeug nicht schwingt und eine befriedigende Oberfläche entsteht, reduziert die Steuerung den Vorschub auf der der Ecke vorangehenden und auf der der Ecke folgenden Strecke bei eingeschaltetem Zustand von G62 automatisch.

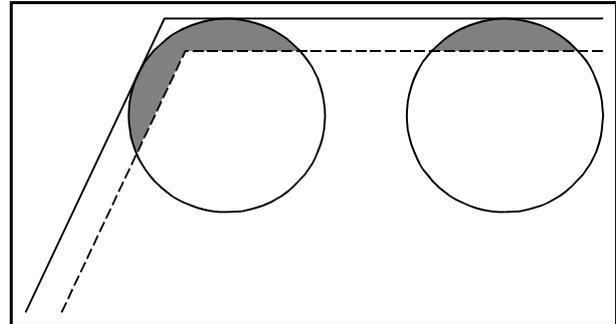


Abb. 6.4.5-1

Die Vorschubverminderung ist unter den folgenden Bedingungen wirksam:

- 1. Eingeschalteter Zustand einer in der Ebene liegenden Werkzeuggradientkorrektur (G41, G42),
- 2. zwischen den Sätzen G0, G1, G2, G3,
- 3. bei den Bewegungen in der angewählten Ebene,
- 4. wenn die Ecke von innen umgefahren wird,
- 5. wenn der Winkel der Ecke kleiner, als im Parameterfeld bestimmt ist,
- 6. innerhalb eines im Parameterfeld bestimmten Abstandes vor und nach der Ecke.

Die Funktion Vorschubverminderung ist für alle möglichen vier Fälle, für Gerade-Gerade, Gerade-Kreis, Kreis-Gerade und Kreis-Kreis wirksam.

Die Größe des innenliegenden Winkels Θ kann im Parameter *CORNANGL* im Bereich 1 - 180° eingestellt werden.

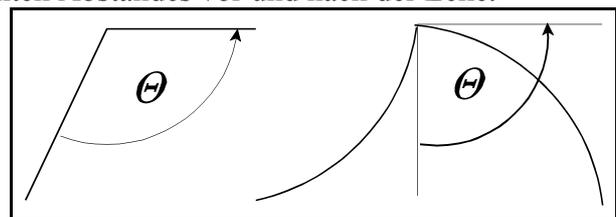


Abb. 6.4.5-2

Die Steuerung beginnt im Abstand L_1 vor der Ecke zu verzögern und im Abstand L_g zu beschleunigen. Bei Kreisbögen werden die Abstände L_1 und L_g entlang dem Bogen gemessen. Die Bestimmung des Abstandes L_1 erfolgt im Parameter *DECDIST*, die des Abstandes L_g im Parameter *ACCDIST*.

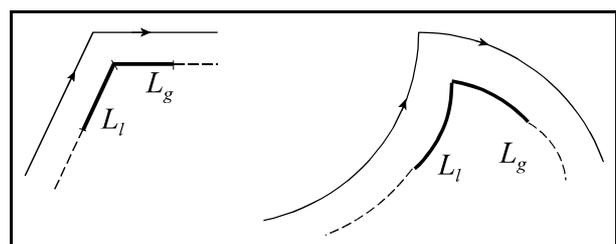


Abb. 6.4.5-3

Der Korrekturwert, worauf der Vorschub vermindert wird, kann im Parameter *CORNOVER* prozentual eingestellt werden. Die Korrektur wird im Abstand L_1 vor der Ecke wirksam und sie bleibt bis zum Abstand L_g nach der Ecke wirksam. Die Steuerung nimmt die Werte des Eckenprozentes und des Vorschubprozentes gemeinsam in Betracht:

$$F * \text{Vorschub\%} * \text{Ecke\%}$$

Soll ein Genauhalt im Zustand G62 programmiert werden, ist G09 in den gegebenen Satz eingegeben werden.

6.4.6 Automatische Vorschubreduzierung bei inneren Kreisbögen

Bei der Innenbearbeitung von Kreisbögen, im eingeschalteten Zustand der ebenen Werkzeugradienkorrektur (G41, G42) reduziert die Steuerung den Vorschub automatisch so, dass der programmierte Vorschubwert aus dem Radius der Zerspanung gilt. Die Grösse des Vorschubes im Mittelpunkt des Werkzeugradius:

$$F_c = \frac{R_c}{R} F$$

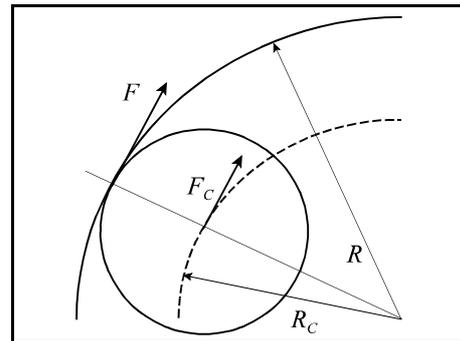


Abb. 6.4.6-1

worin

F_c : der Mittelpunktverschiebung des Mittelpunktes des Werkzeugradius (korrigierter Vorschub)

R : der programmierte Kreisradius,

R_c : der korrigierte Kreisradius,

F : der programmierte Vorschub

sind.

Die automatische Vorschubreduzierung ist unten durch den Parameter *CIRCOVER* abbegrenzt, in dem das Minimum der Vorschubverminderung prozentual bestimmt werden kann. Die infolge des Kreisradius erforderliche Korrektur wird mit den Werten des Vorschubes und der Eckenkorrektur multipliziert und so ausgegeben.

6.5 Automatische Verzögerung bei Ecken

Das Eilgangspositionieren G0 verzögert die Bewegung am Satzesendpunkt immer auf die Geschwindigkeit 0 und die Durchführung des nächsten Bewegungssatzes startet mit der Beschleunigung von 0. Zwischen Vorschubsätzen (G1, G2, G3) verzögert die Steuerung die Bewegung am Satzesendpunkt nur im Falle entsprechender Parametereinstellung, Vorschubgrösse und starkes Richtungswechsels der Bahn, im Falle von "Ecke." Gibt es keinen Bruch d.h. keinen starken Richtungswechsel in der Bahn, ist die Verzögerung unnötig und schädlich.

Das Detektieren der Vorschubwechsel (Ecken) und gleichzeitig die Vorschubverzögerung hat zwei Gründe:

- die Vorschubwechsel pro Achsen, die sich aus dem raschen Richtungswechsel der Bahn ergeben, können so stark sein, dass die Antriebe der Bahn ohne Verzögerung ohne Schwingung nicht folgen können, und es geht zu Lasten der Genauigkeit bzw. nimmt die Werkzeugmaschine mechanisch übertrieben in Anspruch.
- Der rasche Richtungswechsel der Bahn bedeutet Ecke. Soll die Ecke im Laufe der Zerspanung "scharf" gemacht werden, ist zu verzögern. Je mehr der Vorschub verzögert wird, desto schärfer wird die Ecke.

Wenn die Steuerung die Bewegung in zwei nacheinander folgenden Sätzen N1, N2 bei der Ecke nicht verzögert, treten Vorschubdifferenzen (ΔF_x , ΔF_z) gemäß der Abbildung entlang die einzelnen Achsen auf. Es hat zur Folge, dass das Werkzeug die Ecke in der Wahrheit abrundet.

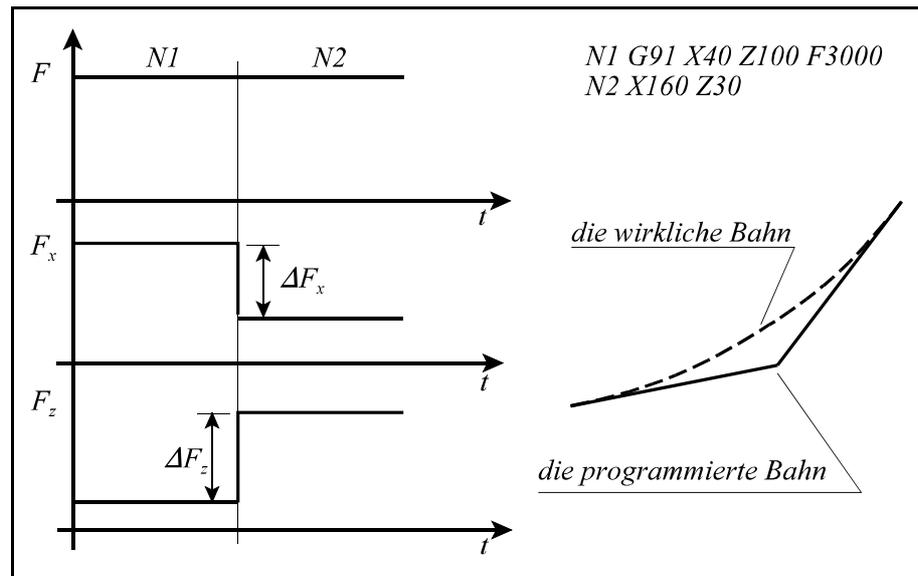


Abb. 6.5-1

Damit die Funktion Eckenverzögerung funktioniert, soll der Wert des Parameters 2501 CDEN gleich 1 sein.

Die Steuerung kann das Detektieren der Ecken auf zweierlei Art durchführen: die Änderung des Richtungswinkels der Bahn bzw. die Änderung der Vorschubkomponenten pro Achsen überwachend. Es kann aufgrund des Parameters ausgewählt werden, auf welcher Weise es funktionieren soll.

Verzögerung bei Ecken, die Änderung des Richtungswinkels der Bahn überwachend

Wenn der Parameter 2501 CDEN=1 und 2502 FEEDDIF=0 ist, wird die Verzögerung die Änderung des Richtungswinkels überwachend durchgeführt. Diese Einstellung funktioniert auch im Zustand G94 (Vorschub pro Minuten) und G95 (Vorschub pro Umdrehungen).

⚠ *Achtung: Da meistens Vorschub pro Umdrehungen bei Drehmaschinen programmiert wird, ist diese Einstellung hier anzuwenden.*

Wenn der Winkel α am Schnittpunkt der in den Sätzen N1, N2 bestimmten Geraden gemäß der beigelegten Abbildung den im Parameter zugelassenen Wert überschreitet, verzögert die Steuerung den Vorschub auf den Wert F_c .

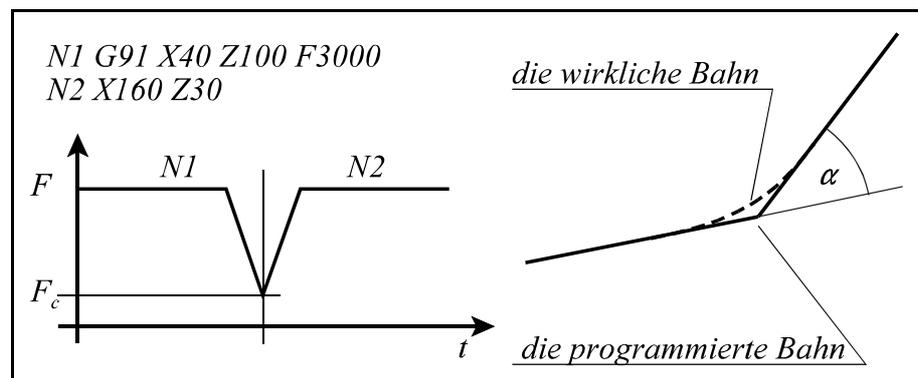


Abb. 6.5-2

Der Wert des kritischen Winkels kann im Parameter 2511 CRITICAN in Grad eingestellt werden. Der Wert des Parameters 2512 FEEDCORN gibt an, auf welchen Vorschub die Steuerung nach dem Überschreiten des kritischen Winkels verzögern soll: $F_c = \text{FEEDCORN}$.

Verzögerung bei Ecken, die Änderung der Vorschubkomponenten pro Achsen überwachend

Wenn 2501 CDEN=1 und 2502 FEEDDIF=1 ist, wird die Verzögerung die Änderung der Vorschubkomponenten überwachend durchgeführt. Diese Einstellung funktioniert nur im Zustand G94 (Vorschub pro Minuten).

Wenn der Vorschub am Schnittpunkt der in den Sätzen N1, N2 bestimmten Geraden gemäss der beigelegten Abbildung so verzögert wird, dass das Mass der Vorschubänderung auf keiner der Achsen die auf die entsprechende Achse im Parameter (ΔF_{xmax} , ΔF_{zmax}) zugelassene kritische Vorschubdifferenz überschreiten darf, spitzt das Werkzeug die Ecke abhängig vom kritischen Vorschub zu.

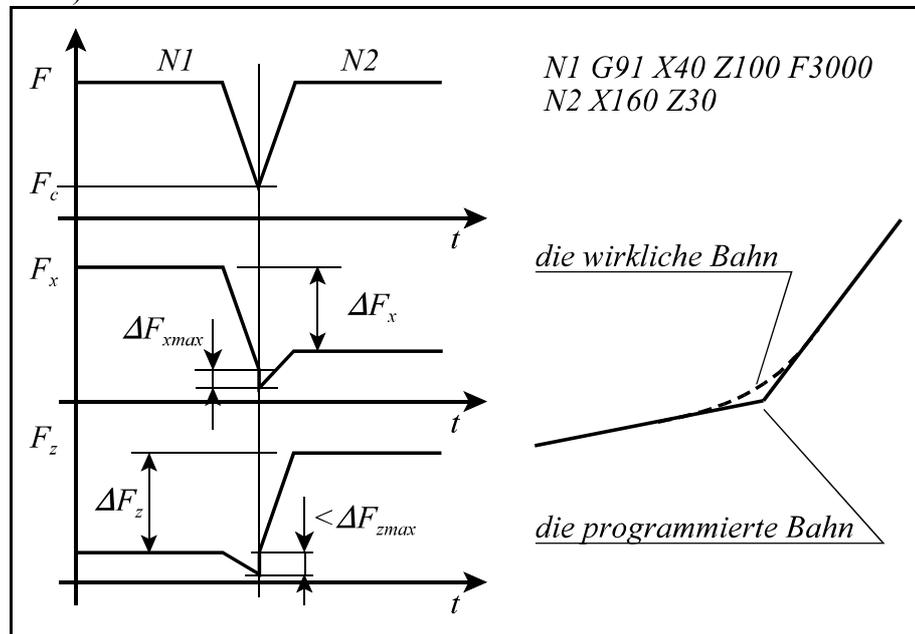


Abb. 6.5-3

Der Vorschub ergibt sich im Eckpunkt so, dass die kritischen Vorschubwerte mit den sich ergebenden Werten der Vorschubänderungen pro Achsen verteilt und der Minimalwert mit dem programmierten Vorschub multipliziert wird. Es wird auf den sich so ergebenden Vorschub F_c bei der Ecke verzögert:

$$F_c = \min \left\{ \frac{\Delta F_{x \max}}{\Delta F_x}, \frac{\Delta F_{z \max}}{\Delta F_z}, \dots \right\} \times F$$

wo:

$\Delta F_{xmax}, \Delta F_{zmax}, \dots$: auf die Achsen X, Z, ... eingestellter entsprechender Parameter 252n CRITFDIFn

$\Delta F_x, \Delta F_z, \dots$: sich auf den Achsen X, Z, ... ergebende Vorschubdifferenz.

Das Mass des so reduzierten Vorschubs hängt von der geometrischen Stellung der Ecke ab. Nehmen wir den folgenden Beispiel:

Wenn eine Ecke von 90° in den mit den Achsen parallelen Richtungen umgangen wird und der Wert des kritischen Vorschubs 500mm/min auf beiden Achsen ist, soll der Vorschub bei den Ecken auf diese Geschwindigkeit verzögert werden.

Wenn aber die Schenkel der rechtwinkligen Ecke einen Winkel von 45° mit den Achsen einschliessen, soll der Vorschub auf 354 mm/min verzögert werden.

Im Falle der Parametereinstellung 2503 $GEO=0$ geht die Steuerung dem Obigen gemäss vor. So wird der Vorschub immer höchstmöglich sein.

Im Falle der Parametereinstellung 2503 $GEO=1$ geht die Steuerung vom schlechtesten Fall (von 45°) aus und arbeitet mit dem beim Fall von 45° gültigen Vorschub unabhängig von der geometrischen Stelle der Winkelschenkel. Es kann ein Vorschubreduzieren von max. 30 % erfolgen.

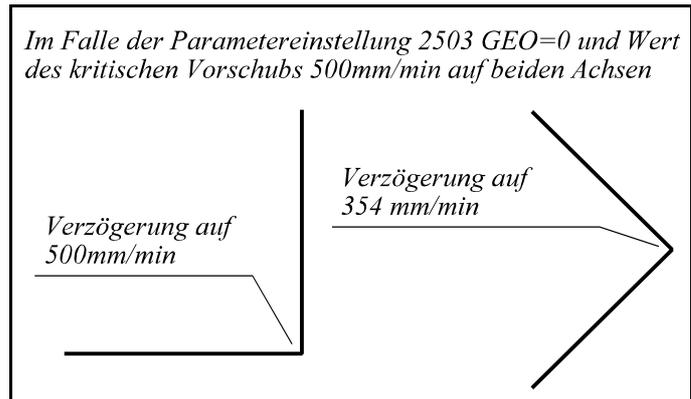


Abb. 6.5-4

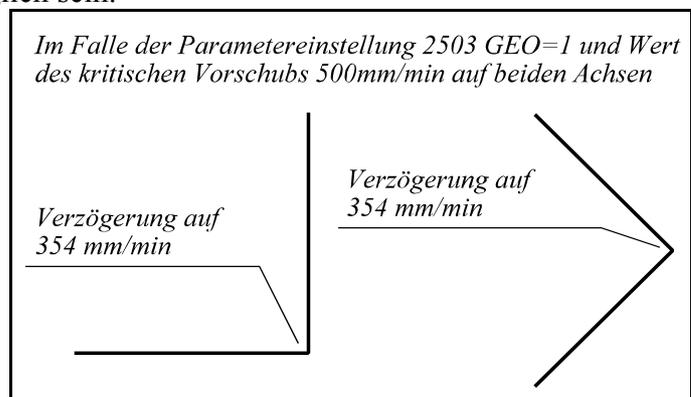


Abb. 6.5-5

Achtung:

Die automatische Vorschubverzögerung bei den Ecken ist mit der Funktion Genauhalt ($G9$, $G61$) nicht zu verwechseln. Im letzten Fall verzögert die Steuerung die Bewegung immer, am Endpunkt jedes Satzes auf die Geschwindigkeit 0 und wartet auf das Zeichen "in Position".

Sie ist mit dem automatischen Vorschubreduzieren bei den inneren Ecken ($G62$) auch nicht zu verwechseln, das nur im Zustand $G41$. $G42$ wirkt. In diesem Fall vermindert die Steuerung den Vorschubwert schon vor der Ecke auf die im Parameter bestimmte Strecke.

6.6 Beschränkung der Beschleunigungen entlang die Bahn in normaler Richtung bei Kreisbögen

Die Steuerung hält den Vorschub während der Bearbeitung entlang die Tangente der Bahn (in tangentialer Richtung) auf einem konstanten Wert. Es hat zur Folge, dass keine Beschleunigungskomponenten in tangentialer Richtung auftreten. Es ist aber in normaler Richtung (in zur Bahn bzw. zur Geschwindigkeit senkrechter Richtung) nicht so. Die auf Achsen wirkenden Komponenten der Beschleunigung in normaler Richtung können die auf die bestimmten Achsen zugelassenen Werte auf den einzelnen Achsen überschreiten. Es ist folgenderweise zu vermeiden: die Geschwindigkeit entlang die Bahn soll im Masse der Krümmung der Bahn beschränkt werden.

Im Laufe der Bearbeitung der Kreisbögen wird die F Grösse des Vorschubs aufgrund der Beziehung

$$F = \sqrt{a \cdot r}$$

beschränkt, wo:

a : der kleinere Wert zwischen den auf die an der Kreisinterpolation teilnehmenden Achsen bestimmten Beschleunigungswerten (Parameter $470n ACCn$) ist

r : der Radius des Kreises.

Die Kreisinterpolation wird schon mit der so ausgerechneten Geschwindigkeit gestartet.

Die Geschwindigkeit wird nicht auf kleineren, als im Parameter $2513 CIRC FMIN$ bestimmter Vorschub reduziert, unabhängig von der obigen Beziehung.

⚠ Achtung:

Diese Funktion ist mit dem automatischen Vorschubreduzieren bei der inneren Bearbeitung der Kreisbögen im Zustand G41, G42 nicht zu verwechseln.

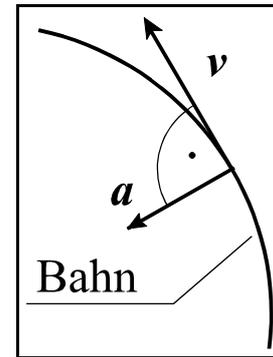


Abb. 6.6-1

7 Die Verweilzeit: G04

Durch den Befehl

(G94) **G04** P....

kann eine Wartezeit in Sekunden programmiert werden. Wertbereich von P: 0.001 - 99999.999 sec.

Durch den Befehl

(G95) **G04** P....

kann eine Wartezeit in Spindelumdrehungen programmiert werden. Wertbereich von P: 0.001 - 99999.999 Umdrehungen.

In Abhängigkeit des Parameters *SECOND* kann die Wartezeit immer in Sekunden, unabhängig von den Zuständen G94, G95, interpretiert werden.

Die Wartezeit bezieht sich immer auf die eine verzögerte Ausführung des nächsten programmierten Satzes. Diese Funktion ist von einmaliger Wirkung.

Während der Wartezeit wird die Aufschrift **WART** im den 5. Interpolationszustand zeigenden Statusfenster angezeigt, damit die Aufmerksamkeit auf die Ursache des Stillstandes der Schlitten gelenkt wird.

8 Der Referenzpunkt

Der Referenzpunkt ist ein fester Punkt auf der Werkzeugmaschine, den die Steuerung einfach anfahren kann. Die Position des Referenzpunktes im Maschinen-Koordinatensystem kann durch einen Parameter bestimmt werden. Nach erfolgtem Referenzpunktfahren können die Werkstück-Koordinatensysteme vermessen und absolute Positionen angefahren werden. Die parametrierten Endstellungen und die programmierte Abgrenzung des Arbeitsraumes sind erst nach erfolgtem Anfahren des Referenzpunktes.

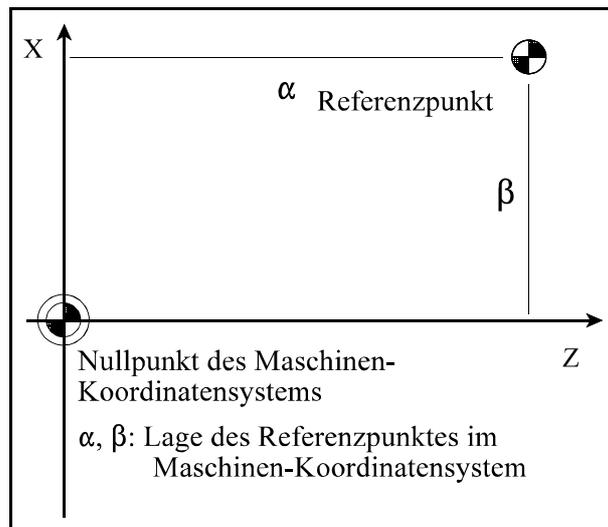


Abb. 8-1

8.1 Automatisches Referenzpunktfahren (G28)

Durch die Anweisung

G28 v

werden Referenzpunkte in den im Vektor v bestimmten Achsen angefahren. Die Bewegungen setzen sich aus zwei Teilen zusammen.

Zunächst werden die Schlitten auf die durch den Vektor v festgelegten Zwischenkoordinaten mit einer linearen Bewegung gesteuert. Die angegebenen Koordinatenwerte können absolut oder inkremental sein. Die Bewegungen erfolgen stets im aktuellen Koordinatensystem.

Die Endpunkte der linearen Bewegungen werden so angefahren, dass der Vektor der Werkzeugradienkorrektur gelöscht wird.

Die Koordinaten des zwischenliegenden Punktes werden für die durch den Vektor v bestimmten Achsen abgespeichert.

In der zweiten Phase werden die Schlitten in den durch den Vektor v bestimmten Achsen gleichzeitig, wie es bei der manuellen Referenzpunktaufnahme bestimmt ist, auf den Referenzpunkt gesteuert.

Die Referenzpunktaufnahme erfolgt mit einer nichtlinearen Bewegung und mit einer für jede Achse bestimmten Geschwindigkeit. Nach erfolgter Referenzpunktaufnahme nimmt die Steuerung die im Parameterfeld bestimmte Ausgangsposition an.

Dieser Kode ist nicht erblich.

Anmerkungen:

- Der Befehl G28 nimmt den Referenzpunkt immer der manuellen Referenzpunktaufnahme entsprechend auf.
- Existiert noch kein gültiger Referenzpunkt, müssen die zwischenliegenden v -Koordinaten mit inkrementalen Werten behaftet werden.
- Die im G28-Satz programmierten Zwischenkoordinaten werden abgespeichert und bis zum Ausschalten aufbewahrt. Also, für die Koordinaten, die im momentanen G28-Befehl keinen Wert erhalten haben, bleibt der im früheren G28-Befehl bestimmte Zwischenwert

gültig. Z.B.:

G28 X100	Zwischenpunkt: X=100, Z=0
G28 Z200	Zwischenpunkt: X=100, Z=200

8.2 Positionieren auf die Referenzpunkte 1, 2, 3, 4 (G30)

Die Anweisungsfolge

G30 v P

steuert die unter den Adressen des v-Vektors bestimmten Achsen auf den unter der P-Adresse definierten Achsen.

P1: Referenzpunkt 1

P2: Referenzpunkt 2

P3: Referenzpunkt 3

P4: Referenzpunkt 4

Die Referenzpunkte sind durch Parameter bestimmte Punkte im Maschinen-Koordinatensystem (*REFPOS1*,...,*REFPOS4*), die in der Regel zum Bestimmen verschiedener Wechsellpositionen, wie Werkzeugwechsellposition, Palettenwechsellposition angewandt werden. Der erste Referenzpunkt ist immer die Position des Maschinen-Referenzpunktes, d.h. der Punkt, auf den die Steuerung beim Referenzpunktfahren positioniert.

Diese Anweisung funktioniert erst nach Aufnahme des Maschinen-Referenzpunktes.

Die Bewegung setzt sich aus zwei Strecken zusammen. Zunächst werden die Schlitten auf die durch den Vektor v festgelegten Zwischenkoordinaten mit einer linearen Bewegung im Eilgang gesteuert. Die angegebenen Koordinatenwerte können absolut oder inkremental sein. Die Bewegungen erfolgen stets im aktuellen Koordinatensystem. Die Endpunkte der linearen Bewegungen werden so angefahren, dass der Vektor der Werkzeugradienkorrektur gelöscht wird. Die Koordinaten des zwischenliegenden Punktes werden für die durch den Vektor v bestimmten Achsen im aktuellen Koordinatensystem abgespeichert. Die so abgespeicherten Koordinaten überschreiben die in der Anweisung G28 abgelegten Koordinaten.

In der zweiten Phase werden die Schlitten in den durch den Vektor v bestimmten Achsen auf den unter der P-Adresse angewählten Referenzpunkt positioniert.

Das Positionieren auf den Referenzpunkt erfolgt ohne Inbetrachtung der Korrekturvektoren (Länge, Verschiebung, 3dimensionaler Radius), sie brauchen vor der Ausgabe der Anweisung G30 nicht gelöscht zu werden, jedoch werden sie beim Programmieren weiterer Bewegungen durch die Steuerung aktualisiert. Die ebene Werkzeugradienkorrektur wird im ersten Bewegungssatz automatisch eingeschaltet.

Dieser Kode ist nicht erblich.

8.3 Automatischer Rückkehr von dem Referenzpunkt (G29)

Auf die Wirkung der Anweisung

G29 v

kehrt die Steuerung entlang den durch den Vektor v bestimmten Achsen vom Referenzpunkt automatisch zurück. Die Anweisung G29 wird nach G28 und G30 unverändert durchgeführt. Der Rückkehr erfolgt in zwei Phasen.

In der ersten Phase werden die Schlitten auf den während der Abarbeitung der Anweisung G28 oder G30 registrierten Zwischenpunkt in den durch den Vektor v bestimmten Achsen positioniert. Die Koordinaten des Zwischenpunktes werden geerbt. Werden Achsen in Bezug genommen, die in einem G29 vorangehenden G28- oder G30-Satz keinen Wert erhalten haben, wird der

nächstfrühere Wert in Betracht genommen. Die manuelle oder die automatische Referenzpunktaufnahme initialisiert den Koordinatenwert des Zwischenpunktes, d.h. die Koordinaten vor dem Beginn der Referenzpunktaufnahme werden als Zwischenpunkt registriert.

Der Zwischenpunkt wird bei Inbetrachtung der Werkzeuglänge, der Werkzeugverschiebung und der 3dimensionalen Werkzeugradienkorrektur angefahren.

Die Koordinaten des Zwischenpunktes gelten stets im aktuellen Werkstück-Koordinatensystem. Wurde z.B. ein Koordinatensystemwechsel nach dem Positionieren auf den Referenzpunkt und vor der Anweisung G29 programmiert, wird der Zwischenpunkt im neuen Koordinatensystem inbetrachtgenommen.

In der zweiten Phase wird von dem Zwischenpunkt auf den in der Anweisung G29 bestimmten Punkt der v-Koordinaten positioniert. Ist der Wert der v-Koordinate inkremental angegeben, wird die Weglänge von dem Zwischenpunkt beginnend errechnet.

Bei eingeschalteter ebener Werkzeugradienkorrektur wird der Endpunkt der Bewegung unter Inbetrachtung des Korrekturvektors angefahren.

Dieser Kode ist nicht erblich.

Anwendungsbeispiel für die Codes G30 und G29:

```
...  
G90  
...  
G30 P1 X200 Z500  
G29 X150 Z700  
...  
...
```

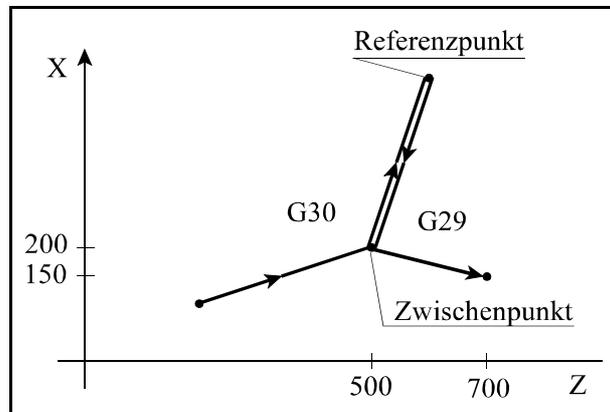


Abb. 8.3-1

9 Koordinatensysteme, Anwahl der Ebene

Eine Position, die das Werkzeug anfahren soll, wird im Programm durch die Angabe der Koordinaten definiert. Verfügt die Steuerung über 2 Achsen (X, Z), wird die Werkzeugposition durch zwei Koordinaten X_Z bestimmt.

Eine Werkzeugposition wird durch so viele Koordinaten bestimmt, wie viele Achsen die Maschine hat. Die Koordinatenangaben sind immer in einem gegebenen Koordinatensystem zu verstehen.

In der Steuerung sind dreierlei Koordinatensysteme verunterschieden:

1. Maschinen-Koordinatensystem
2. Werkstück-Koordinatensystem
3. lokales Koordinatensystem.

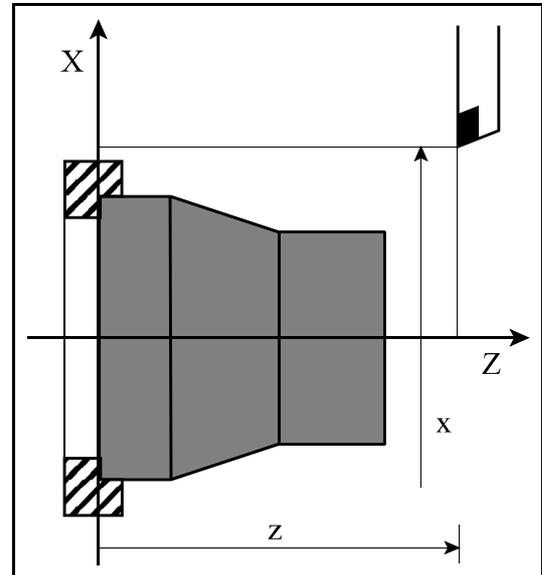


Abb. 9-1

9.1 Das Maschinen-Koordinatensystem

Der Maschinennullpunkt, d.h. der des Maschinen-Koordinatensystems ist ein fester Punkt auf der Werkzeugmaschine, der i.a. vom Maschinenhersteller bestimmt ist. Die Steuerung erfasst das Maschinen-Koordinatensystem beim Referenzpunktfahren.

Nachdem das Maschinen-Koordinatensystem erfasst worden ist, wird es weder von einem Wechsel des Koordinatensystems (G54...G59) noch anderen Koordinatentransformationen (G52, G92), sondern nur durch Ausschalten der Steuerung abgeändert.

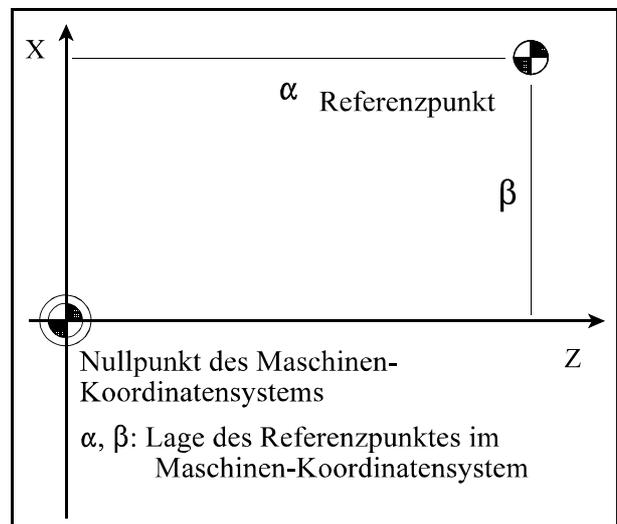


Abb. 9.1-2

9.1.1 Einstellen des Maschinen-Koordinatensystems

Das Maschinen-Koordinatensystem kann im Parameterfeld nach erfolgtem Referenzpunktfahren erfolgen. Als REFPOS1 Parametergruppe ist der Abstand zwischen dem Referenzpunkt und dem Nullpunkt des Maschinen-Koordinatensystems pro Achsen einzugeben.

9.1.2 Anwählen des Maschinen-Koordinatensystems (G53)

Auf die Wirkung der Anweisung

G53 v

fährt das Werkzeug auf die v-Koordinaten des Maschinen-Koordinatensystems.

- Unabhängig vom Zustand G90, G91 werden die v-Koordinaten immer als absolute Koordinaten betrachtet.
 - Der I-Operator ist nach den Koordinatenadressen oder U, V, W (wenn U, V, W nicht als Achse bestimmt sind) unwirksam.
 - Die Bewegung erfolgt immer im Eilgang, ähnlich wie bei G00.
 - Das Positionieren erfolgt immer unter Inbetrachtung der eingestellten Werkzeugkorrekturen.
- Die Anweisung G53 kann erst nach erfolgtem Referenzpunktfahren durchgeführt werden. Der Befehl G53 ist nur von einmaliger Wirkung, er wirkt nur im Satz, in dem er eingegeben worden ist.

9.2 Werkstück-Koordinatensysteme

Das Koordinatensystem, das bei der Bearbeitung eines Werkstückes angewandt wird, wird Werkstück-Koordinatensystem genannt. In der Steuerung können sechs verschiedene Werkstück-Koordinatensysteme definiert werden.

9.2.1 Einstellen der Werkstück-Koordinatensysteme

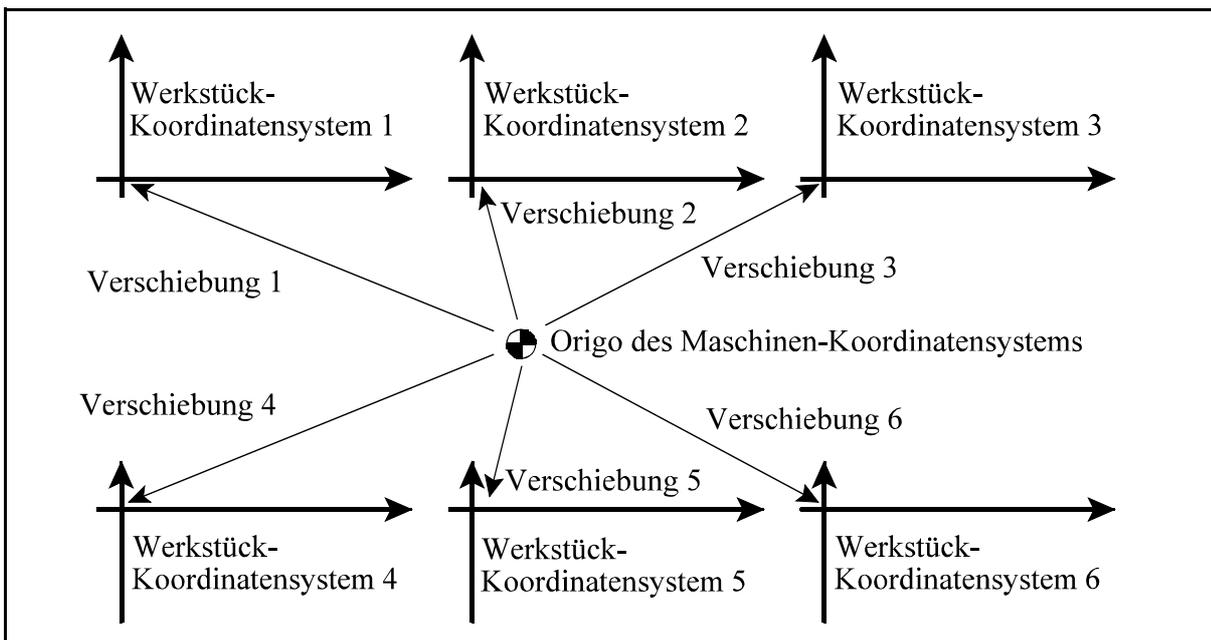


Abb. 9.2.1-1

Im Einrichtebetrieb können die Positionen der verschiedenen Werkstück-Koordinatensysteme im Maschinen-Koordinatensystem festgestellt und die erforderlichen Einstellungen vorgenommen werden.

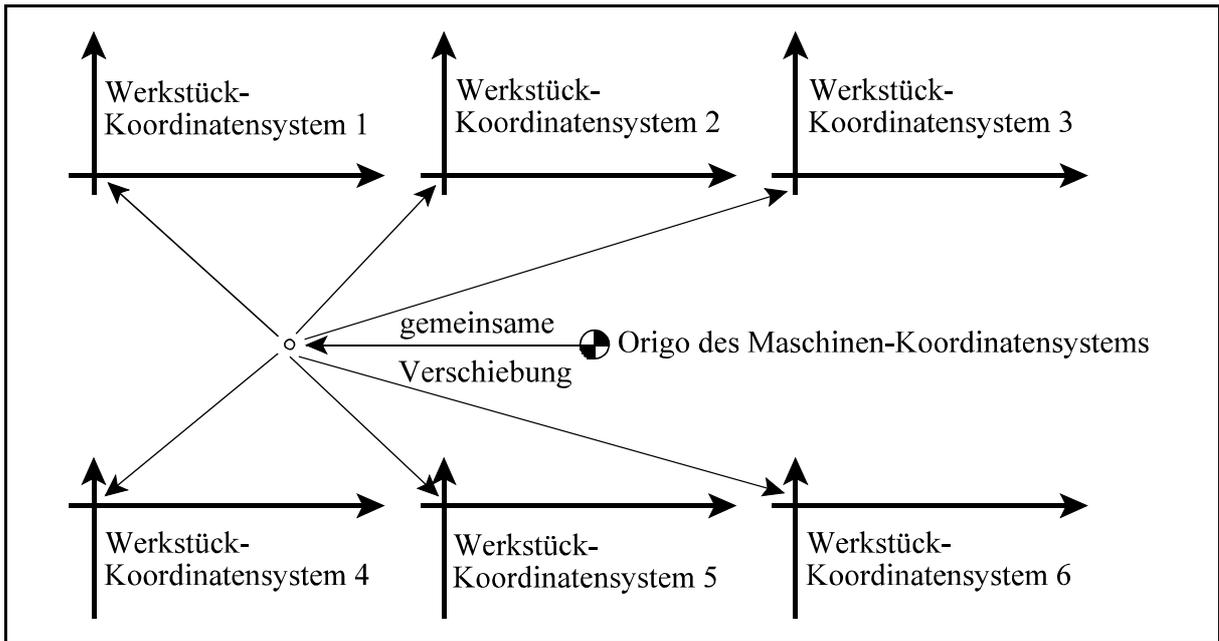


Abb. 9.2.1-2

Darüber hinaus können alle Werkstück-Koordinatensysteme um einen gemeinsamen Wert verschoben werden. Dies kann wiederum im Einrichtebetrieb erfolgen.

9.2.2 Anwählen des Werkstück-Koordinatensystems: G54, ..., G59

Die verschiedenen Werkstück-Koordinatensysteme können mit Hilfe der Anweisungen G54...G59 angewählt werden.

- G54.....Werkstück-Koordinatensystem 1
- G55.....Werkstück-Koordinatensystem 2
- G56.....Werkstück-Koordinatensystem 3
- G57.....Werkstück-Koordinatensystem 4
- G58.....Werkstück-Koordinatensystem 5
- G59.....Werkstück-Koordinatensystem 6

Vor dem Anfahren des Referenzpunktes sind diese erblichen Funktionen unwirksam. Nach erfolgtem Referenzpunktfahren wird das Werkstück-Koordinatensystem G54 angewählt.

Die Steuerung nimmt die absoluten Koordinatenangaben der Interpolationssätze im aktuellen Koordinatensystem in Betracht. Beispielweise positioniert die Steuerung bei der Anweisung

G56 G90 G00 X80 Z60

auf den Punkt $X=80$, $Z=60$ des Werkstück-Koordinatensystems 3. Die Verschiebungen der Werkstück-Koordinatensysteme können eingemessen werden und die Verschiebungswerte werden nach Ausschalten gerbt.

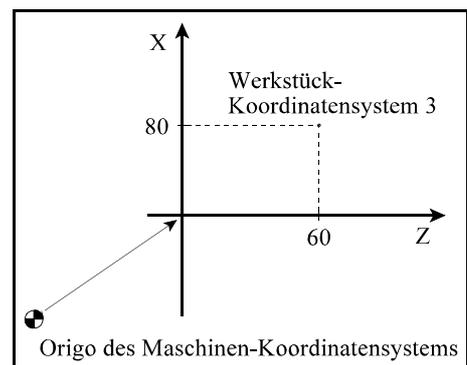


Abb. 9.2.2-1

Beim Wechseln des Werkstück-Koordinatensystems wird die Werkzeugposition im neuen Koordinatensystem angezeigt. Zum Beispiel: die Verschiebung des Werkstück-Koordinatensystems G54 zum Maschinen-Koordinatensystem ist $X=260$, $Z=80$ laut der Abbildung. Die Verschiebung des Werkstück-Koordinatensystems G55 im Maschinen-Koordinatensystem gerechnet ist $X=140$, $Z=180$. Im Koordinatensystem G54 X' , Z' entspricht die Werkzeugposition $X'=140$, $Z'=90$. Auf die Wirkung der Anweisung G55 wird die Werkzeugposition im Koordinatensystem X'' , Z'' interpretiert: $X''=260$, $Z''=-50$.

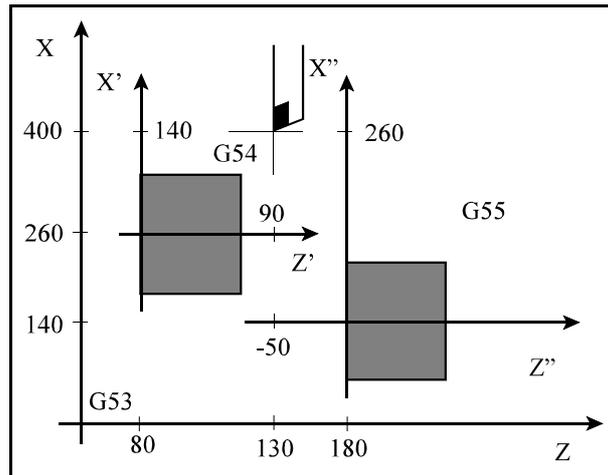


Abb. 9.2.2-2

9.2.3 Verschieben des Werkstück-Koordinatensystem aus dem Programm

Die Werkstück-Koordinatensysteme und ihre gemeinsame Verschiebung können durch eine gemeinsame Programmanweisung durchgeführt werden.

Dies erfolgt durch die Anweisung

G10 v L2 Pp

wobei

$p = 0$ Einstellung der gemeinsamen Verschiebung

$p = 1 \dots 6$ Einstellung der Werkstück-Koordinatensysteme 1-6

$v (X, Z, \dots)$: gemeinsamer Verschiebungswert je Achse.

Die Koordinatenangaben werden immer als absolute karthésische Koordinaten eingelesen. Die Anweisung G10 hat nur eine einmalige Wirkung.

9.2.4 Herstellen eines neuen Werkstück-Koordinatensystems (G92)

Auf die Wirkung der Anweisung

G92 v

wird ein neues Werkstück-Koordinatensystem gebildet, und zwar so, dass ein fester Punkt, z.B. die Werkzeugspitze (wenn eine Längenkorrektur programmiert ist), oder der Basispunkt des Werkzeughalters (wenn keine Längenkorrektur) wird der v -Koordinatenpunkt des neuen Werkstück-Koordinatensystems. Danach werden alle weiteren Absolutbefehle in diesem Koordinatensystem interpretiert und auch die Positionsanzeigen erfolgen in diesem System. Die im Befehl G92 angegebenen Koordinaten werden immer als rechtwinklige Absolutwerte interpretiert.

Befindet sich das Werkzeug beispielsweise im Koordinatenpunkt $X=200$, $Z=150$ des aktuellen X - Z -Werkstück-Koordinatensystems, wird auf die Wirkung der Anweisung

`G92 X120 Z90`

ein neues X' , Z' Koordinatensystem gebildet, in dem sich das Werkzeug in der Koordinatenpunkt $X'=120$, $Z'=90$ befindet. Die Komponenten des zwischen den Koordinatensystemen X, Z - X', Z' existierenden Verschiebungsvektors \vec{V}' sind:

$$V'_x = 200 - 80 = 120,$$

$$V'_z = 150 - 90 = 60.$$

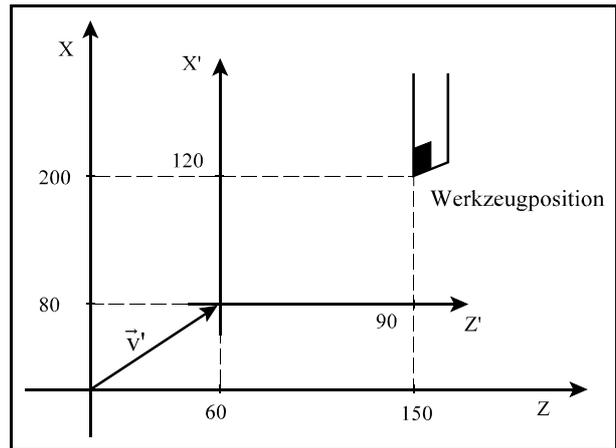


Abb. 9.2.4-1

Der Befehl G92 ist in allen sechs Werkstück-Koordinatensystemen wirksam, d.h. die in einem Koordinatensystem errechnete V -Verschiebung in den weiteren fünf Koordinaten wirksam wird.

☞ Anmerkungen:

- Eine durch die Anweisung G92 eingestellte Verschiebung eines Werkstück-Koordinatensystems wird durch die Ausführung der Programmierbefehle M2, M30 und durch RESET auf den Programmstart gelöscht.

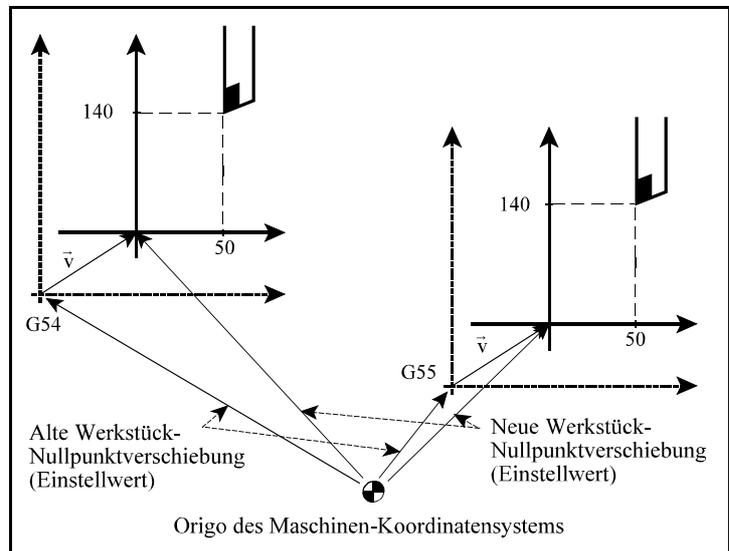


Abb. 9.2.4-2

- Die Anweisung G92 löscht die durch G52 programmierten Verschiebungen des lokalen Koordinatensystems in den Achsen, die in der Anweisung enthalten sind.

9.3 Das lokale Koordinatensystem (G52)

Beim Erstellen eines Teileprogrammes ist es in gewissen Fällen leichter, die Koordinatenangaben nicht im Werkstück-Koordinatensystem, sondern in einem anderen sog. lokalen Koordinatensystem anzugeben.

Die Anweisung

G52 v

bringt ein lokales Koordinatensystem zustande.

- Ist die v -Koordinate als Absolutwert angegeben, fällt das Origo des lokalen Koordinatensystems mit dem Punkt der v -Koordinate des Werkstück-Koordinatensystems zusammen.
- Ist die v -Koordinate inkremental angegeben, wird das Origo des lokalen Koordinatensystems um v verschoben, wenn ein lokales Koordinatensystem vorher definiert worden war. Ist es nicht der Fall, erfolgt die Verschiebung relativ zum Origo des Werkstück-Koordinaten-

systems.

Von nun an werden alle durch Absolutkoordinaten angegebenen Fahrbefehle im neuen Koordinatensystem ausgeführt. Die Positionen werden im neuen Koordinatensystem angezeigt. Die Werte der v-Koordinaten werden immer für rechtwinklige Koordinaten betrachtet.

Befindet sich das Werkzeug beispielsweise auf dem Koordinatenpunkt $X=200, Z=150$ des aktuellen X, Z Werkstück-Koordinatensystems, erzeugt die Anweisung

`G90 G52 X80 Z60`

ein neues lokales X', Z' Koordinatensystem, in dem sich das Werkzeug auf dem Koordinatenpunkt $X'=120, Z'=90$ befindet. Die Achskomponenten des Verschiebungsvektors V' zwischen den Koordinatensystemen $X, Z - X', Z'$ werden durch die Anweisung G52 bestimmt: $V'_x=80$, ill. $V'_z=60$.

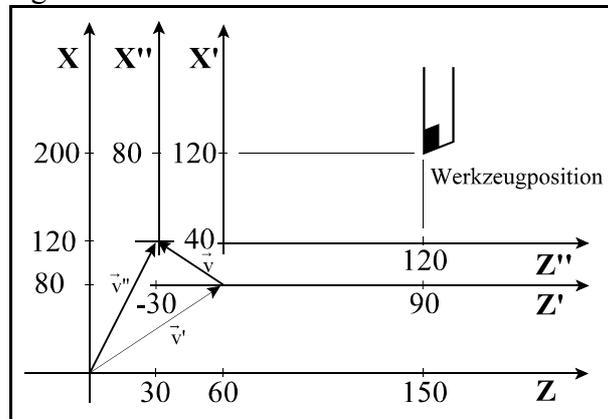


Abb. 9.3-1

Soll das lokale Koordinatensystem nun auf

den Punkt der Position X'', Z'' verlagert werden, können wir aus zwei Verfahren wählen:

- Bei absoluter Angabe: die Anweisung (G90) `G52 X120 Z30` setzt das Origo des X'', Z'' Koordinatensystems auf den Koordinatenpunkt $X=120, Z=30$ des X, Z Werkstück-Koordinatensystems um. Die Komponenten des Vektors V'' werden durch die Wertangabe $V''_x=120, V''_z=30$ gebildet.
- Bei inkrementaler Angabe: Die Anweisung `G91 G52 X40 Z -30` verlagert das Origo des X'', Z'' Koordinatensystems auf den Koordinatenpunkt $X'=40, Z'=-30$ im Koordinatensystem X', Z' . Die Komponenten des Vektors V werden mit der Wertangabe $V_x=40, V_z=-30$ gebildet. Der V'' -Vektor, der die Lage des neuen lokalen Koordinatensystems im Werkstück-Koordinatensystem X, Z anzeigt, ist: $V''=V'+V$. Dessen Komponenten sind: $V''_x=80+40=120, V''_z=60+(-30)=30$.

Die Werkzeugposition im Koordinatensystem X'', Z'' : $X''=80, Z''=120$.

Die Anweisung

G90 G52 v0

löscht die Verschiebungen in den v-Koordinatenpunkten.

Die Verschiebung des lokalen Koordinatensystems wird in allen Werkstück-Koordinatensystemen wirksam.

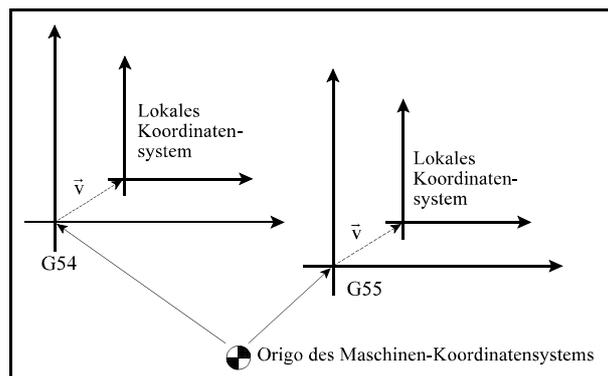


Abb. 9.3-2

In den Achsen, für die Werte gegeben worden sind, löscht das Programmieren der Anweisung G92 die durch die Anweisung G52 gebildeten Verschiebungen, als ob der Befehl G52 v0 ausgegeben wäre.

Befindet sich das Werkzeug im Koordinatenpunkt $X=240, Z=200$ des Werkstück-Koordinatensystems X, Z , erhält es die Position $X'=160, Z'=140$ im lokalen Koordinatensystem X', Z' auf die Wirkung der Anweisung

```
G52 X80 Z60.
```

Dann nimmt das Werkzeug auf die Wirkung des Befehls

```
G92 X80 Z110
```

die Position $X''=80, Z''=110$ im neuen Werkstück-Koordinatensystem X'', Z'' an. Also wird das lokale Koordinatensystem X', Z' auf die Wirkung des Befehls G92 gelöscht, als wäre der Befehl G52 X0 Z0 ausgegeben.

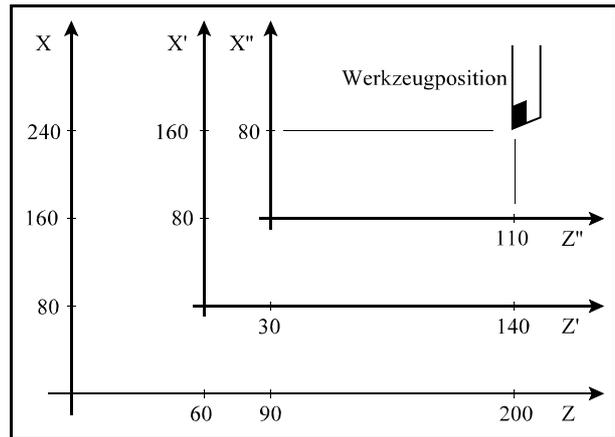


Abb. 9.3-3

Anmerkung:

- Durch die Durchführung der Befehle M2, M30, oder durch RESET auf den Programmanfang wird die Verschiebung des lokalen Koordinatensystems gelöscht.

9.4 Anwählen von Ebenen (G17, G18, G19)

Eine Ebene, in der

- eine Kreisinterpolation,
- eine Werkzeuggradienkorrektur in der Ebene,
- Positionierungen von Bohrzyklen

realisiert werden sollen, kann durch die folgenden G-Kodes angewählt werden:

G17.....Ebene $X_p Y_p$

G18.....Ebene $Z_p X_p$

G19.....Ebene $Y_p Z_p$

worin X_p : X , oder die dazu parallel liegende Achse,
 Y_p : Y , oder die dazu parallel liegende Achse,
 Z_p : Z , oder die dazu parallel liegende Achse
sind. Die Angewählte Ebene heisst Hauptebene.

Ob welche der parallelen Achsen angewählt wird, hängt von den durch die Anweisungen G17, G18, oder G19 in einem Satz programmierten Achsadressen ab:

Wenn X und U , Y und V , Z und W parallel liegende Achsen sind, dann wählt die Steuerung

- G17 X___ Y___ die Ebene XY,
- G17 X___ V___ die Ebene XV,
- G17 U___ V___ die Ebene UV,
- G18 X___ W___ die Ebene XW,
- G19 Y___ Z___ die Ebene YZ,
- G19 V___ Z___ die Ebene VZ

an.

Ist in einem Satz kein G17, G18, G19 angegeben, bleibt die angewählte Ebene unverändert:

- G17 X___ Y___ Ebene XY
- U___ Y___ bleibt die Ebene XY.

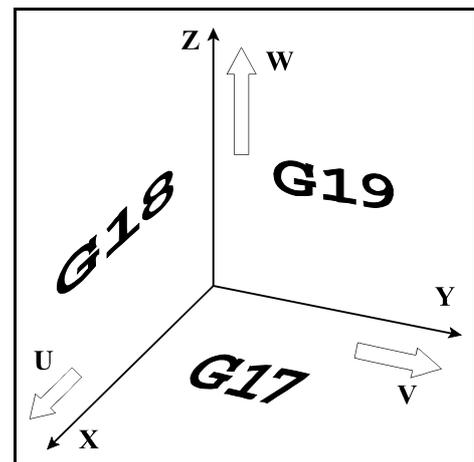


Abb. 9.4-1

Ist in den G17-, G18-, G19-Sätzen keine Achsadresse angegeben, wählt die Steuerung die Hauptachsen an:

G17	Ebene XY,
G17 X	Ebene XY,
G17 U	Ebene UY,
G17 V	Ebene XV,
G18	Ebene ZX,
G18 W	Ebene WX

Ein Fahrbefehl beeinträchtigt die Ebenenanwahl nicht:. Auf die Wirkung von
(G90) G17 G00 Z100

wird die Ebene XY angewählt und die Z-Achse bewegt sich auf den Koordinatenpunkt 100.
Nach dem Einschalten der Steuerung wird die im Parameter CODES des Parameterfeldes angegebene Ebene: G17, oder G18 angewählt.
Innerhalb eines Programmes können Ebenen auch mehrmals gewechselt werden.
Die Bezeichnung der U, V, W-Adressen für parallele Achsen kann im Parameterfeld erfolgen.

10 Die Spindelfunktion

10.1 Die Spindeldrehzahlbefehl (S-Kode)

Wird auf die S-Adresse eine höchstens fünfstellige Zahl eingeschrieben, sendet die NC einen Kode der PLC. In Anhängigkeit der Bauweise der gegebenen Werkzeugmaschine kann die PLC den S-Kode als einen Kode, oder einen in Umdrehungen pro Minute angegebenen Wert interpretieren. Wenn ein Fahrbefehl und eine Spindelumdrehung (S) in demselben Satz programmiert werden, wird die S-Funktion während Abarbeitung oder nach Abarbeitung des Fahrbefehls ausgegeben. Die Abarbeitungsweise wird vom Maschinenhersteller bestimmt.

Die unter der S-Adresse angegebenen Drehzahlwerte werden gerbt. Beim Einschalten nimmt die Steuerung die niedrigste Drehzahl des gegebenen Drehzahlbereiches an. Bei den verschiedenen Getriebestufen gibt es eine minimale und eine maximale Spindeldrehzahl, die von den Werkzeugmaschinenhersteller im Parameterfeld festgelegt sind.

10.2 Programmierung der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit

Die Funktion Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit kann nur im Falle stufenfreies Hauptantriebs angewandt werden. In diesem Fall ändert die Steuerung die Hauptspindeldrehzahl, dass die Geschwindigkeit des Werkzeugs im Vergleich zur Stückoberfläche stets konstant und mit dem programmierten Wert gleich ist.

Der Wert der konstanten Schnittgeschwindigkeit ist vom Inputmasssystem abhängig aufgrund der folgenden Tabelle zu bestimmen.

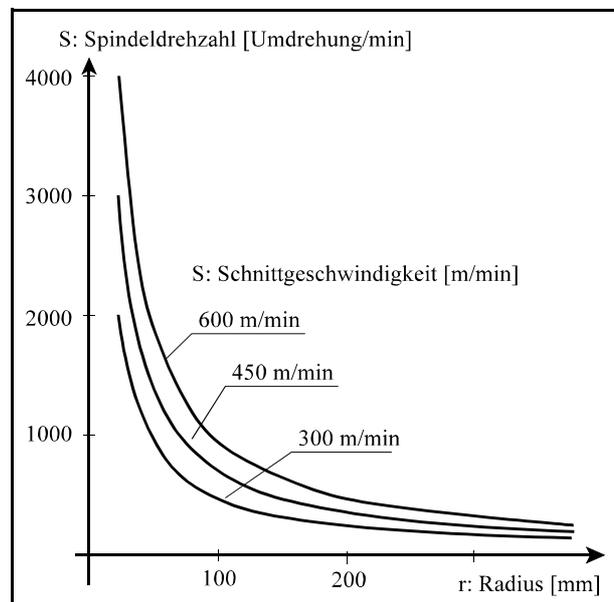


Abb. 10.2 -1

Input Masseinheit	Masseinheit der konstanten Schnittgeschwindigkeit
mm (G21 metrisch)	m/min (Meter/Min.)
Zoll (G20 in Zoll)	feet/min (Fuss/Min.)

10.2.1 Angabe der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit (G96, G97)

Die Anweisung

G96 S

schaltet die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit ein. Unter der Adresse S ist der Wert der konstanten Schnittgeschwindigkeit in der Masseinheit laut der obigen Tabelle anzugeben.

Die Anweisung

G97 S

schaltet die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit aus. Unter der Adresse S kann die gewünschte Hauptspindelumdrehung (in der Masseinheit Umdrehung/Min.) angegeben werden.

- Zum Zwecke der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit ist das Koordinatensystem so einzustellen, damit der Nullpunkt des Koordinatensystems mit der Drehachse zusammenfällt.
- Die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit ist nur dann wirksam, wenn der Hauptspindel mit M3 oder M4 gestartet wurde.
- Der Wert der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit wird geerbt, auch dann, wenn ihre Rechnung mit der Anweisung G97 ausgeschaltet wurde. Der Wert der konstanten Schnittgeschwindigkeit wird nach dem Einschalten durch den Parameter CTSURFSP bestimmt.

G96	S100	(100 M/Min. oder 100 Fuss/Min.)
G97	S1500	(1500 Umdrehung/Min.)
G96	X260	(100 M/Min. oder 100 Fuss/Min.)

- Die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit ist auch in der Art G94 (Vorschub/Min.) wirksam.
- Wenn die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit mit dem Befehl G97 ausgeschaltet und keine neue Hauptspindelumdrehung angegeben wurde, bleibt die im Zustand G96 aufgenommene letzte Hauptspindelumdrehung wirksam.

G96 S100 (100 M/Min. oder 100 Fuss/Min.)

·
·
·

G97 (Die zum sich ergebenden Durchmesser X gehörende Drehzahl)

- Im Falle des Eilgangspositionierens (Satz G00) wird die konstante Schnittgeschwindigkeit nicht fortlaufend berechnet, sondern die Steuerung stellt die zur im Endpunkt des Positionierens fälligen Position gehörende Drehzahl ein. Das ist nötig, damit die Hauptspindeldrehzahl überflüssig nicht geändert wird.
- Zur Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit ist der Nullpunkt der Achse, aufgrund deren Position die Hauptspindeldrehzahl geändert wird, auf die Drehachse der Hauptspindel zu stellen.

10.2.2 Abgrenzung des Wertes der konstanten Schnittgeschwindigkeit (G92)

Mit der Anweisung

G92 S

kann die bei der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit zulässige höchste Hauptspindeldrehzahl eingestellt werden. Die Steuerung erlaubt im eingeschalteten Zustand der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit nicht, grössere Hauptspindelumdrehung als der hier angegebene Wert auszugeben. Masseinheit von S ist in diesem Fall: Umdrehung/Min.

- Nach Einschalten bzw. wenn der S-Wert mit dem Befehl G92 nicht abgegrenzt wurde, ist die obere Grenze der Hauptspindeldrehzahl im Falle der Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit der für den gegebenen Bereich zulässige Maximalwert.
- Der Wert der maximalen Drehzahl wird geerbt, bis ein neuer programmiert oder die Steuerung ausgeschaltet wird.

10.2.3 Achsenbestimmung zur Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit

Die Achse, aus der die Steuerung die konstante Schnittgeschwindigkeit berechnet, wird durch den Parameter AXIS bestimmt. Als Parameter ist die logische Achsennummer zu schreiben.

Wenn von der bestimmten Achse abzuweichen ist, kann die Achse, aus der die Schnittgeschwindigkeit zu berechnen ist, mit der Anweisung

G96 P

angegeben werden.

Interpretation der P-Adresse:

P1: X, P2: Y, P3: Z,

P4: U, P5: V, P6: W,

P7: A, P8: B, P9: C

- Der unter der P-Adresse eingestellte Wert wird geerbt. Nach Einschalten macht die Steuerung die Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit für die im Parameter AXIS eingestellte Achse wirksam.

10.3 Rückkoppelung der Spindelposition

Bei einer normalen Bearbeitung gibt die NC einen mit der programmierten Drehzahl (den unter S-Adresse eingegebenen Wert) proportionalen Drehzahlbefehl aus. In diesem Fall arbeitet der Hauptantrieb mit Drehzahlregelung.

Bei gewissen Bearbeitungsaufgaben kann erforderlich sein, dass die Hauptspindel in eine bestimmte Winkelposition gebracht wird. Dieses Verfahren heisst Spindelpositionierung oder Indexierung.

Vor dem Positionieren setzt die NC den Hauptantrieb in die Betriebsart Positionsregelung. Dann gibt die NC keinen mit dem S-Kode proportionalen Drehzahlbefehl aus. Die Spindelposition wird mit der Hilfe eines auf die Hauptspindel angebrachten Winkelpositionsgeber gemessen und die NC gibt Befehle dem Hauptantrieb in Abhängigkeit der Winkelverdrehung aus, wie bei den anderen geregelten Achsen. Diese Methode heisst Positionsrückkoppelung.

Zum Realisieren der Spindelpositionierung ist es erforderlich, dass die Hauptspindel mit einem Winkelpositionsgeber versehen wird, bzw. der Hauptantrieb mit der Positionsrückkoppelung arbeiten kann.

10.4 Orientierter Spindelstop

Spindelorientierung oder orientierter Spindelstop heisst die Funktion, bei der die Hauptspindel in einer bestimmten Winkelposition angehalten wird. Dies kann z.B. bei einem automatischen Werkzeugwechsel und bei der Durchführung gewisser Bohrzyklen erforderlich sein. Die Tatsache, dass die Orientierung auf der gegebenen Werkzeugmaschine möglich ist, muss der Steuerung im Parameter *ORIENT1* des Parameterfeldes mitgeteilt werden. Der Befehl Spindelorientierung wird durch die Funktion M19 ausgegeben, jedoch er kann, abhängig von der konkreten Werkzeugmaschine, durch eine andere Funktion ausgelöst werden. Technisch kann die Spindelorientierung auf zweierlei Arten erfolgen.

Kann die Hauptspindel zur Positionsregelung zurückgekoppelt werden nicht, kann sie durch Anfahren an einen Positionsschalters verwirklicht werden.

Kann die Hauptspindel an eine Positionsregelung zurückgekoppelt werden, führt die Steuerung den Spindel auf den Referenzimpuls des Spindeldrehgebers. Dann die Steuerung führt das Schliessen des Positionsregelkreises automatisch durch.

10.5 Spindelpositionierung (Indexierung)

Eine Spindelindexierung ist erst nach Schliessen des Positionsregelkreises der Hauptspindel, d.h. nach erfolgter Orientierung möglich. Diese Funktion dient zum Schliessen der Regelschleife. Das Öffnen der Schleife erfolgt mit den Drehbefehlen M3 oder M4.

In dem Fall, wenn der Wert des Parameters *INDEXI* =1 (dieser Parameter bestimmt, dass der Hauptantrieb an die Positionsregelung zurückgekoppelt werden kann) und der Wert des Parameters *INDEX_C1* =0 ist, erfolgt die Spindelindexierung auf M-Funktion.

In diesem Fall interpretiert die Steuerung die mit dem im Parameter *M_NUMBI* eingestellten Schwellenwert beginnenden und bis zu (*M_NUMBI*+360) reichenden M-Funktionen als Indexierungsbefehle. Die Schwellenzahl wird aus dem Wert von M abgezogen und die resultierende Zahl wird als ein inkrementaler, in Grad angegebener Wert behandelt.

Beispiel: Bei *M_NUMBI*=100 bedeutet der Befehl M160, dass sich die Hauptspindel relativ zur momentanen Spindelposition um 160-100=60 Grad verdrehen soll. Die Verdrehrichtung ist durch den im Parameter *CDIRSI* angegebenen Wert, die Geschwindigkeit ist durch den im Parameter *RAPIDS1* eingestellten Wert bestimmt.

Wenn der Wert des Parameters *INDEX_C1* = 1, kann die Hauptspindelindexierung unter C-Adresse angegeben werden.

10.6 Überwachung der Schwankung der Hauptspindeldrehzahl (G25, G26)

Die Anweisung

G26

schaltet die Überwachung der Schwankung der Hauptspindeldrehzahl ein, die Anweisung

G25

schaltet sie aus. Nach Einschalten oder nach RESET ist die Steuerung im Zustand G26, d.h. die Überwachung der Schwankung der Drehzahl ist eingeschaltet. Diese Funktion zeigt die im Laufe der Drehung der Hauptspindel eingetretenen Abnormalitäten, so kann z.B. die Klemmung der Hauptspindel vermieden werden.

Die Überwachung der Schwankung der Drehzahl beeinflussen 4 Parameter. Diese Parameter können im Programm mit den Adressen nach der G26-Kode umgeschrieben werden. Die umgeschriebenen Parameter werden nach Ausschalten gerbt. Auf Anweisung

G26 Pp Qq Rr Dd

werden die Parameter umgeschrieben. Die Interpretation der Parameter beinhaltet die folgende Tabelle:

Name	Parameter	Bedeutung	Einheit	Grenzwert
p	5001 TIME	maximale Zeitdauer zwischen dem Befehlserteilen der Drehzahl und dem Kontrollanfang	100 Msec	65535
q	5002 SCERR	zulässige prozentuale Abweichung zwischen dem Drehzahlbefehl und der tatsächlichen Drehzahl	%	1-50
r	5003 FLUCT%	zulässiges Mass der Drehzahlschwankung im Prozent der ausgegebenen Drehzahl	%	1-50
d	5004 FLUCTW	zulässiges Mass der Drehzahlschwankung im Absolutwert	Umdr./Min	65535

Die Überwachung der Drehzahlschwankung erfolgt folgenderweise:

Anfang der Überwachung der Drehzahlschwankung

Durch die Wirkung neues Drehzahlbefehls unterbricht die Steuerung die Überwachung. Die Überwachung der Drehzahlschwankung beginnt, wenn

- die aktuelle Hauptspindeldrehzahl den Wert des Drehzahlbefehls binnen der im "q"-Wert bestimmten Toleranzgrenze erreicht, oder

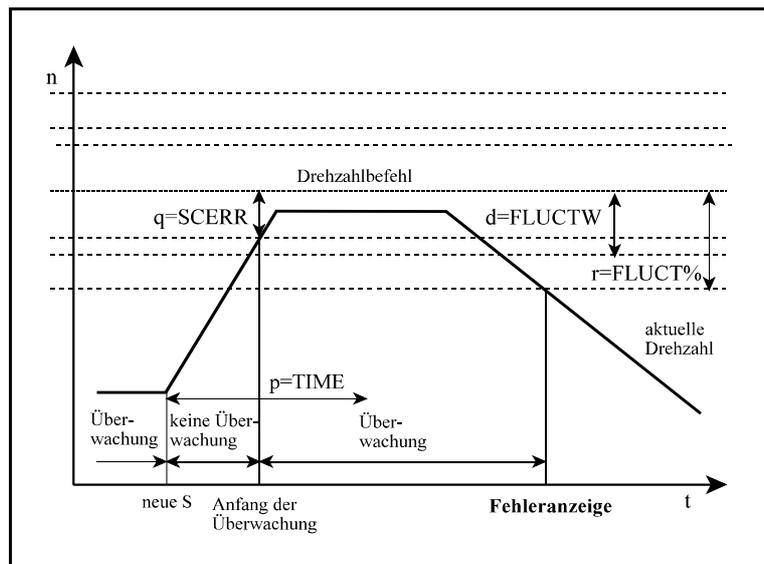


Abb. 10.6-1

- die aktuelle Hauptspindeldrehzahl den Wert des Drehzahlbefehls binnen der im "q"-Wert bestimmten Toleranzgrenze nicht erreicht, aber die im "p"-Wert bestimmte Zeit vom Befehlerteilen an vergeht.

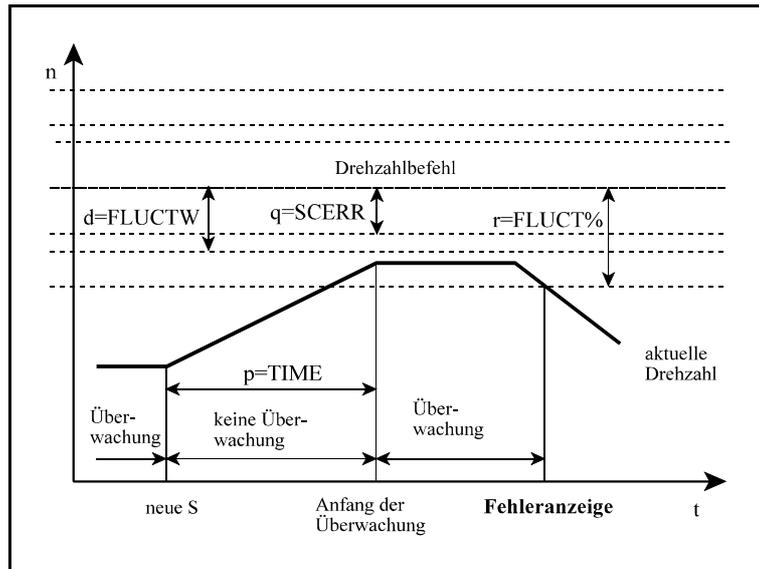


Abb. 10.6-2

Fehlerdetektierung

Im Laufe der Überwachung gibt die Steuerung Fehleranzeige, wenn die Abweichung der aktuellen Drehzahl vom Drehzahlbefehl

- die im "r"-Wert angegebene, im Prozent des Befehlwertes ausgedrückte Toleranzgrenze und

- auch die im "d"-Wert angegebene Absoluttoleranzgrenze überschreitet.

Wenn der Wert der aktuellen Drehzahl beide Toleranzgrenze überschritten hat, stellt NC gegen PLC eine Meldung.

In der Abbildung 3 ist der Drehzahlbereich ersichtlich, worin NC Fehleranzeige sendet. Wenn die programmierte Hauptspindelumdrehung unter dem in der Abbildung mit "S" bezeichneten Wert liegt, gibt NC Fehleranzeige, wenn die aktuelle Drehzahl mehr als 1 Sekunde 0 Umdrehung/Min. ist.

- Die Funktion Überwachung der Drehzahlschwankung ist nur dann wirksam, wenn die Hauptspindel mit Impulsgeber ausgerüstet ist.

- Der Drehzahlbefehl, im Verhältnis zu dem die aktuelle Drehzahl überwacht wird im Zustand Override, Drehzahlgrenzen der Bereiche und Berechnung der konstanten Schnittgeschwindigkeit G96 mit Berücksichtigung der programmierten maximalen Drehzahl (G92 S) berechnet.

- Die Überwachung der Hauptspindeldrehzahl ist nur im Falle G26 und drehender Hauptspindel (Zustand M3 oder M4) wirksam.

- Der Befehl G26 ist im selbständigen Satz zu programmieren.

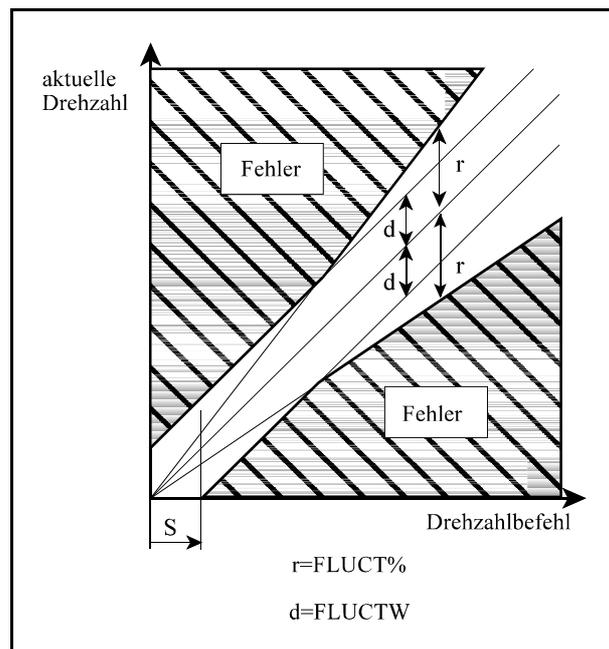
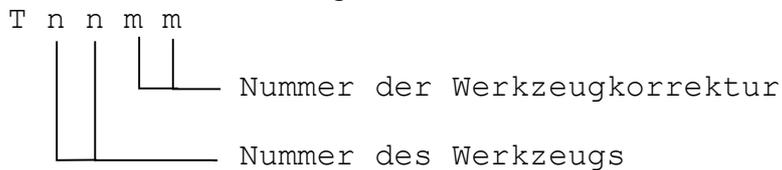


Abb. 10.6-3

11 Die Werkzeugverwaltung

Die unter T-Adresse geschriebene Nummer enthält die Werkzeugnummer unter den ersten zwei Ziffern bzw. die dem Werkzeug zugeordnete Korrekturnummer unter den zweiten zwei Ziffern. Die Interpretation des unter T-Adresse geschriebenen Codes:



Bedeutung des Befehls T1236: Das Werkzeug Nr. 12 ist zu wechseln und dazu die Korrekturgruppe Nr. 36 aufzurufen.

- Bei der Programmierung der T-Adresse können die voranstehenden 0 weggelassen werden:

T101=T0101

- Wenn 0 unter Werkzeugnummer programmiert wird oder lediglich eine oder zwei Ziffern unter T-Adresse geschrieben wird, wird kein Werkzeugwechsel durchgeführt, es wird nur eine neue Korrektur aufgerufen. Bedeutung von T12: die Korrekturgruppe 12 ist aufzurufen.

Wenn Bewegungsbefehl und Werkzeugnummer (T) in denselben Satz programmiert wird, wird die T-Funktion während oder nach der Durchführung des Bewegungsbefehls durchgeführt. Die Durchführungsweise wird vom Maschinenkonstrukteur bestimmt.

12 Zusatzfunktionen und Hilfsfunktionen

12.1 Zusatzfunktionen (M-Kodes)

Nach Eingabe eines max. dreistelligen Zahlenwertes auf die **M**-Adresse übergibt die NC den Kode der PLC.

Werden ein Wegbefehl und eine Zusatzfunktion in demselben Satz programmiert, wird die Zusatzfunktion parallel mit der Abarbeitung des Wegbefehls oder nach der Abarbeitung des Wegbefehls ausgeführt. Die Ausführungsweise wird vom Maschinenhersteller bestimmt.

Unter den M-Kodes befinden sich bestimmte Kodes, die nur für bestimmte Funktionen anwendbar sind. Diese sind die Folgenden:

M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99: programmsteuernde Kodes

M03, M04, M05, M19: Spindelkodes

M07, M08, M09: Kodes für die Kühlmittelzuschaltung

M11, ..., M18: Kodes der Drehzahlbereichumschaltung

Die Weiteren M-Kodes sind frei anwendbar.

Funktioniert das Indexieren auf einen M-Kode, werden die M-Kodes durch Parameter bestimmt. Die Steuerung ermöglicht das Einschreiben mehrerer, unterschiedlichen Gruppen gehörigen M-Kodes in einen Satz. Die Reihenfolge der Abarbeitung ist folgend:

Gruppe 1 M11, ..., M18: Drehzahlbereichumschaltung

Gruppe 2 M03, M04, M05, M19: Spindelkodes

Gruppe 3 M07, M08, M09: Kühlmittelzuschaltung

Gruppe 4 Mnnn: andere beliebige M-Funktionen

Gruppe 5 M-kodes der Spindelindexierung

Gruppe 6 M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99: programmsteuernde Kodes

Die Anzahl der in einem Satz programmierbaren M-Funktionen ist maximum 5. Aus einer Gruppe kann nur, je ein M-Kode in einem Satz programmiert werden. Ein falsches Programmieren resultiert die Fehleranzeige *3032 WIDERSPRECHENDE M KODE* .

Die genaue Funktionen der einzelnen M-Kodes sind von dem Werkzeugmaschinenhersteller in Abhängigkeit der Bauweise der Maschine bestimmt. Ausnahmen davon sind die programmsteuernden Kodes.

Programmsteuernde M-Kodes:

M00: programmierter Halt

Am Ende des Satzes, in dem M00 angegeben worden ist, wird ein Stop-Zustand generiert. Alle erblichen Funktionen bleiben unverändert. Neustart durch den Startbefehl.

M01: bedingter Halt

Er hat die selbe Wirkung, wie M00. Er wird bei eingeschaltetem Zustand der Taste **BEDINGTER HALT** durchgeführt. Ist die entsprechende Taste nicht eingeschaltet, ist diese Funktion unwirksam.

M02, M30: Programmende

Die Operationen werden stillgesetzt und die Steuerung nimmt den Grundzustand an.. Das PLC-Programm setzt die Maschine in den Grundzustand. Jeder durchgeführte M02 oder M30 erhöht die Werkstückzähler um eins, ausgenommen, wenn diese Leistung mit dem Parameter *PRTCNTM* überprüft wird.

M98: Unterprogramm aufrufen

Durch diese Funktion werden Unterprogramme aufgerufen.

M99: Ende Unterprogramm

Die Steuerung springt auf die Stelle des Aufrufes zurück.

12.2 Hilfsfunktionen (A-, B-, C-Kodes)

Wenn eine, oder alle der A-, B-, C-Adressen im Parameterfeld für Hilfsfunktionen bestimmt sind, Kann ein max. dreistellige Zahl für diese Adressen eingegeben werden. Diese Werte werden in die PLC übertragen.

Werden ein Wegbefehl und eine Hilfsfunktion in demselben Satz programmiert, wird die Hilfsfunktion parallel mit der Abarbeitung des Wegbefehls oder nach der Abarbeitung des Wegbefehls durchgeführt.

Der Werkzeugmaschinenhersteller bestimmt die Reihenfolge der Durchführung, die in der Maschinenspezifikation enthalten ist. Unter der B-Adresse kann z.B. das Indexieren eines Teiltisches verwirklicht werden.

12.3 Reihenfolge der Durchführung verschiedener Funktionen

Die in einem Satz geschriebenen Funktionen werden im allgemeinen in der folgenden Reihenfolge durchgeführt:

- | | | |
|-----|-----------------------------|--|
| 1. | Werkzeugaufruf: | T |
| 2. | Drehzahlbereichumschaltung: | M11, ..., M18 |
| 3. | Spindelumdrehung: | S |
| 4. | Spindelverwaltung: | M03, M04, M05, M19 |
| 5. | Kühlmittel: | M07, M08, M09 |
| 6. | Andere M-Funktion: | Mnnn |
| 7. | Spindelindexierung: | durch M-Funktion |
| 8. | A-Funktion: | A |
| 9. | B-Funktion: | B |
| 10. | C-Funktion: | C |
| 11. | programmsteuernde Kodes: | M00, M01, M02, M30, M96, M97, M98, M99 |

Entspricht die obige Reihenfolge nicht, ist der Satz auf mehrere Sätze aufzuteilen und die entsprechenden Funktionen sind in der gewünschten Reihenfolge in die Sätze einzuschreiben.

13 Organisation des Teileprogrammes

In der Einführung wurde es bereits besprochen, mit welchen Codes und in welchem Format die Programme im Speicher plaziert sind. In diesem Kaptel handelt es sich um die Organisation der Teileprogramme.

13.1 Die Satznummer (N-Adresse)

Die Programmsätze werden nummeriert. Die Nummerierung kann unter der N-Adresse, mit einer max. 5stelligen Zahl erfolgen. Die Anwendung der N-Adresse ist unverbindlich. Gewisse Sätze können nummeriert werden, andere Sätze nicht. Die Nummerierung braucht nicht laufend zu sein.

13.2 Bedingte Ausblendsätze (/n-Adresse)

Ausblendsätze können unter der /n-Adresse (Schrägstrich) programmiert werden. Diese Adresse kann die Werte 1-9 annehmen. Diese Zahlen bedeuten Schalturnummer. Der Schalter **BEDING-TER SATZ 1** befindet sich an der Bedientafel der Steuerung.

Die anderen Schalter sind optionell, ihre Signale können über die Anpassfläche eingegeben werden.

In dem Fall, wenn am Anfang eines Satzes /n programmiert wird, dann wird der Satz der Nummer n

- bei eingeschaltetem Zustand des Schalters n übersprungen, also nicht abgearbeitet,
- bei ausgeschaltetem Zustand des Schalters n durchgeführt.

13.3 Hauptprogramm und Unterprogramm

Es werden zwei Arten der Programme, Hauptprogramme und Unterprogramme unterschieden. Bei der Bearbeitung eines Werkstückes können sich wiederholende Operationen vorkommen, die durch denselben Programmteil beschrieben werden können. Im dessen Interesse, dass diese sich wiederholenden Programmteile nicht mehrmals geschrieben werden müssen, können Unterprogramme erstellt werden, die vom Hauptprogramm aus aufgerufen werden können. Der Aufbau der Haupt- und der Unterprogramme ist vollkommen gleich.

Der Unterschied besteht darin, dass die Bearbeitung nach Abarbeiten des Hauptprogrammes beendet wird, während die Steuerung kehrt nach Durchführen des Unterprogrammes ins aufrufende Programm zurück und die Bearbeitung setzt sich von dieser Stelle an fort.

Programmtechnisch besteht dieser Unterschied zwischen den beiden Programmen im Abschließen der Programme. Das Ende eines Hauptprogrammes wird mit M02, oder M30 bezeichnet (ihre Anwendung ist unverbindlich). Unterprogramme werden verbindlich mit dem Kode M99 abgeschlossen.

13.3.1 Aufrufen des Unterprogrammes

Die Anweisungszeile

M98 P....

generiert den Aufruf eines Unterprogrammes. Auf die Wirkung der Anweisung setzt sich die Programmabarbeitung mit deren des unter der P-Adresse bestimmten Unterprogrammes. Der Wertbereich der P-Adresse liegt zwische 1 und 9999. Nach Abarbeiten des Unterprogrammes wird die Bearbeitung mit dem nächstfolgenden Satz des aufrufenden Programmes fortgesetzt:

Aufrufendes Programm	Unterprogramm	Anmerkung
O0010		Abarbeiten des Programmes O0010
M98 P0011 --->	O0011	Aufrufen des Unterprogrammes O0011 Abarbeiten des Unterprogrammes O0011
nächster Satz <---	M99	Rücksprung ins aufrufende Programm Fortsetzung des Programmes O0010
.....		

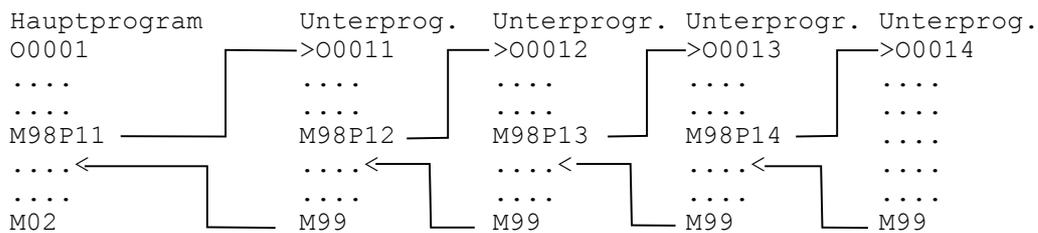
Die Anweisungszeile

M98 P.... L....

ruft das unter der P-Adresse definierte Unterprogramm so viele Male auf, wie es unter der L-Adresse angegeben ist. Wertebereich der L-Adresse: 1-9999. Wird für L kein Wert eingegeben, wird das Unterprogramm nur einmal aufgerufen, d.h. die Steuerung nimmt L=1 an.

Die Anweisung M98 P11 L6 bedeutet, dass das Unterprogramm O0011 sechsmal nacheinander aufgerufen werden soll.

Unterprogramme können auch von einem anderen Unterprogramm aus aufgerufen werden. Die Aufrufe können bis zu 4 Ebenen geschachtelt werden.



Anmerkungen:

- Fehleranzeige 3069 *EXTREMVerschachtelung* erscheint, wenn die Aufrufebene 4 überschreitet.
- Fehleranzeige 3071 *FEHLENDE ODER FALSCHER P* erscheint, wenn der Wert der P-Adresse grösser als 9999 ist, oder fehlt
- Fehleranzeige 3072 *ANWEISUNGSFEHLER L* erscheint, wenn der L-Wert falsch ist.
- Fehleranzeige 3073 *KEINE PROGRAMMNUMMER* erscheint, wenn sich das unter die P-Adresse definierte Programm im Speicher nicht vorhanden ist.

13.3.2 Rückkehr aus dem Unterprogramm

Die Anwendung der Anweisung

M99

in einem Unterprogramm bedeutet das Ende des Unterprogrammes. Die Programmsteuerung wird auf den dem Aufruf folgenden Satz übergeben.

Aufrufendes Programm	Unterprogramm	Anmerkung
O0010		Abarbeiten des Programmes O0010
N101 M98 P0011 --->	O0011	Aufruf des Unterprogrammes O0011 Abarbeiten des Unterprogrammes O0011
N102 <---	M99	Rücksprung auf den nächsten Satz des Programmes, Fortsetzung des Programmes O0010

Die Anwendung der Anweisung
M99 P.....

in einem Unterprogramm bedeutet das Ende des Unterprogrammes und die Programmsteuerung wird dem Satz der unter der P-Adresse angegebenen Nummer übergeben. Der Wertbereich der P-Adresse ist in diesem Fall 1-99999.

Aufrufendes Programm	Unterprogramm	Anmerkung
O0010		Abarbeiten des Programmes O0010
N101 M98 P0011 --->	O0011	Aufruf des Unterprogrammes O0011 Abarbeiten des Unterprogrammes O0011
N250 <---	M99 P250	Rücksprung auf den Satz N250 des aufrufenden Programmes, Fortsetzung des Programmes O0010

Die Anweisung
M99 (P.....) L....

überschreibt den Zyklusähler des aufrufenden Programmes. Wird Null für L geschrieben, wird das Unterprogramm nur einmal aufgerufen. Wenn das Unterprogramm beispielsweise mit der Anweisung M98 P11 L20 aufgerufen wird und das Unterprogramm mit der Anweisung M99 L5 verlassen wird, wird das Unterprogramm O11 insgesamt 6mal aufgerufen (Wertbereich von L: 1-9999).

 *Anmerkung:*

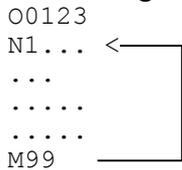
- Wenn die Steuerung die angegebenen Satznummer (P) beim Rücksprung nicht findet, erfolgt die Fehleranzeige 3070 KEINE SATZNUMMER P.

13.3.3 Sprung innerhalb des Hauptprogrammes

Die Anwendung der Anweisung

M99

im Hauptprogramm resultiert einen unbedingten Sprung auf den ersten Satz des Hauptprogrammes und die Steuerung setzt mit der Programmabarbeitung von hier an fort. Die Anwendung der Anweisung bringt einen unendlichen Zyklus zustande:



Die Anwendung der Anweisung

M99 P....

im Hauptprogramm resultiert einen unbedingten Sprung auf den Satz der unter der P-Adresse des Hauptprogrammes angegebenen Nummer und die Programmsteuerung setzt mit der Programmabarbeitung von hier an fort. Die Anwendung der Anweisung kann einen unendlichen Zyklus hervorrufen:



Die eventuell entstehenden unendlichen Zyklen können vermieden werden, wenn der die Anweisung M99 enthaltende Satz in Form /1 M99 eingegeben wird. In diesem Fall wird der Sprung abhängig von der Schalterstellung durchgeführt, oder weggelassen.

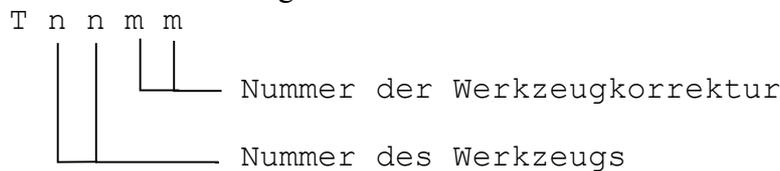
14 Die Werkzeugkorrektur

Um die zu den verschiedenen Werkzeugen gehörenden Auskragungswerte, Werkzeugradien, usw. im Teileprogramm bei der Angabe der Koordinaten nicht in Betracht nehmen zu müssen, werden die Werkzeugkennwerte in einer Tabelle, in der sogenannten Korrekturtabelle angesammelt. Jedesmal wenn ein Werkzeug im Teileprogramm aufgerufen wird, ist anzugeben, wo sich die Daten des angegebenen Werkzeugs in der Korrekturtabelle befinden. Danach führt die Steuerung das Werkzeug auf der programmierten Bahn schon mit der Berücksichtigung der betreffenden Korrekturen.

14.1 Bezugnahme auf Werkzeugkorrektur

Auf Werkzeugkorrektur kann mit den unteren zwei Ziffern der unter T-Adresse geschriebenen Nummer Bezug genommen werden.

Interpretation des unter T-Adresse geschriebenen Kodes:



Bedeutung des Befehls T1236: Das Werkzeug Nr. 12 ist zu wechseln und dazu die Korrekturgruppe Nr. 36 aufzurufen.

- Bei der Programmierung der T-Adresse können die voranstehenden 0 weggelassen werden:
T101=T0101
- Wenn 0 unter Werkzeugnummer programmiert wird oder lediglich eine oder zwei Ziffern unter T-Adresse geschrieben wird, wird kein Werkzeugwechsel durchgeführt, es wird nur eine neue Korrektur aufgerufen. Bedeutung von T12: die Korrekturgruppe 12 ist aufzurufen.

Mit der Korrekturnummer wird eine Gruppe der Werkzeugkorrekturtabelle für die Steuerung gezeichnet.

Die Elemente dieser Tabelle sind das Folgende:

Num- mer	X		Y		Z		R		Q
	Geom.	Ver- schleiss	Geom.	Ver- schleiss	Geom.	Ver- schleiss	Geom.	Ver- schleiss	
1	123,5	-0,234	87,45	-0,129	267,4	-0,04	1	-0,01	3
2									
3									
...									
47									

Die Werkzeugkorrekturtabelle enthält die Auskragung des Werkzeugs in Richtung X und Z (optional auch die in Richtung Y), den Radius der Werkzeugspitze (R) bzw. den Code des Werkzeugstands (Q).

Achtung!

Die Korrekturnummer 00 ist in der Tabelle nicht angeführt, die Korrekturwerte darunter sind immer Nullen. Die Anweisung Tnn00 oder T0 bedeutet die Löschung der Korrekturen.

Die Korrektur in Richtung X, (Y), Z und die Radienkorrektur (R) setzt sich aus zwei Teilen zusammen: aus dem geometrischen Wert und aus dem Verschleisswert.

Geometrischer Wert: Länge/Radius des vermessenen Werkzeuges. Vorzeichenbehaftete Zahl.

Verschleisswert: Grösse des während der Bearbeitung auftretenden Verschleisses. Vorzeichenbehaftete Zahl.

Wird im Programm auf einen Korrekturwert unter der T-Adresse Bezug genommen, nimmt die Steuerung immer die Summe des geometrischen und des Verschleisswertes in Betracht.

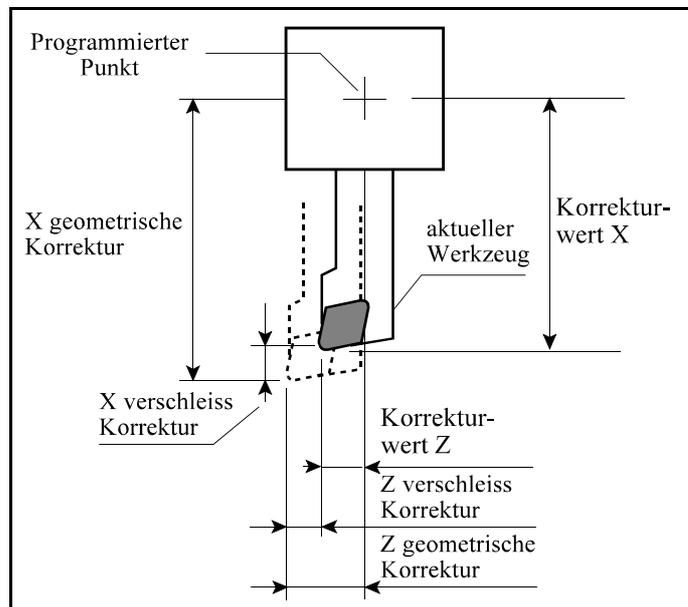


Abb. 14.1-1

Wird z.B. im Programm auf Tnn01 Bezug genommen, beträgt die Längenkorrektur in Richtung X laut der Zeile 01 : $123.500 + (-0.234) = 123.266$.

Dasselbe bezieht sich auf die Korrekturen in Richtung Z (und Y) und auch auf die Werkzeugradienkorrektur (R).

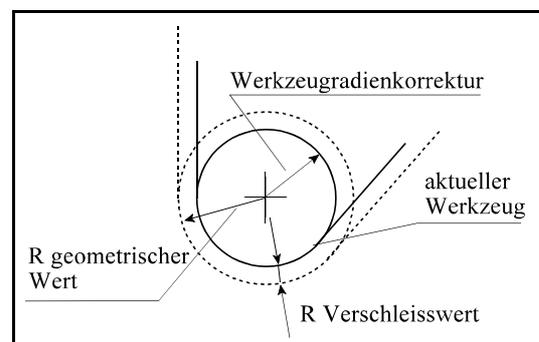


Abb. 14.1 -2

Grenzwerte der Geometrie- und Verschleisswerte:

Eingangs-Masssystem	Ausgangs-Masssystem	Inkrementensystem	Geometrischer Wert	Verschleisswert	Dimension
mm	mm	IS-A	$\pm 0.01 \div 99999.99$	$\pm 0.01 \div 163.80$	mm
		IS-B	$\pm 0.001 \div 9999.999$	$\pm 0.001 \div 16.380$	
		IS-C	$\pm 0.0001 \div 999.9999$	$\pm 0.0001 \div 1.6380$	
Zoll	mm	IS-A	$\pm 0.001 \div 9999.999$	$\pm 0.001 \div 6.448$	Zoll
		IS-B	$\pm 0.0001 \div 999.9999$	$\pm 0.0001 \div 0.6448$	
		IS-C	$\pm 0.00001 \div 99.99999$	$\pm 0.00001 \div 0.06448$	
Zoll	Zoll	IS-A	$\pm 0.001 \div 9999.999$	$\pm 0.001 \div 16.380$	Zoll
		IS-B	$\pm 0.0001 \div 999.9999$	$\pm 0.0001 \div 1.6380$	
		IS-C	$\pm 0.00001 \div 99.99999$	$\pm 0.00001 \div 0.16380$	
mm	Zoll	IS-A	$\pm 0.01 \div 99999.99$	$\pm 0.01 \div 416.05$	mm
		IS-B	$\pm 0.001 \div 9999.999$	$\pm 0.001 \div 41.605$	
		IS-C	$\pm 0.0001 \div 999.9999$	$\pm 0.0001 \div 4.1605$	

In der Korrekturtabelle ist auch der Kode der Werkzeugposition anzugeben. Der Kode der Werkzeugposition zeigt an, in welcher Richtung sich die theoretische Spitze des Werkzeugs vom Mittelpunkt des Kreises der Werkzeugspitze gesehen befindet. Die Längenkorrektur in Richtung X und Z ist zur theoretischen Spitze des Werkzeugs eingemessen.

Der Kode der Werkzeugposition (Q) kann der Wert einer einstelligen Ziffer 0, 1, ... 9 sein.

Der Kode der Werkzeugposition hängt von der Position des angewandten Koordinatensystems ab.

Die folgenden zwei Abbildungen zeigen die Codes der Werkzeugposition (Q) im rechtsdrehenden bzw. linksdrehenden Koordinatensystem an.

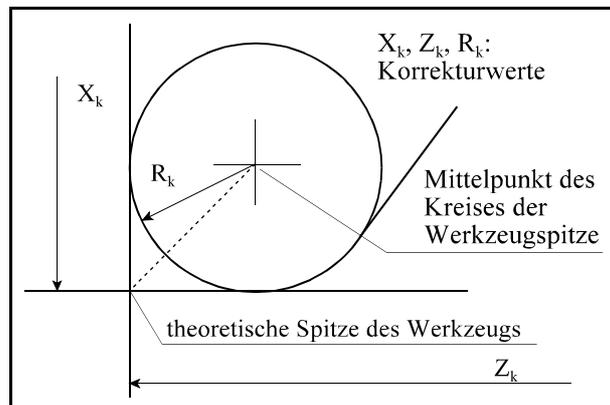


Abb. 14.1-3

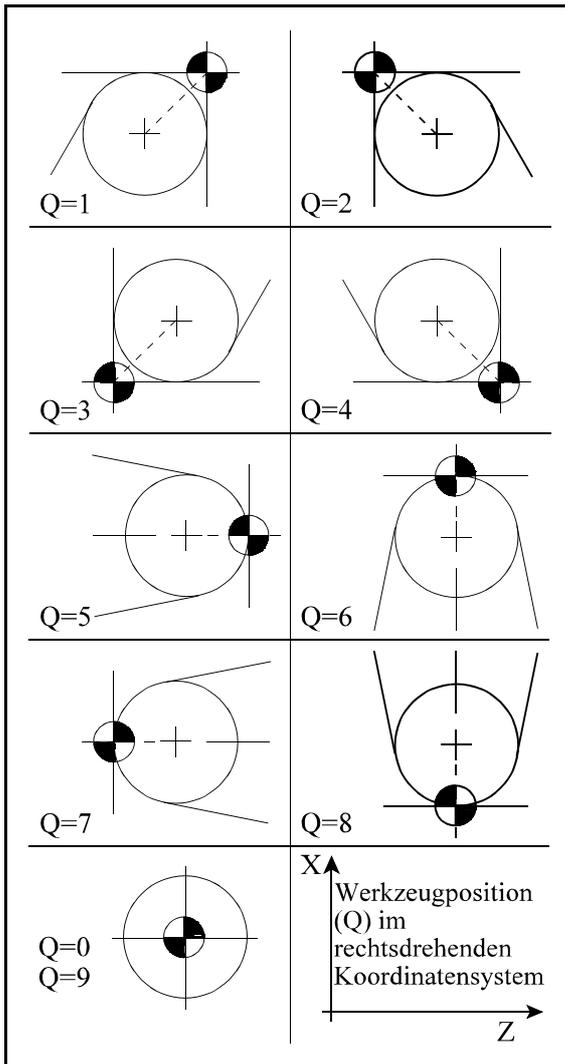


Abb. 14.1-4

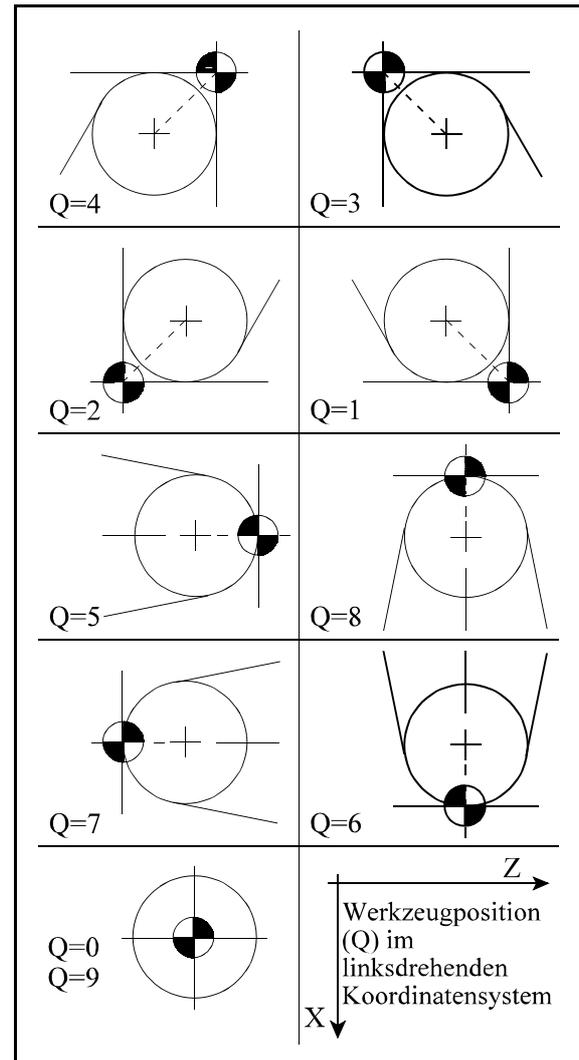


Abb. 14.1-5

Der aufgerufene Korrekturcode wird geerbt. Das bedeutet, dass die Steuerung solange denselben Korrekturwert in Betracht nimmt, bis sie einen anderen T-Befehl erhält. D.h. wenn der Korrekturwert mit einem T-Befehl ausgelesen wurde, hat die Modifizierung der Korrekturtabelle (zum Beispiel mit der Programmierung von G10) keine Wirkung mehr auf den ausgelesenen Wert.

Die Korrekturwerte des Korrekturspeichers werden nach Ausschalten gespeichert.

Der Korrekturspeicher kann als Teileprogramm auch im Hintergrundspeicher gespeichert werden.

Die Werkzeugkorrekturwerte können mit Dateneingabe am Bedienungstafel, sowie im Programm durch die Anwendung der Einstellanweisung G10 eingestellt, bzw. modifiziert werden. Wenn der aktuelle Korrekturwert mit dem Befehl G10 modifiziert wird, ist auf das aktuelle Korrekturregister erneut Bezug zu nehmen, weil der modifizierte Wert nur in diesem Fall in Betracht genommen wird.

14.2 Modifizieren der Werkzeugkorrekturwerte von dem Programm aus (G10)

Die Werkzeugkorrekturwerte können durch die Anweisung

G10 L P X Y Z R Q

G10 L P XI YI ZI RI Q

G10 L P U V W C Q

von dem Programm aus modifiziert werden. Die Anweisung G10 hat nur eine einmalige Wirkung. Die Bedeutung der Adressen und ihrer Werten sind das Folgende:

L=10 : Einschreiben des geometrischen Wertes

L=11 : Einschreiben des Verschleisswertes

Die Nummer der Korrekturgruppe wird unter der P-Adresse angegeben.

Im Falle absoluter Datenangabe (im G90 Zustand) wird der Längen- und Radienkorrekturwert unter X, Y, Z, R-Adresse angegeben. Wenn der Korrekturwert inkremental geändert werden soll, ist es in G91 zu schalten oder ist der I inkrementale Operator nach der entsprechenden Adresse oder die Adressen U, V, W, C statt der Adressen X, Y, Z, R anzuwenden. Im Falle inkrementaler Datenangabe ist der angegebene Wert zum momentanen Wert der Korrektur mit Rücksicht auf das Vorzeichen zu addieren.

Der Code der Werkzeugposition kann unter Q-Adresse angegeben werden (im Wertebereich Q=0...9).

14.3 Berücksichtigung der Werkzeuglängenkorrektur

Auf die Wirkung des T-Kodes verschiebt sich das Koordinatensystem um den zur im T-Kode angegebenen Korrekturgruppe gehörenden Korrekturwert X_k , Y_k , Z_k . Das bedeutet, dass der zur ausgewählten Korrekturgruppe gehörende Korrekturwert in Richtung X_k , Y_k , Z_k aus der momentanen Position X, Y, Z abgezogen wird. Von nun an werden nicht die Koordinaten des Bezugspunktes des Werkzeughalters, sondern die Koordinaten der theoretischen Spitze des Werkzeugs angezeigt. Im Weiteren wird die Summe der geometrischen und der Verschleisskorrektur immer unter Korrekturwert verstanden.

Zum Beispiel: auf die Anweisungszeile

```
(T0000)
N10 G0 (G90) X700 Z350
N20 T202
N30 X300 Z150
```

wird der Bezugspunkt des Werkzeughalters im Satz N10 auf den Punkt mit Koordinaten X700; Z350 geführt. Im Satz N20 wird das Werkzeug gewechselt und die Korrekturwerte $X_k=340$ $Z_k=30$ in der Korrekturgruppe 2 werden aus der Position abgezogen. Dann wechselt die Positionsanzeige auf den Wert $X=700-340=360$, $Z=350-30=320$. Im Satz N20 wird keinerlei Bewegung durchgeführt. Im Satz N30 wird schon die theoretische Spitze des Werkzeugs auf den programmierten Punkt X300; Z150 geführt, dh. die Bewegung ist: $X=300-360=-60$; $Z=150-320=-170$.

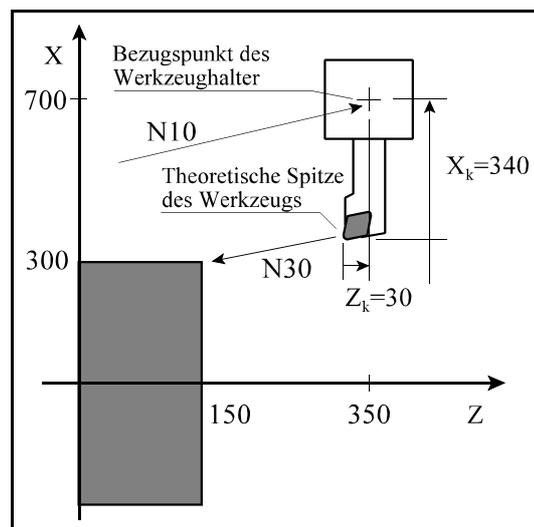


Abb. 14.3-1

Wenn der T-Kode samt Bewegungssatz angegeben wird, wird die Position am Satzende mit der Berücksichtigung des schon mit dem T-Kode bestimmten neuen Korrekturwertes angedeutet. Wenn der T-Kode auch Werkzeugwechselbefehl beinhaltet, wird der Werkzeugwechsel aber pa-

rallel zur Bewegung oder am Bewegungsende durchgeführt. (Der Zeitpunkt des Werkzeugwechsels wird vom Maschinenkonstrukteur bestimmt.)

Nehmen wir den obigen Beispiel:

```
(T0000)
N10 G0 (G90) X700 Z350
N20 X300 Z150 T202
```

Jetzt wurde der Satz N30 weggelassen und die Befehle der Sätze N20 und N30 zusammengezogen. Im Satz N20 wird schon die theoretische Spitze des Werkzeugs im Laufe der Bewegung auf den Punkt mit den Koordinaten $X=300$, $Z=150$ geführt, wie im obigen Beispiel im Falle des Satzes N30. Der Werkzeugwechsel erfolgt aber entweder während der Bewegung oder am Ende der Bewegung. Im letzten Fall kann aber leicht ein Stoss vorkommen. Wenn z.B. die Auskrägung des vorigen Werkzeugs länger war, als die Auskrägung des neuen Werkzeugs und die Maschine den Werkzeugwechsel am Satzende durchführt. Das Obige deutet darauf an, dass nur für den Aufruf einer neuen Korrektur zweckmässig ist, T-Kode samt Bewegung zu programmieren:

```
N10 G0 (G90) X700 Z350
N20 X300 Z150 T02
```

Im obigen Beispiel wird kein Werkzeugwechsel durchgeführt, nur die Korrektur 2 wurde im Satz N20 aufgerufen.

Achtung!

Aus dem Obigen ist es klar, wenn der T-Befehl auch Werkzeugwechsel, z.B. Revolverdrehung zur Folge hat, ist es zweckmässig, den T-Kode in selbständigen Satz zu programmieren. Wenn der T-Befehl nur Korrekturwechsel durchführt, kann der T-Kode auch in Bewegungssatz programmiert werden.

Löschen der Längenkorrektur

Die Korrekturgruppe Nummer 0 hat ausgezeichnete Rolle und bedeutet das Löschen der Korrektur.

Auf die Anweisung

Tnn00 oder
T0

wird die Längenkorrektur gelöscht (nn: beliebige Werkzeugnummer). Der Verlauf ist eben umgekehrt, wie der Aufruf der Korrektur. Das bedeutet, dass die vorherig gültigen Korrekturwerte X_k , Y_k , Z_k zur Koordinate X , Y , Z der theoretischen Spitze des Werkzeugs addiert werden und im Weiteren werden die Koordinaten des Bezugspunktes des Werkzeughalters angezeigt. Wenn das Löschen der Korrektur samt Bewegungssatz durchgeführt wird, wird der Bezugspunkt des Werkzeughalters zum programmierten Endpunkt des Satzes geschickt.

Zum Beispiel: im Musterbeispiel

```
N10 X180 Z120 T202
N20 X200 Z180
N30 X280 Z210 T200
```

wird die Bewegung im Satz N10 mit der aufgerufenen Korrektur im Vergleich zur programmierten Bewegung korrigiert. Im Satz N30 wird aber die Korrektur, d.h. die im Satz N10 eingestellte Nullpunktverschiebung gelöscht.

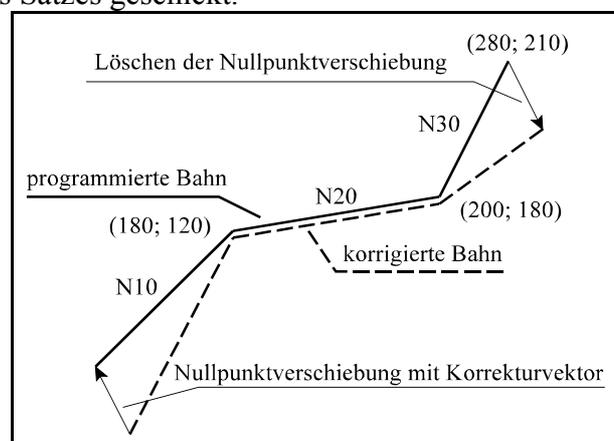


Abb. 14.3-2

14.4 Werkzeugradienkorrektur (G38, G39, G40, G41, G42)

Im Fall, wenn lediglich Werkzeuglängenkorrektur angewandt wird, kann kegelige Oberfläche oder Kreisbogen nicht genau gedreht werden. Im Falle der Anwendung der Werkzeuglängenkorrektur führt die Steuerung die theoretische Spitze des Werkzeugs auf der programmierten Bahn. Da die Spitze jedes Werkzeugs über kleinere oder grössere Abrundung verfügt, wird die gespänte Oberfläche lediglich im Falle der zu den Achsen parallelen Bewegungen genau, wie es die beigelegte Abbildung zeigt. Im Falle kegeligen oder bogenförmigen Oberflächen wird der Durchmesser des Stückes an allen Punkten grösser, als es vorgehakt wurde. In der Abbildung wird die Abweichung durch den Bereich mit Linien gezeigt.

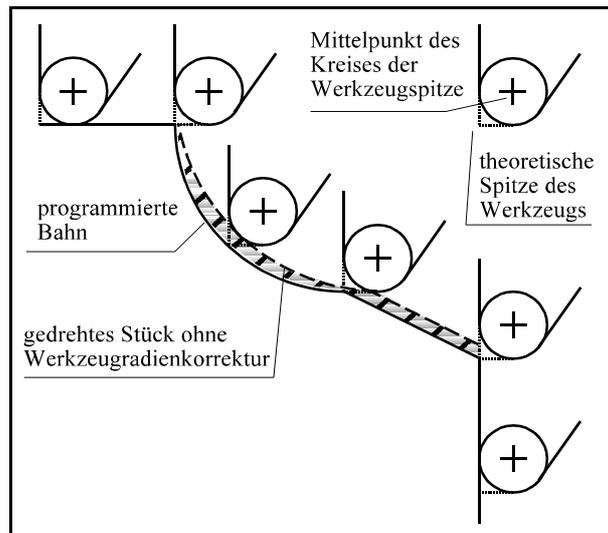


Abb. 14.4-1

Damit eine beliebige Form genau gedreht werden kann und die Punkte der der Zeichnung entsprechenden Form im Programm angegeben wird, hat die Steuerung den Mittelpunkt des Kreises der Werkzeugspitze parallel zur programmierten Kontur in einem Abstand von Radius davon zu führen, unabhängig vom Radius des Kreises der angewandten Werkzeugspitze. Die Steuerung bestimmt den Abstand zwischen dem Werkzeugmittelpunkt und der programmierten Kontur in Abhängigkeit des Wertes der unter T-Adresse aufgerufenen Korrekturnummer registrierten Werkzeugradienkorrektur.

Vor dem Anfahren der Kontur registriert die Steuerung die Position der theoretischen Spitze des Werkzeugs.

Der Kode der Werkzeugposition, der in der Korrekturtabelle unter Q-Adresse angegeben wurde, ist dazu nötig, zu erfahren, in welcher Richtung im Vergleich zur theoretischen Spitze sich der Mittelpunkt des Kreises der Werkzeugspitze befindet. Aufgrund des Kodes der Werkzeugposition wird ein Wert von einem Werkzeugradius (R) zur Position der

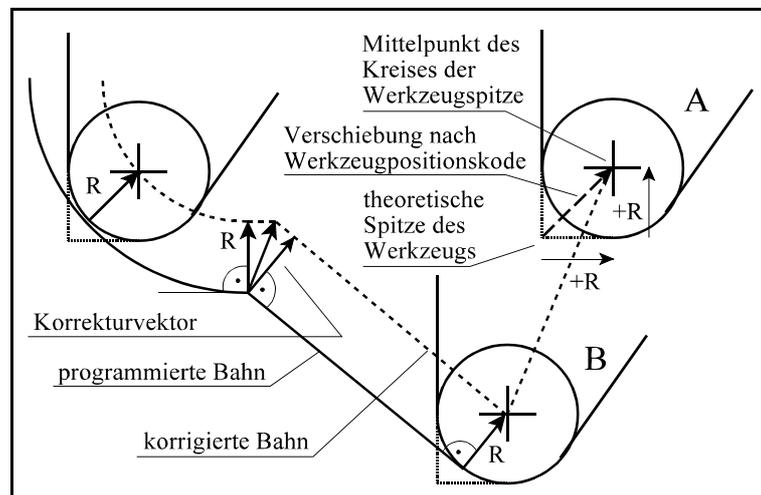


Abb. 14.4-2

theoretischen Spitze in Richtung X und Z addiert oder abgezogen. (In der Abbildung: Position A.) Dann wird der Mittelpunkt des Kreises der Werkzeugspitze auf den Endpunkt des auf den Anfangspunkt der programmierten Bahn senkrecht gestellten Vektors von einer Länge R , des Korrekturvektors geführt. (In der Abbildung: Position B.) Dann wird der Mittelpunkt des Kreises der Werkzeugspitze parallel zur programmierten Bahn, im Abstand R davon geführt.

Der Korrekturvektor ist ein in der Ebene liegender Vektor, den die Steuerung in jedem Satz von neuem berechnet. Die Steuerung modifiziert dann die programmierten Bewegungen um die Vektoren, die am Anfang und am Ende des Satzes stehen. Die Längen und Richtungen der sich ergebenden Korrekturvektoren hängen von dem unter der T-Adresse aufgerufenen Korrekturwert und der Geometrie des Überganges zwischen zwei Sätzen ab.

Die Steuerung berechnet die Korrekturvektoren in der durch die Anweisungen G17, G18, G19 angewählten Ebene. Bewegungen, die ausser dieser Ebene stattfinden, werden durch die Radienkorrektur nicht beeinflusst. Z.B.: wird die Ebene X, Z im Zustand G18 angewählt, werden die Korrekturvektoren für die Ebene X, Z errechnet.

Während der Berechnung der Werkzeuggradienkorrektur ist ein Ebenenwechsel unzulässig. Versucht man trotzdem die Ebene zu ändern, zeigt die Steuerung die Fehlermeldung *3010 EBENENWAHL IN G41, G42* an.

In dem Fall, wenn die Korrektur Ebene für nicht in einer Hauptebene liegenden Achsen definiert werden soll, müssen die Nebenachsen im Parameterfeld als parallele Achsen definiert werden. Ist z.B. U als eine parallel liegende Achse definiert und die Werkzeuggradienkorrektur in der Z, U-Ebene angewandt werden soll, so kann die Ebene durch die Eingabe von G18 U_Z bezeichnet werden.

Die Berechnung der Werkzeuggradienkorrektur kann vom Programm ein- und ausgeschaltet werden.

G40: Ausschalten der Werkzeuggradienkorrektur

G41: Werkzeuggradienkorrektur von links

G42: Werkzeuggradienkorrektur von rechts

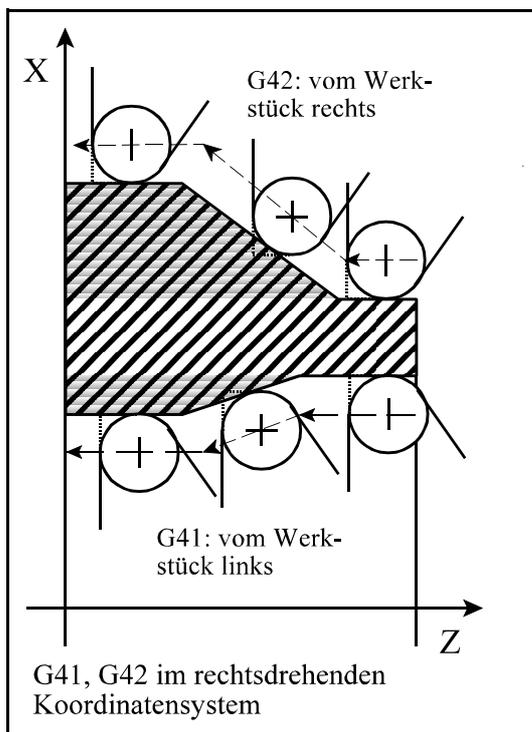


Abb. 14.4-3

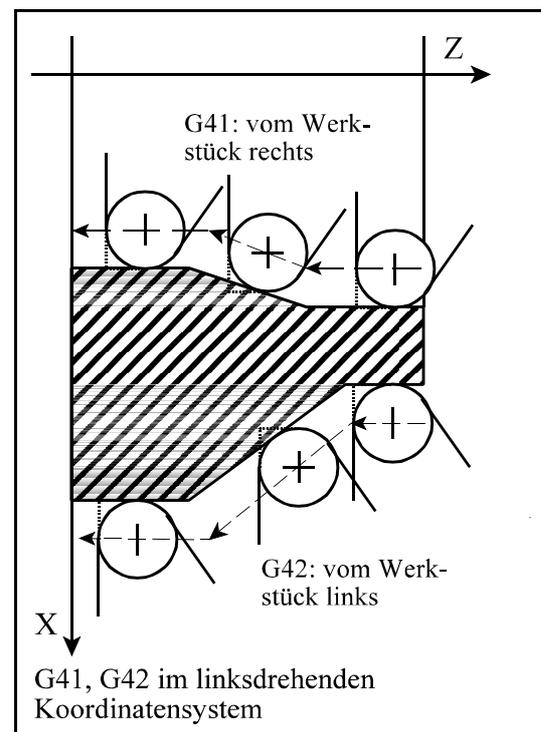


Abb. 14.4-4

Die Befehle G41 oder G42 schalten die Korrekturberechnung ein. Im Zustand G41 wird die pro-

grammierte Kontur in der Fahrtrichtung gesehen von links, im G42 von rechts im rechtsdrehenden System entlanggefahren, im linksdrehenden System umgekehrt. Die angewandten Werkzeugradienkorrekturwerte sind unter den unteren zwei Ziffern der T-Adresse anzugeben. Die Angabe von Tnn00 oder T0 bedeutet immer den Aufruf des Radius Null. Die Korrekturberechnung erfolgt für die Interpolationsbewegungen G00, G01, G02, G03.

Die bisher besagten gelten für die Angabe einer positiven Werkzeugradienkorrektur. Die Werkzeugradienkorrektur kann aber auch negativ sein. Dies ist von Bedeutung, wenn ein positives Stück (z.B. Stempel) und ein angepasstes negatives Stück (z.B. Matrize) mit demselben Unterprogramm bearbeitet werden sollen. Die Bearbeitung könnte so durchgeführt werden, dass die Matrize mit G41, der Stempel aber mit G42 gefräst würden. Dieser Wechsel braucht in das Programm nicht eingeschrieben werden, wenn die Matrize mit einer positiven, der Stempel aber mit einer negativen Werkzeugradienkorrektur bearbeitet werden. In diesem Fall wechselt die Bahn des Werkzeugmittelpunktes auf G41, oder G42 die Seite.

	Radienkorrektur: positiv	Radienkorrektur: negativ
G41	von links	von rechts
G42	von rechts	von links

☞ *Anmerkung:*

- In den weiteren Beschreibungen und Abbildungen wird einfachheitshalber mit einer positiven Radienkorrektur gearbeitet.

Die Befehle G40 oder Tnn00, T0 schalten die Korrekturberechnung aus. Der Unterschied zwischen den beiden Befehlen besteht darin, dass die Anweisung T0 nur mit einem Korrekturvektor von der Länge 0 rechnet und den Zustand G41 oder G42 nicht berührt. Wird dann eine neue Tnnmm - Adresse (mm ist nicht gleich 0) eingeführt, wird ein neuer Korrekturvektor abhängig von G41 oder G42 mit dem neuen Werkzeugradius errechnet.

Wird demgegenüber die Anweisung G40 angewandt, zählt die Steuerung die Korrekturvektoren weiter nicht.

Das Ein- und Ausschalten der Radienkorrektur sind Regeln unterworfen, die in den nachfolgenden Abschnitten erörtert werden.

Die Befehle G40, G41, G42 werden geerbt. Nach Einschalten, am Programmende und durch RESET an den Programmstart nimmt die Steuerung den Zustand G40 an und die Radienkorrekturvektoren werden gelöscht.

Die Korrekturanweisungen werden nur im Automatikbetrieb durchgeführt. Die Korrekturen sind in Einzelsätzen im Handbetrieb unwirksam. Die Ursache liegt darin, dass der nächste Bewegungssatz muss auch eingelesen werden, damit die Steuerung den Korrekturvektor berechnen kann. Der Übergang zwischen den beiden Sätzen hängt von dem Korrekturvektor ab. Also sind die Vorverarbeitung mehrerer Sätze zum Errechnen des Korrekturvektors erforderlich.

Vor der Abhandlung der Einzelheiten der Korrekturberechnung sind einige Hilfsangaben einzuführen. Im Schnittpunkt zweier Strecken, d.h. zweier Sätzen bilden die Tangenten der beiden Kurven den Winkel α . Die Drehrichtung von α hängt davon ab, ob die Kontur von links oder von rechts entlanggefahren wird.

Die Steuerung wählt die Strategie der Richtungswechsel bei den Schnittpunkten in Abhängigkeit von α an. Ist $\alpha > 180^\circ$, d.h. das Werkzeug von innen arbeitet, errechnet die Steuerung einen Schnittpunkt für die beiden

Strecken. Wenn $\alpha < 180^\circ$, d.h. das Werkzeug die Kontur von aussen umfährt, werden *möglicherweise* weitere *gerade Strecken* zum Ausweichen *zischengefügt*.

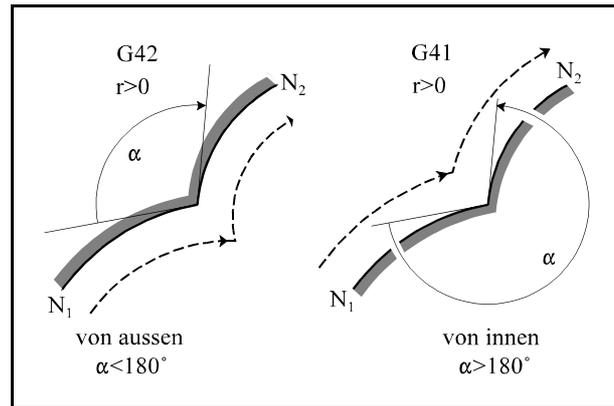


Abb. 14.4-5

14.4.1 Einschalten der Radienkorrektur. Anfahren an die Kontur

Nach dem Einschalten, am Programmende, oder durch RESET an den Programmianfang nimmt die Steuerung den Zustand G40 an. Der Radienkorrekturvektor wird gelöscht, die Bahn der theoretischen Spitze des Werkzeugs fällt mit der programmierten Bahn zusammen.

Auf die Anweisung G41 oder G42 tritt die Steuerung aus dem Zustand G40 in die Betriebsart der Berechnung der Radienkorrektur. Die Steuerung nimmt die Zustände G41 oder G42 nur in Sätzen an, in denen eine Geradeninterpolation beschrieben ist (G00, G01). Wird die Korrekturberechnung in einem Kreissatz eingeschaltet, zeigt die Steuerung die Fehlermeldung 3043 G41, G42 IN G2, G3 an. Die Strategie des Anfahrens an die Kontur wählt die Steuerung erst dann, wenn aus dem Zustand G40 in G41 oder G42 umgeschaltet wird. Wenn z.B. die Korrektur mit T00 gelöscht wird, dann mit Tnn zurückgeschaltet wird (nn ist eine von Null abweichende Zahl), wählt die Steuerung die Strategie des Anfahrens nicht.

Die Grundfälle des Einschaltens der Korrektur sind in Abhängigkeit des Winkels α und der möglichen Übergängen, wie Gerade-Gerade, Gerade-Kreis, in den nachstehenden Abbildungen ersichtlich. Die Abbildungen gelten für den Fall G42, bei Annahme einer positiven Radienkorrektur.

☞ *Anmerkung:* Bezeichnungen auf den Abbildungen und in den weiteren:

- r: Wert der radienkorrektur
- L: gerade Strecke
- C: Kreisbogen
- S: Anhaltspunkt in Einzelsätzen
- gestrichelte Linie: Bahn des Werkzeugmittelpunktes
- kontinuierliche Linie: programmierte Bahn

Grundfälle des Einschaltens der Radienkorrektur:

- | | |
|---------------|---------------|
| (G40) | (G40) |
| G42 G01 X_ Z_ | G42 G01 X_ Z_ |
| X Z | G2 X Z R |

Anfahren an eine innere Ecke: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$

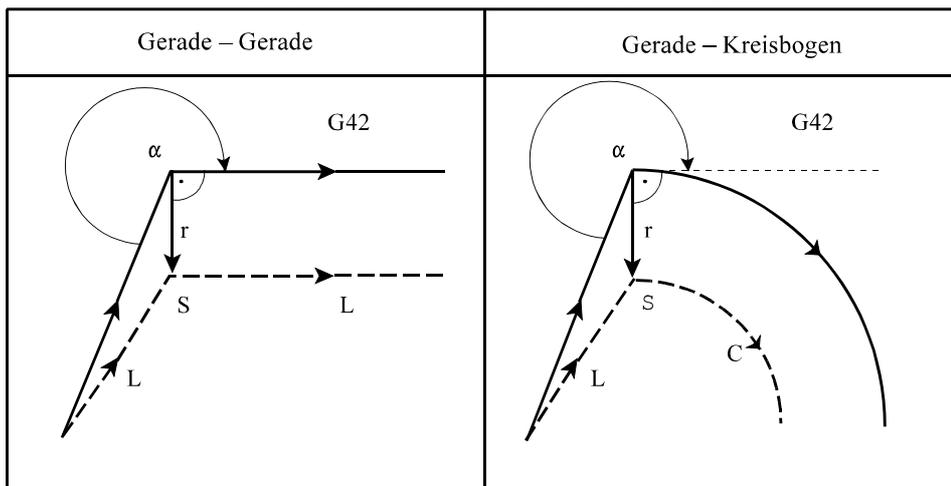


Abb. 14.4.1-1

Anfahren an eine aussere Ecke unter einem stumpfen Winkel: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

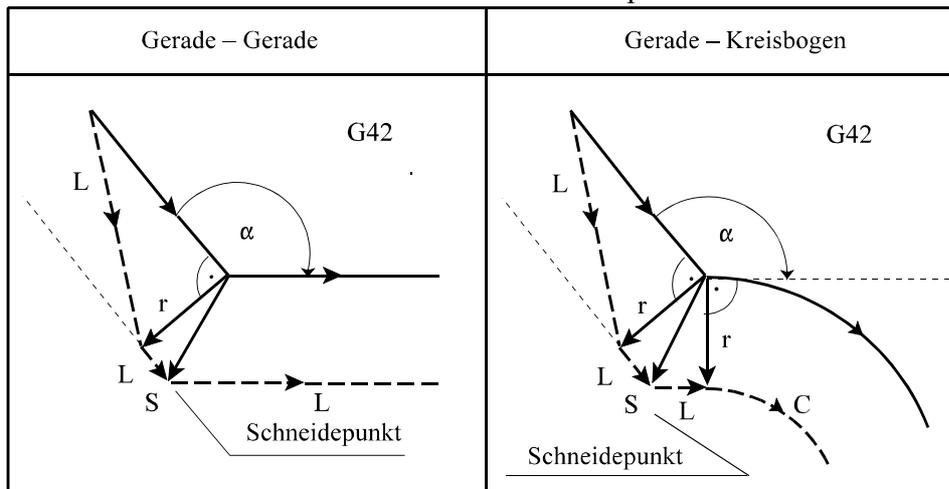


Abb. 14.4.1-2

Anfahren an eine aussere Ecke unter einem spitzen Winkel: $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

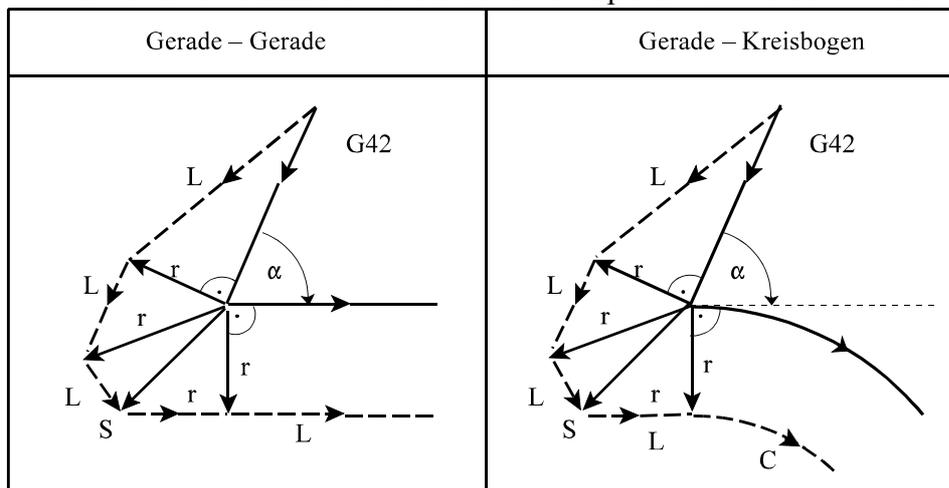


Abb. 14.4.1-3

Sonderfälle des Einschaltens der Radienkorrektur:

Werden I, J, K (aber nur die, die in der angewählten Ebene liegen) in einem das Einschalten der Radienkorrektur auslösenden Satz (G41 oder G42) mit Wert behaftet (z.B. I, und K bei G18), dann positioniert die Steuerung unter Inbetrachtung der Radienkorrektur auf den Schnittpunkt der durch I, J, K bestimmten und der durch den nächstfolgenden Satz bestimmten Geraden. Die Werte von I, J und K sind immer inkremental. Der durch ihnen bestimmte Vektor zeigt auf den Endpunkt des Satzes, in dem er programmiert worden ist. Diese Möglichkeit kann z.B. beim Anfahren inneren Ecken von Nutzen sein.

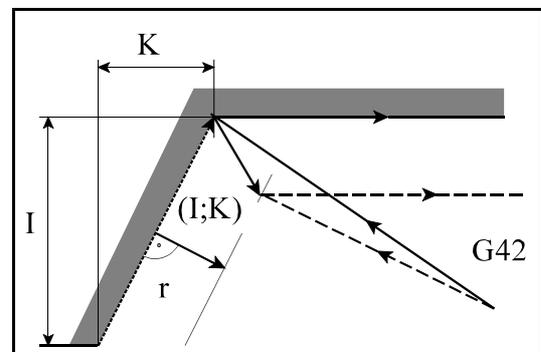


Abb. 14.4.1-4

```

...
G91 G18 G40
...
N110 G42 G1 X120 Z-80 I70 K50
N120 Z100
...

```

In diesem Fall berechnet die Steuerung immer den Schnittpunkt unabhängig davon, ob eine innere (konkave) oder eine aussere (convexe) Ecke bearbeitet werden soll.

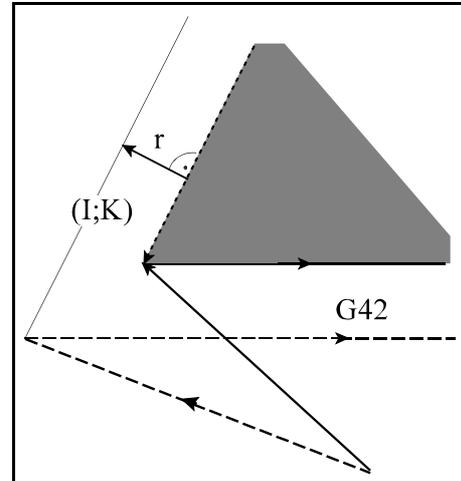


Abb. 14.4.1-5

Findet die Steuerung keinen Schnittpunkt, positioniert sie senkrecht auf den Anfangspunkt des nächstfolgenden Satzes.

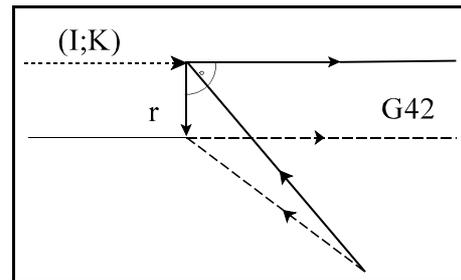


Abb. 14.4.1-6

Wird die Korrektur in einem separaten Satz durchgeführt, in dem keine Bewegung in der angeählten Ebene programmiert worden ist, wird die Korrektur ohne Bewegung eingeschaltet und die Länge des errechnetes Korrekturvektors gleich Null ist. Der Korrekturvektor wird am Ende des nächstfolgenden Bewegungssatzes nach der dem eingeschalteten Zustand der Radienkorrekturberechnung entsprechenden Strategie berechnet (siehe nächsten Punkt):

```

...
N10 G40 G18 G0 X0 Z0
N15 G42
N20 G1 Z80
N25 X120 Z110
...

```

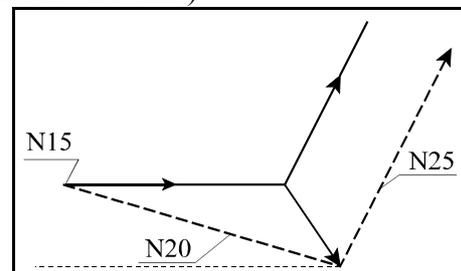


Abb. 14.4.1-7

Wurde im das Einschalten der Korrektur enthaltenden Satz (G41, G42) eine Weglänge von Null programmiert, oder sich eine Weglänge von Null resultiert, führt die Steuerung keine Bewegung aus, sondern sie setzt mit der Bearbeitung nach der besagten Strategie fort.

```

...
N10 G40 G18 G0 X0 Z0
N15 G91 G42 Z0
N20 G1 Z80
N25 X120 Z30
...

```

Ergibt sich eine Weglänge von 0 in der angewählten Ebene nach dem Einschalten der Korrektur. Wird der Korrekturvektor senkrecht zum das Einschalten auslösenden Satz gestellt. In dem nächstfolgenden Satz liegt die Werkzeugbahn zur programmierten Kontur nicht parallel:

```

...
N10 G40 G18 G0 X0 Z0
N15 G91 G42 Z80
N20 G1 Z0
N25 X120 Z30
N30 Z60
...

```

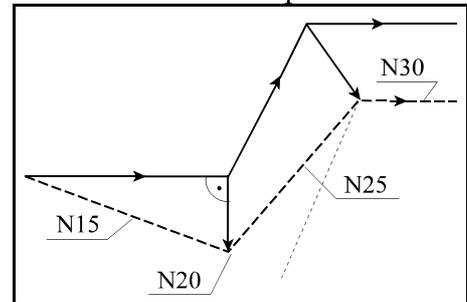


Abb. 14.4.1-8

14.4.2 Eingeschaltete Radienkorrektur. Fahren der Kontur entlang

Bei eingeschaltetem Zustand der Korrekturberechnung werden die Korrekturvektoren zwischen den Sätzen G00, G01, G02, G03, entsprechend den Grundfällen stetig berechnet, solange nicht mehr als einen Satz, der in der angewählten Ebene keine Weginformation hat, zwischengefügt wird. Dazu gehören auch die Sätze, die eine Verzögerung, sowie nur eine Funktion enthalten.

Grundfälle der eingeschalteter Radienkorrekturberechnung:

Schnittpunktberechnung bei inneren Ecken: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$

Gerade - Gerade	Gerade - Kreisbogen
<p>G42</p>	<p>G42</p>
Kreisbogen - Gerade	Kreisbogen - Kreisbogen
<p>G42</p>	<p>G42</p>

Abb. 14.4.2-1

Es kann vorkommen, dass es bei gewissen Werkzeugradien keinen Schnittpunkt gibt. In diesem Fall bleibt die Steuerung während der Abarbeitung des vorangehenden Satzes stehen und zeigt den Fehlercode 3046 KEIN SCHNITTPUNKT G41, G42 an.

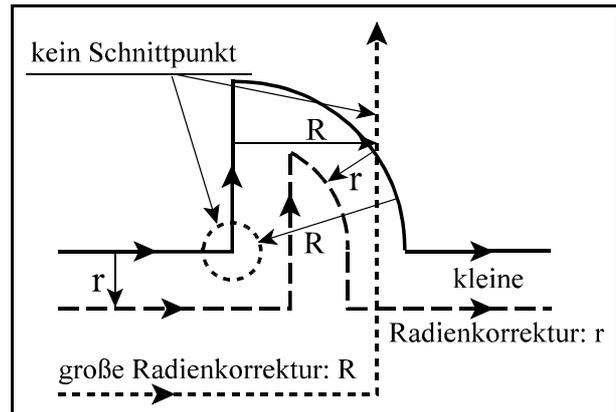


Abb. 14.4.2-2

Umfahren ausserer Ecken von einem stumpfen Winkel: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

Gerade - Gerade	Gerade - Kreisbogen
<p>G42</p>	<p>G42</p>
Kreisbogen - Gerade	Kreisbogen - Kreisbogen
<p>G42</p>	<p>G42</p>

Abb. 14.4.2-3

Umfahren ausserer Ecken von einem spitzen Winkel: $0^\circ < \alpha < 90^\circ$

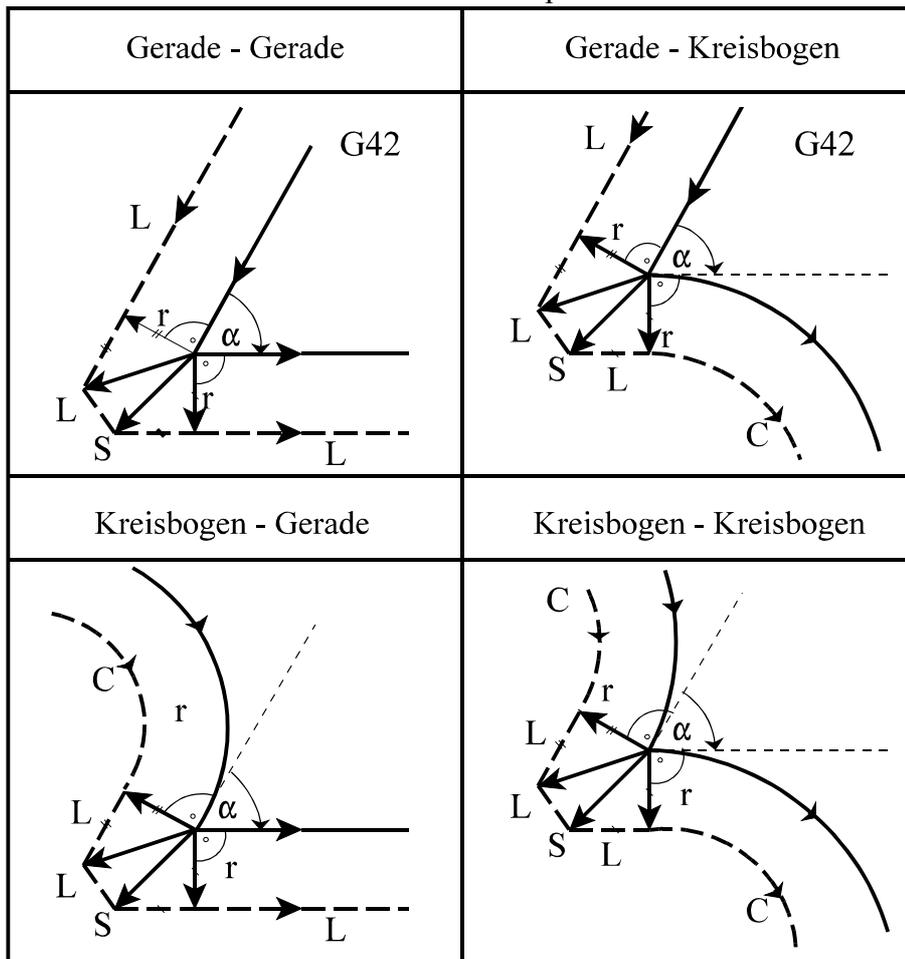


Abb. 14.4.2-4

Sonderfälle der eingeschalteter Radienkorrekturberechnung:

Wurde in einem Satz der angewählten Ebene eine Weglänge von Null bei eingeschaltetem G41 oder G42 programmiert, oder sich eine Weglänge von Null ergibt, stellt die Steuerung auf den Endpunkt des vorangehenden Satzes einen senkrechten Vektor, dessen Länge der Radienkorrektur entspricht. Man muss vorsichtig sein, da solche Fälle einen unerwünschten Unterschnitt, oder Verzerrungen bei Kreisen verursachen können.

Beispielsweise:

```

...G91 G18 G42
N110 G1 X100 Z40
N120 Z0
N130 Z90
N140 X-40 Z50
...
    
```

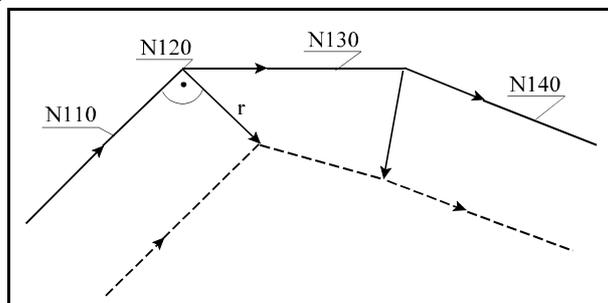


Abb. 14.4.2-5

14.4.3 Ausschalten der Werkzeugradienkorrektur. Verlassen der Kontur

Der Befehl G40 schaltet die Werkzeugradienkorrekturberechnung aus. Der Befehl G40 kann nur mit einer linearen Interpolation ausgegeben werden. Wird der Befehl G40 in einem Kreissatz ausgegeben, zeigt die Steuerung den Fehlercode 3042 *G40 IN G2, G3* an.

Grundfälle der ausgeschalteten Radienkorrektur:

(G42)	(G42)
G01 X_Z_	G02 X_Z_R_
G40 X_Z_	G40 G1 X_Z_

Verlassen einer inneren Ecke: $180^\circ < \alpha < 360^\circ$

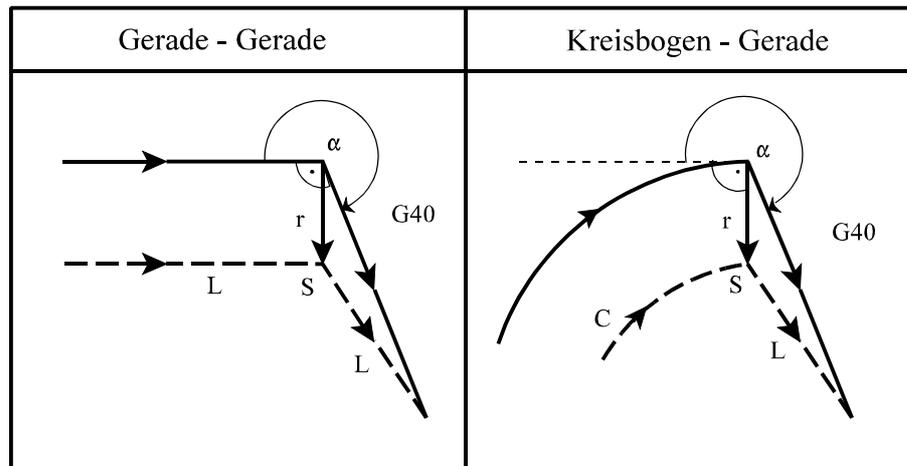


Abb. 14.4.3-1

Verlassen einer ausseren Ecke unter einem stumpfen Winkel: $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

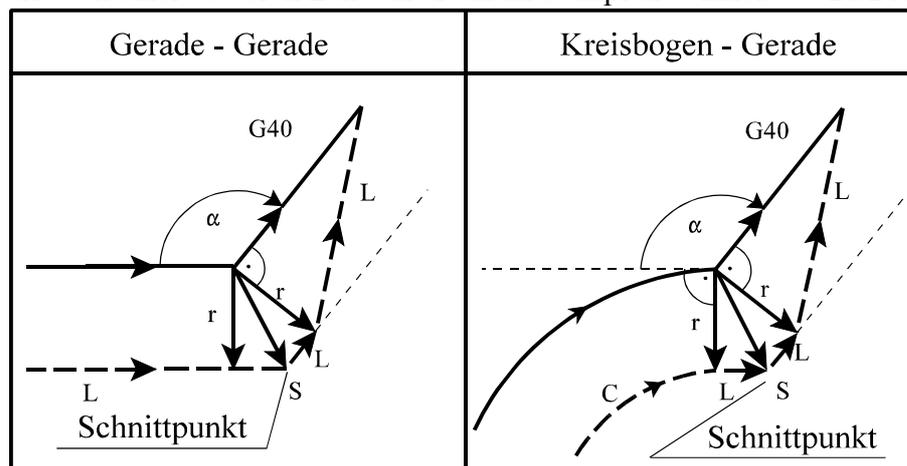


Abb. 14.4.3-2

Verlassen einer aussere Ecke unter einem spitzen Winkel: $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$

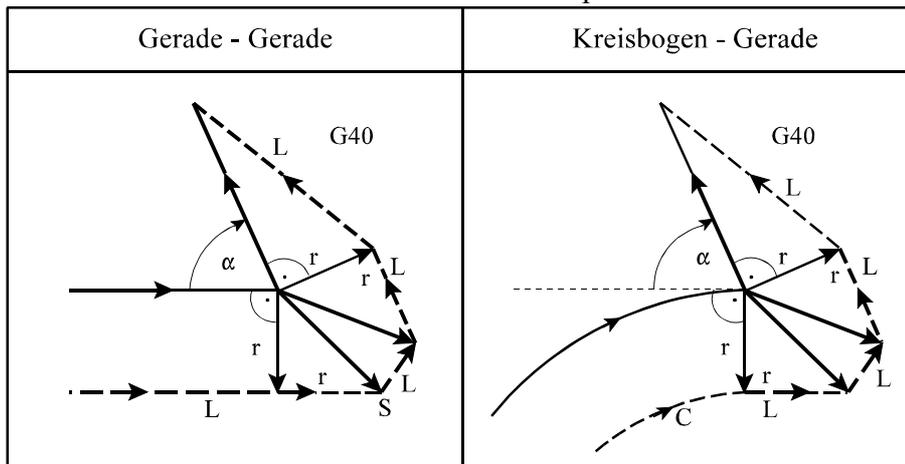


Abb. 14.4.3-3

Sonderfälle der ausgeschalteten Radienkorrektur:

Werden I, J, K (aber nur die, die in der angewählten Ebene liegen) in einem das Einschalten der Radienkorrektur auslösenden Satz (G41 oder G42) mit Wert behaftet (z.B. I und J bei G17), dann positioniert die Steuerung auf den Schnittpunkt der durch I, J, K bestimmten und der durch den nächstfolgenden Satz bestimmten Geraden. Die Werte von I, J und K sind immer inkremental. Der durch ihnen bestimmte Vektor zeigt auswärts von dem Endpunkt des Satzes.

Diese Möglichkeit kann z.B. beim Verlassen innerer Ecken von Nutzen sein.

```

...
...G91 G18 G42
N100 G1 X120 Z50
N110 G40 X-120 Z70 I-20 K100
...
    
```

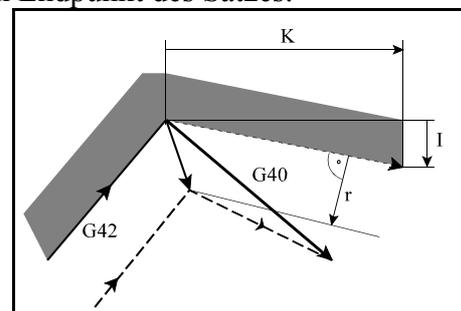


Abb. 14.4.3-4

In diesem Fall berechnet die Steuerung immer den Schnittpunkt unabhängig davon, ob innere oder aussere Ecken bearbeitet werden.

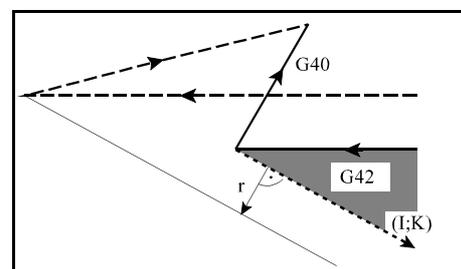


Abb. 14.4.3-5

Findet die Steuerung keinen Schnittpunkt, positioniert sie senkrecht auf den Endpunkt des vorangehenden Satzes.

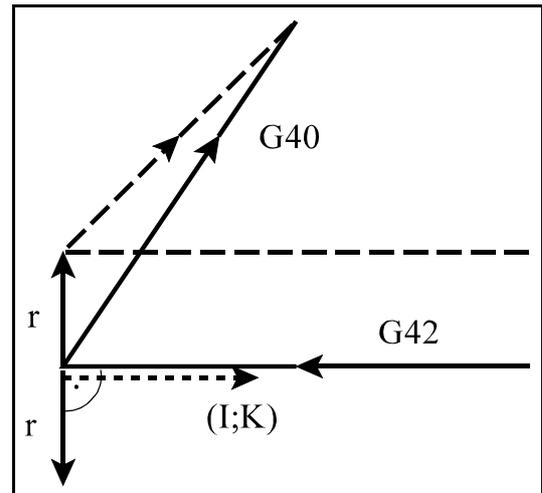


Abb. 14.4.3-6

Wird die Korrektur in einem Satz ausgeschaltet, in dem keine Bewegung in der angewählten Ebene programmiert worden ist, stellt die Steuerung eine Senkrechte auf den Endpunkt des vorangehenden Satzes und der Korrekturvektor wird am Ende des nächstfolgenden Bewegungssatzes gelöscht.

```
...G42 G18 G91
N110 G1 X80 Z80
N120 G40
N130 X40 Z-70
...
```

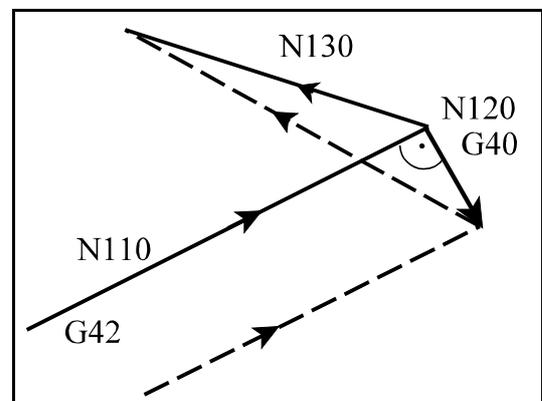


Abb. 14.4.3-7

Wurde in dem das Ausschalten der Korrektur enthaltenden Satz (G40) eine Weglänge von Null programmiert, oder sich eine Weglänge von Null ergibt, stellt die Steuerung auf den Endpunkt des vorangehenden Satzes einen senkrechten Vektor, dessen Länge der Radienkorrektur entspricht. Dann wird dieser Vektor im G40-Satz abgearbeitet. Beispielsweise:

```
...G42 G18 G91
N110 G1 X80 Z80
N120 G40 X0
N130 X40 Z-70
...
```

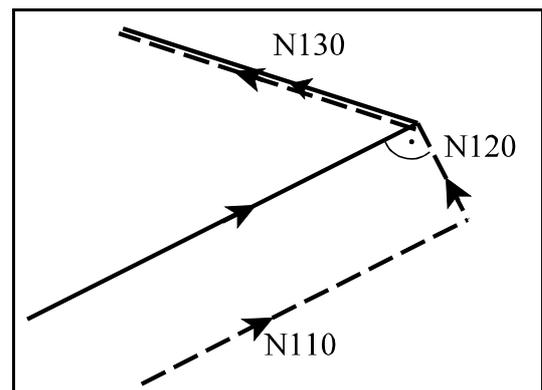


Abb. 14.4.3-8

14.4.4 Richtungswechsel bei der Radienkorrekturberechnung

Die Richtungen der Radienkorrekturberechnung, d.h. des Konturfahrens sind in der untenstehenden Tabelle ersichtlich:

	Radienkorrektur: positiv	Radienkorrektur: negativ
G41	von links	von rechts
G42	von rechts	von links

Die Richtung des Konturfahrens kann auch bei eingeschalteter Korrekturberechnung gewechselt werden. Dies kann durch Programmieren von G41 oder G42, oder durch Abrufen der Werkzeugradienkorrektur entgegengesetztes Vorzeichens unter der T-Adresse erfolgen. Als die Richtung des Konturfahrens gewechselt wird, überprüft die Steuerung nicht, ob sie sich "ausen", oder "innen" befindet, sondern errechnet sie im ersten Schritt immer einen Schnittpunkt. In den folgenden Abbildungen wurden ein positiver Werkzeugradius und das Umschalten von G42 auf G41 angenommen:

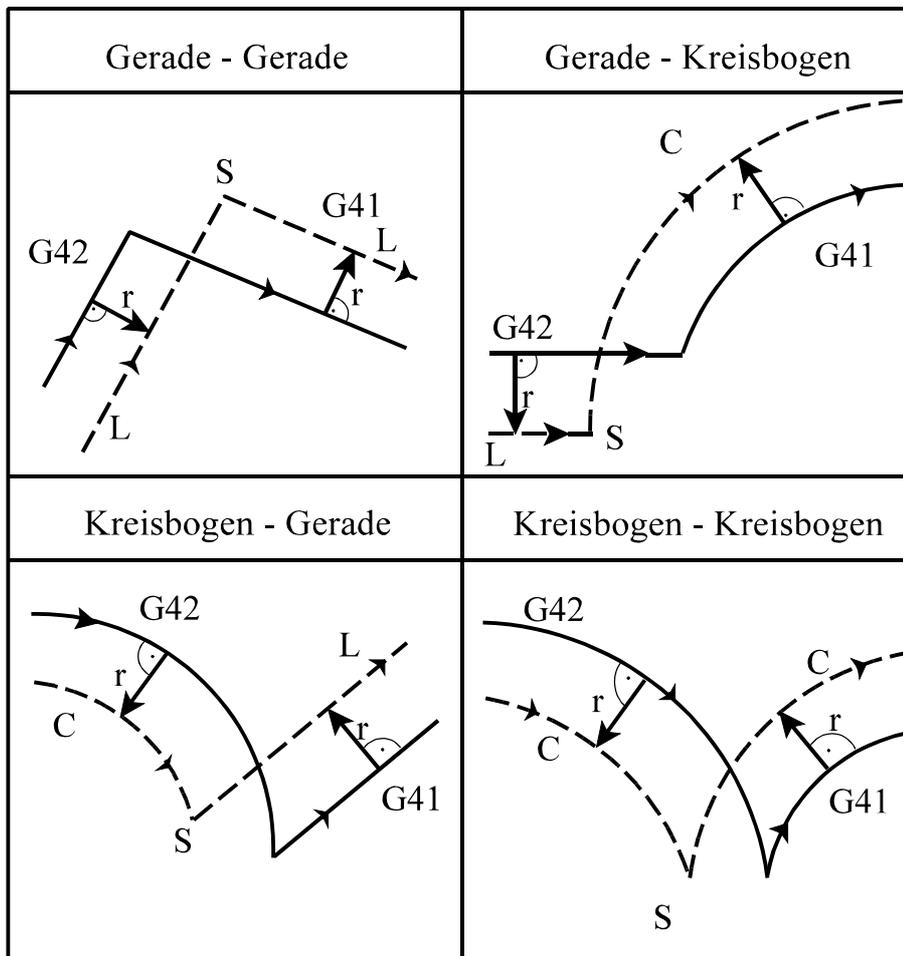


Abb. 14.4.4-1

Es gibt sich kein Schnittpunkt bei einem Übergang Gerade-Gerade, ist die Werkzeugbahn die folgende:

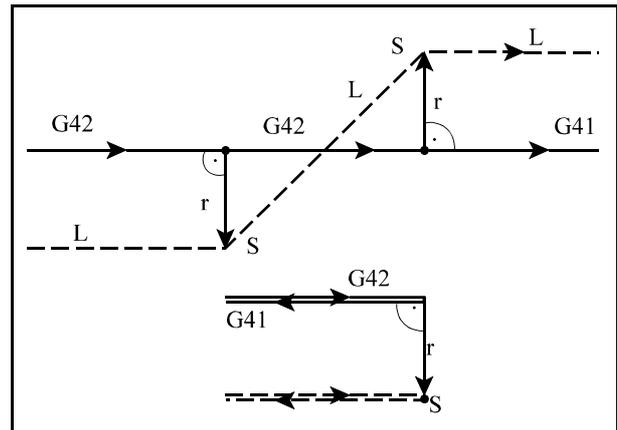


Abb. 14.4.4-2

Ergibt sich kein Schnittpunkt bei einem Übergang Kreis-Kreis, ist die Werkzeugbahn die folgende:

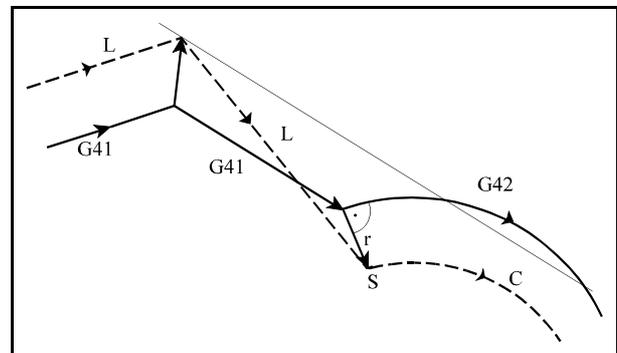


Abb. 14.4.4-3

Ergibt sich kein Schnittpunkt bei einem Gerade-Gerade- oder Kreis-Kreis-Übergang, verbindet die Steuerung den Endpunkt des im Anfangspunkt des ersten Kreissatzes resultierenden Korrekturvektors und den Endpunkt des zum Anfangspunkt des zweiten Satzes senkrecht stehenden Korrekturvektors durch einen unkorrigierten Kreisbogen vom programmierten Radius R . In diesem Fall fällt der Mittelpunkt des verbindenden Radius mit dem des programmierten Kreisbogens nicht. Kann der Richtungswechsel selbst mit der geschilderten Umlagerung des Kreismittelpunktes nicht durchgeführt werden, zeigt die Steuerung den Fehlercode *3047 ÄNDERUNG NICHT MÖGLICH* an.

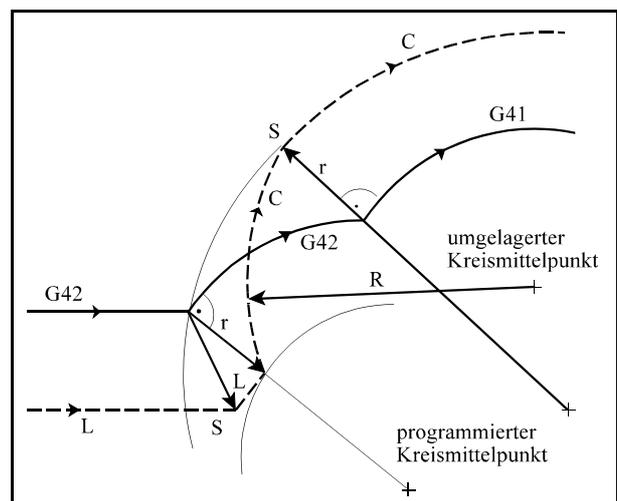


Abb. 14.4.4-4

14.4.5 Beibehaltung des Vektors (G38)

Auf die Wirkung des Befehls

G38 v,

wenn die Werkzeugradienkorrekturberechnung eingeschaltet ist, behält die Steuerung den zwischen dem vorangehenden Satz und dem G38-Satz gültigen letzten Korrekturvektor bei und sie aktiviert diese Korrektur am Endes des G38-Satzes unabhängig von dem zwischen dem G38-Satz und dem darauffolgenden Satz existierenden Übergang. Der G38-Kode ist von einmaliger Wirkung, d.d. er wird nicht geerbt. Ist die Beibehaltung des Vektors in mehreren nacheinanderfolgenden Sätzen erforderlich, muss G38 von neuem programmiert werden.

Das Programmieren von G38 ist nur im G00- oder G01-Zustand möglich, der die Beibehaltung des Vektors enthaltende Satz muss also eine Geradeninterpolation beschreiben. Ist es nicht der Fall, zeigt die Steuerung den Fehlercode *3040 G38 NICHT IN G0, G1* an. Wird der Kode G38 nicht bei eingeschalteter Radienkorrektur (G41, G42) angewandt, zeigt die Steuerung den Fehlercode *3039 G38 KODE IN G40* an.

Beispiel für die Funktion von G38:

```
...G18 G41 G91...
N110 G1 X120 Z60
N120 G38 X-80 Z90
N130 X140 Z20
N140 Z120
...
```

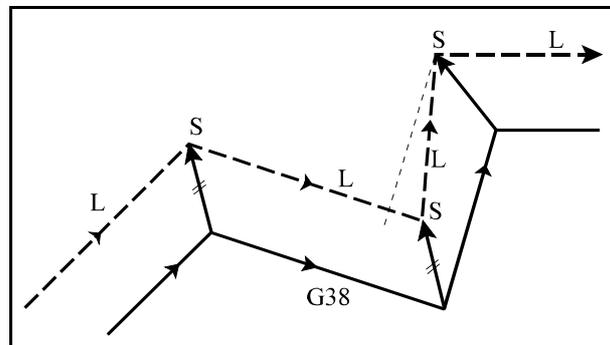


Abb. 14.4.5-1

Programmieren eines Einstiches ohne Ausschalten des Konturfahrens:

```
...G18 G42 G91...
N110 G1 Z40
N120 G38 Z50
N130 G38 X140
N140 G38 X-140
N150 Z60
...
```

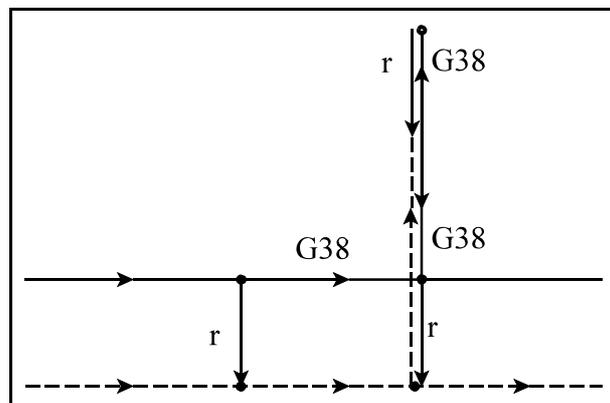


Abb. 14.4.5-2

14.4.6 Programmieren von Bögen an Ecken (G39)

Durch das Programmieren des Satzes

G39 (I J K)

im eingeschalteten Zustand der Radienkorrekturberechnung kann erreicht werden, dass die Steuerung keinen Schnittpunkt berechnet, oder keine geraden Strecken zum Umfahren zwischenfügt, sondern sie den Werkzeugmittelpunkt auf einen Kreisbogen des Werkzeugradius führt. Der Drehsinn des Kreisbogens entspricht G02 im Zustand G41 und G03 im Zustand G42.

Der Anfangspunkt des Kreisbogens wird durch den zum Endpunkt der Bahn des vorangehenden Satzes senkrechten Vektor des Werkzeugradius und dessen Endpunkt durch den zum Anfangspunkt des nächstfolgenden Satzes senkrechten Vektor des Werkzeugradius bestimmt. G39 ist in einem gesonderten Satz zu programmieren:

```
...G18 G91 G41...
N110 G1 Z100
N120 G39
N130 G3 X-160 Z80 K80
...
```

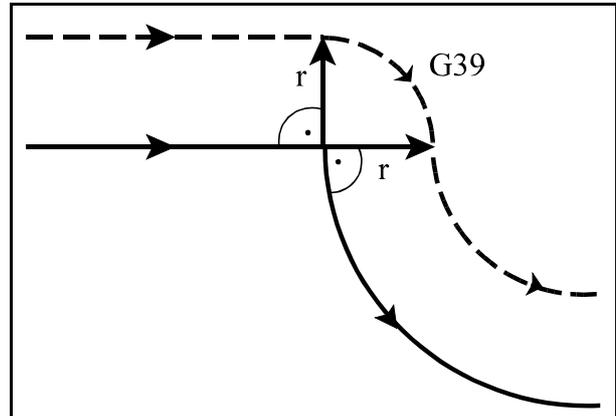


Abb. 14.4.6-1

Werden im G39-Satz I, J oder K entsprechend der angewählten Ebene programmiert, bestimmt der durch I, J oder K bestimmte Vektor im Endpunkt des vorangehenden Satzes senkrechte stehende Vektor, dessen Radius der Werkzeugradius ist, den Endpunkt des Kreisbogens:

```
...G18 G91 G41...
N110 G1 Z100
N120 G39 I-60 K50
N130 G40 X60 Z110
...
```

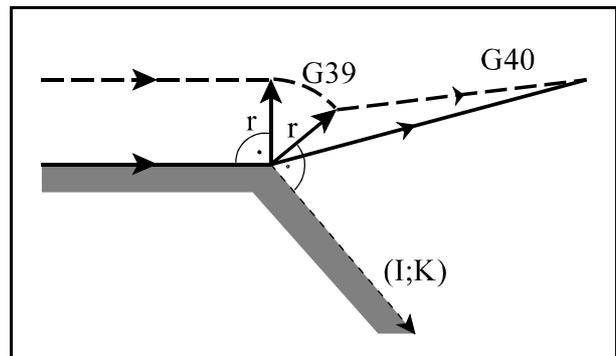


Abb. 14.4.6-2

Für den durch I, J oder K bestimmten Vektor gelten die vorher eingestellten Spiegelungsbefehle. Sinngemäß beeinflusst ein Masstabierungsbefehl die Richtung nicht. In einem Satz des Typs G39 kann kein Bewegungsbefehl programmiert werden. Wird ein G39-Befehl im Zustand G40 oder in der Betriebsart Räumliche Korrekturberechnung ausgegeben, zeigt die Steuerung den Fehlerkode 3036 G39 KODE IN G40 an.

14.4.7 Allgemeines über die Anwendung der in der Ebene liegenden Radienkorrektur

Bei eingeschaltetem Konturfahren (G41, G42) muss die Steuerung Korrekturvektoren immer zwischen zwei Bewegungssätzen in der angewählten Ebene berechnen. In der Praxis kann es erforderlich sein, dass kein Bewegungssatz, oder ein Bewegungssatz ausserhalb der angewählten Ebene zwischen zwei in der Ebene liegenden Bewegungssätzen programmiert werden sollen. Solche Sätze können sein:

Funktionen: M, S, T

Verzögerung: G4 P

Bewegung ausserhalb der angewählten Ebene: (G18) G1 Y

Aufruf eines Unterprogrammes: M98 P

Ein- u. Ausschalten von Sondertransformationen: G50, G51, G50.1, G51.1, G68, G69.

☞ *Anmerkung:* Werden Unterprogramme aufgerufen, muss darauf geachtet werden, dass das Unterprogramm mit einem in der angewählten Ebene liegenden Bewegungssatzes begonnen wird, sonst wird die Bahn verzerrt.

Die Steuerung lässt das Programmieren **eines** der oben besagten zwischen zwei in der Ebene liegenden Bewegungssätzen Sätze zu, wodurch die Werkzeugbahn nicht beeinflusst wird:

```
...G18 G42 G91...
N110 G1 X140 Z50
N120 G4 P2
N130 Z60
...
```

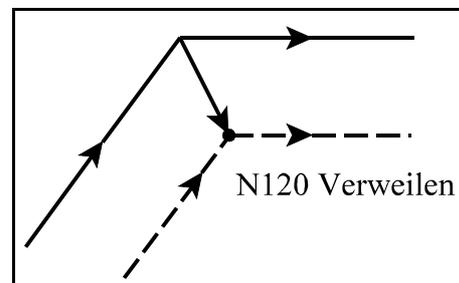


Abb. 14.4.7-1

Fügt die Steuerung ein oder mehrere Umfahrsätze zwischen zwei Kontursätzen ein, werden die zwischen den Kontursätzen programmierten anderen Sätze in den Anhaltspunkten durchgeführt, die in den Abbildungen mit "S" bezeichnet sind.

Werden zwei Sätze, die Bewegungen ausserhalb der angewählten Ebene beschreiben, oder keine Bewegung enthalten ins Programm geschrieben, stellt die Steuerung eine Senkrechte zum Endpunkt des letzten Kontursatzes, die zum Korrekturvektor wird. Die Bahn wird verzerrt:

```
...G18 G42 G91...
N110 G1 X140 Z50
N120 G4 P2
N130 S400
N140 Z60
...
```

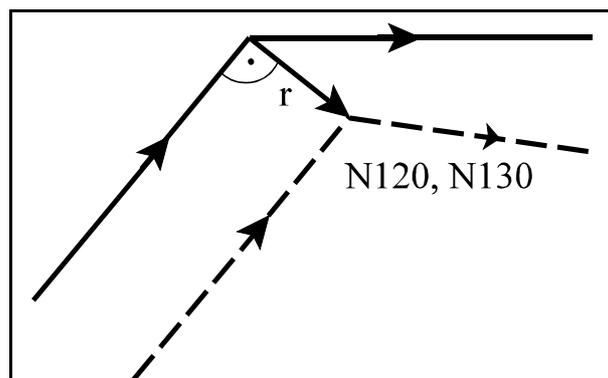


Abb. 14.4.7-2

Wenn die Zustellung in der Y-Richtung erst nach dem Einschalten der Radienkorrektur erfolgen kann, kann wie folgt verfahren werden:

```
...G18 G91...
N110 G41 G0 X140 Z50
N120 G1 Y-40
N130 X80
...
```

In diesem Fall ist die Werkzeugbahn korrekt, wie es aus der Abbildung ersichtlich ist.

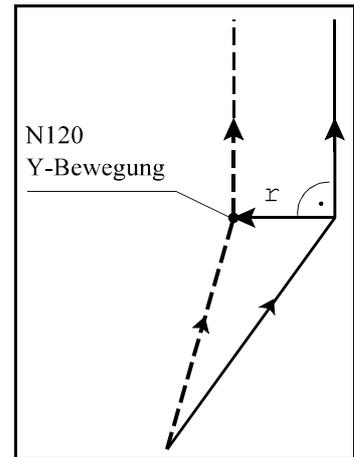


Abb. 14.4.7-3

Wird die Y-Bewegung auf eine Eilgangs- und eine Vorschubstrecke aufgeteilt, wird die Bahn verzerrt, da zwei nicht in der Konturebene liegende Sätze aufeinander folgen:

```
...G18 G91...
N110 G41 G0 X140 Z50
N120 Y-35
N130 G1 Y-5
N140 X80
...
```

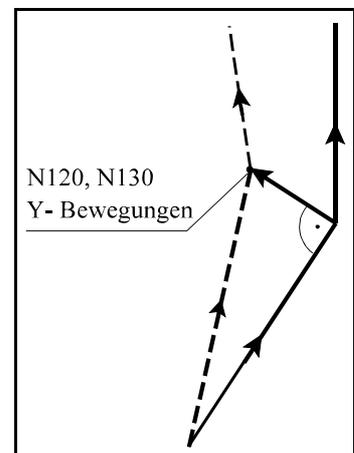


Abb. 14.4.7-4

Als Zwischenlösung kann eine kleine X-Bewegung zwischen den beiden Y-Bewegungen eingefügt werden:

```
...G18 G91...
N110 G41 G0 X138 Z50
N120 Y-35
N130 X2
N140 G1 Y-5
N150 X80
...
```

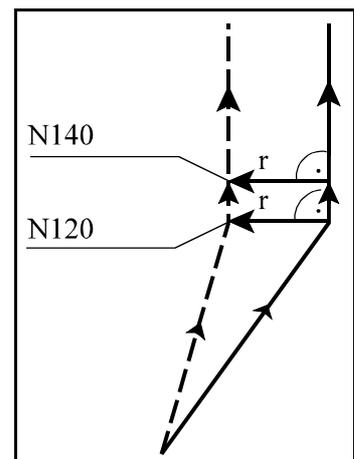


Abb. 14.4.7-5

Durch die Anwendung des obigen Tricks wird der Korrekturvektor richtig aufgebaut.

Werden die Anweisungen

G22, G23, G52, G54-G59, G92

G53

G28, G29, G30

zwischen zwei Kontursätzen zwischengefügt, wird die Werkzeugbahn folgendermassen gestaltet. Werden die Befehle G22, G23, G52, G54-G59, oder G92 zwischen zwei Bewegungssätzen bei eingeschaltetem G41 oder G42 programmiert, löscht die Steuerung den Korrekturvektor im Endpunkt des vorangehenden Satzes, führt den Befehl aus, dann stellt sie den Korrekturvektor im Endpunkt des nächstfolgenden Bewegungssatzes wieder her. Beschreibt der vorangehende oder nachfolgende Satz eine Kreisinterpolation, sendet die Steuerung den Fehlercode *3041 NACH G2, G3 ILLEG. SATZ*.

Beispielsweise:

```
...G91 G18 G41...
N110 G1 X-100 Z80
N120 G92 X0 Z0
N130 X100 Z80
...
```

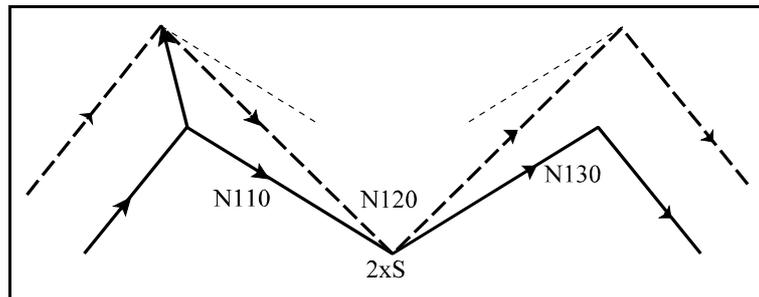


Abb. 14.4.7-6

Wird der Befehl G53 zwischen zwei Bewegungssätzen bei eingeschaltetem G41 oder G42 programmiert, löscht die Steuerung den Korrekturvektor im Endpunkt des vorangehenden Satzes, sie führt die Positionierung im G53 durch und stellt den Korrekturvektor im Endpunkt des nächstfolgenden Bewegungssatzes (kein G53) wieder her. Wenn der diesem Befehl vorangehende oder nachfolgende Bewegungssatz eine Kreisinterpolation beschreibt, sendet die Steuerung den Fehlercode *3041 NACH G2, G3 ILLEG. SATZ*.

Beispielsweise:

```
...G91 G18 G41...
N110 G1 X-100 Z80
N120 G53 X160
N130 G53 X0
N140 X100 Z80
...
```

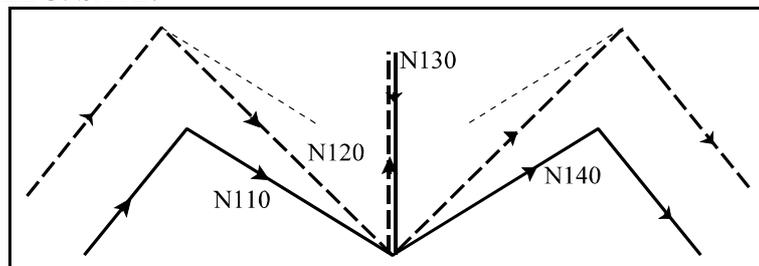


Abb. 14.4.7-7

Werden G28 oder G30 und anschliessend G29 zwischen zwei Kontursätzen bei eingeschaltetem G41 oder G42 programmiert, löscht die Steuerung den Korrekturvektor im Endpunkt des auf den Zwischenpunkt positionierenden Satzes, dann führt sie das Anfahren auf den Referenzpunkt aus und stellt sie den Korrekturvektor im Endpunkt des wiederkehrenden G29-Satzes.

Beispielsweise:

```

...G91 G18 G41...
N110 G1 X-100 Z80
N120 G28 X160
N130 G29 X0
N140 X100 Z80
...

```

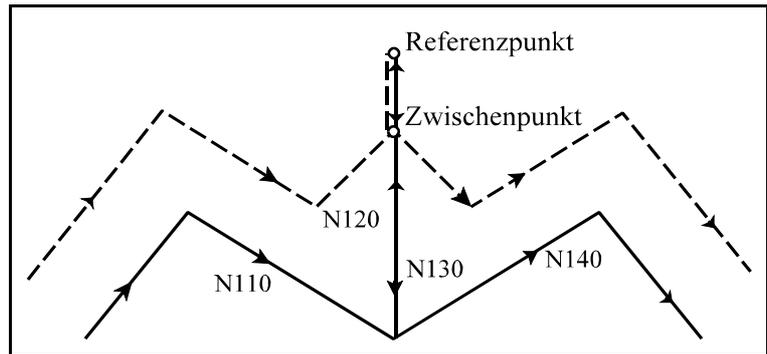


Abb. 14.4.7-8

Bei eingeschalteter Radienkorrekturberechnung (G41, G42) kann ein neuer Radienkorrekturwert unter der T-Adresse abgerufen werden. Wechselt der Korrekturwert das Vorzeichen, erfolgt der bereits erörterte Vorgang des Richtungswechsels an der Kontur. Erfolgt kein Richtungswechsel, ist das Verfahren anders. Der Korrekturvektor wird mit dem neuen Radienwert im Endpunkt des Satzes berechnet, in dem die

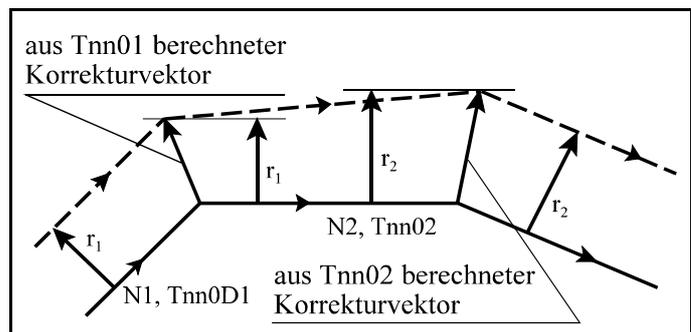


Abb. 14.4.7-9

neue T-Adresse programmiert wurde. Da der Korrekturvektor im Anfangspunkt dieses Satzes mit dem alten Radius errechnet worden ist, liegt die Bahn des Werkzeugmittelpunktes zur programmierten Bahn nicht parallel. Auch in einem Kreissatz kann ein neuer Radienkorrekturwert unter der T-Adresse abgerufen werden, aber der Werkzeugmittelpunkt bewegt sich in diesem Fall auf einem Kreisbogen von änderlichem Radius.

Ein besonderer Fall ist, wenn die Korrektur mit T00 ausgeschaltet und mit Tnn eingeschaltet wird.

Im untenstehenden Beispiel kann der Unterschied bemerkt werden, wenn die Korrektur mit G41 oder G42 eingeschaltet und mit G40 ausgeschaltet wird, bzw. das Ein- und Ausschalten durch Abrufen der T-Adresse erfolgt:

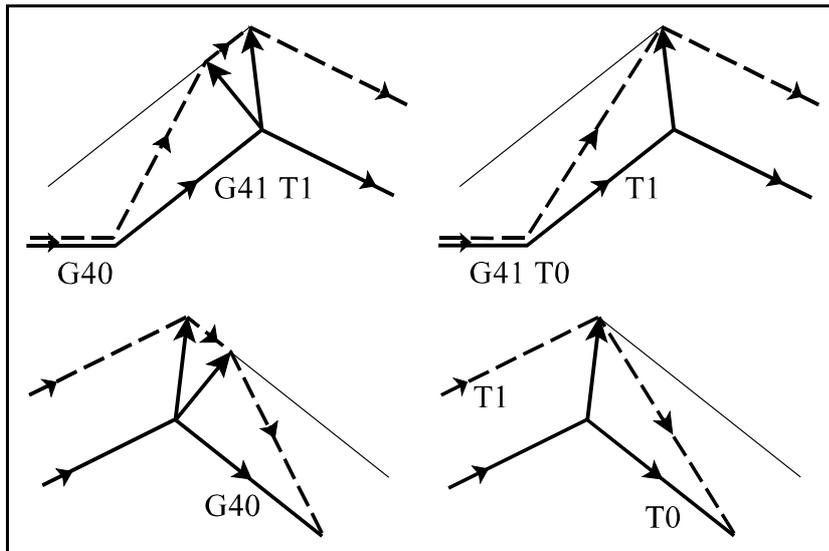


Abb. 14.4.7-10

Ein gegebener Programmteil, oder ein Unterprogramm kann auch zum Herstellen eines Stempels durch eine positive Radienkorrektur und einer Matrize durch eine negative Radienkorrektur angewandt werden.

Dazu ein kleiner Programmteil:

```

...N020 G42 G1 X160 T1
N030 G1 Z-5
N040 G3 I-80
N050 G1 Z2
N060 G40 G0 X0
...
    
```

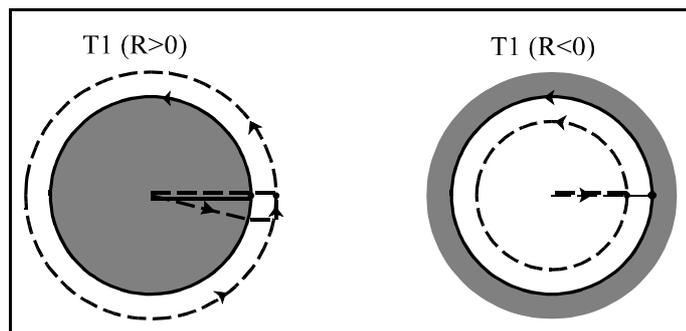


Abb. 14.4.7-11

Wird die Radienkorrektur für einen Kreis mit änderlichem Radius angewandt, berechnet die Steuerung den (die) Korrekturvektor(en) im Anfangspunkt des Kreises für einen theoretischen Kreis, dessen Radius dem Anfangsradius des programmierten Kreises entspricht und dessen Mittelpunkt mit dem programmierten Mittelpunkt zusammenfällt. Im Endpunkt des Kreises wird (werden) der (die) Korrekturvektor(en) für einen theoretischen Kreis berechnet, dessen Radius dem Endpunktradius des programmierten Kreises entspricht und dessen Mittelpunkt mit dem des programmierten Kreises zusammenfällt.

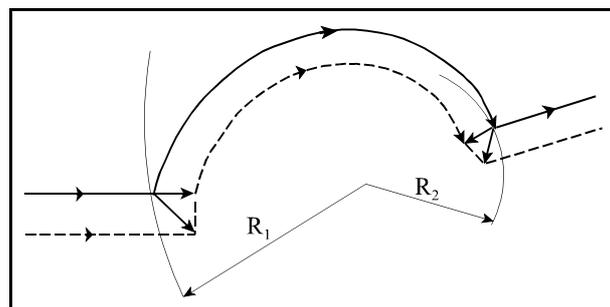


Abb. 14.4.7-12

Bei der Programmierung eines Vollkreises können sich eine Anzahl von Fällen ergeben, in denen die Werkzeugbahn mehr als eine volle Umdrehung befährt.

Beim programmieren des Richtungswechsels auf der Kontur kann z.B. die folgende Situation vorkommen:

```
...G17 G42 G91...
N110 G1 X60 Y-40
N120 G41 G2 J-40
N130 G42 G1 X60 Y40
...
```

Der Werkzeugmittelpunkt befährt einen vollen Kreis von dem Punkt P_1 aus bis zum Punkt P_1 und einen Bogen von dem Punkt P_1 bis zum Punkt P_2 .

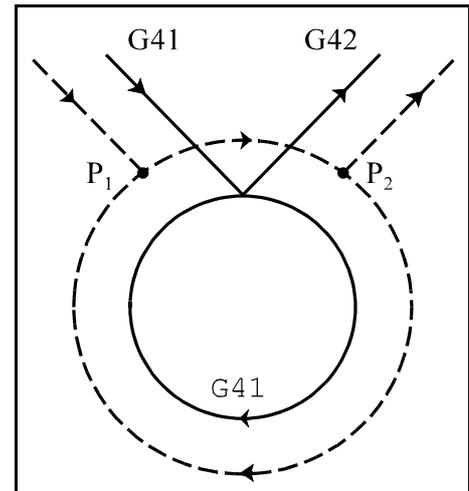


Abb. 14.4.7-13

Für den Fall, wenn das Konturfahren durch Programmieren von I, J, K ausgeschaltet wird, zeigt das nebenstehende Beispiel eine ähnliche Situation:

```
...G18 G90 G41...
N090 G1 Z60
N100 G2 I-60
N110 G40 G1 X360 Z120 I-60 K-60
...
```

Der Werkzeugmittelpunkt befährt einen vollen Kreis von dem Punkt P_1 aus bis zum Punkt P_1 und einen Bogen von dem Punkt P_1 bis zum Punkt P_2 .

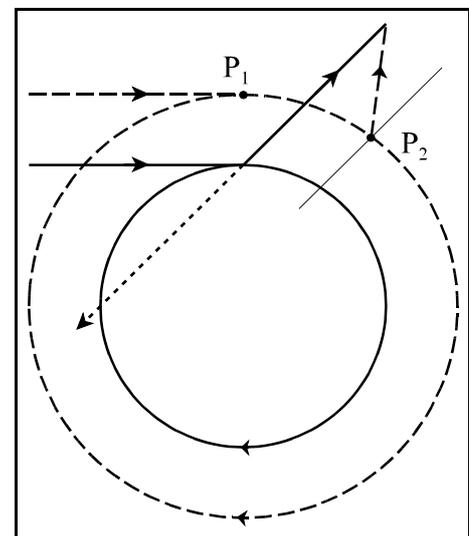


Abb. 14.4.7-14

Beim Umfahren von scharfen Ecken können zwei, oder mehrere Korrekturvektoren gebildet werden. Liegen deren Endpunkte zueinander nah, ergibt sich kaum Bewegung zwischen den beiden Punkten:

In dem Fall, wenn der Abstand zwischen den beiden Vektoren in den beiden Achsen kleiner als der im Parameterfeld eingestellte Parameterwert $DELTV$, wird der in der Abbildung gezeigte Vektor weggelassen und die Werkzeugbahn der Abbildung entsprechend geändert wird.

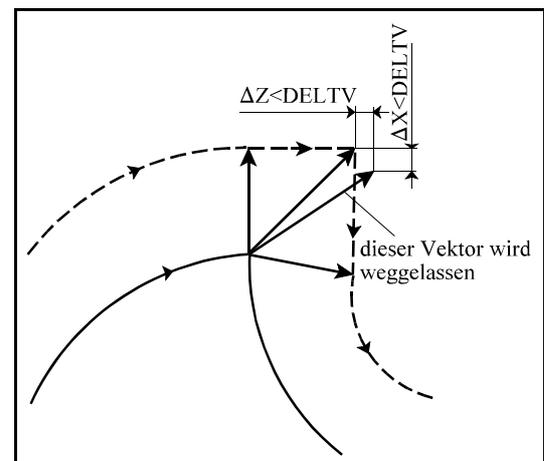


Abb. 14.4.7-15

14.4.8 Störungsprobleme beim Konturfahren. Interferenzprüfung

Während der Ausführung des Konturfahrens kann es oft vorkommen, dass die Werkzeugbahn mit dem programmierten Bahn entgegengesetzt wird. In diesem Fall kann das Werkzeug trotz dem Willen des Programmierers ins Werkstück eingreifen. Dieser Fall wird als Störung des Konturfahrens, oder Interferenz genannt.

Im Beispiel ergibt sich eine der programmierten entgegengesetzte Werkzeugbahn bei der Abarbeitung des Satzes N2. Das schattierte Feld zeigt, dass das Werkzeug ins Werkstück schneidet.

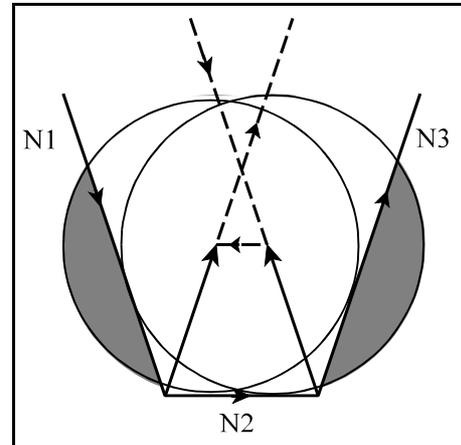


Abb. 14.4.8-1

Um solche Fälle zu vermeiden führt die Steuerung eine Interferenzprüfung durch, wenn der Parameter *INTERFER* auf 1 gesetzt wird. In diesem Fall überprüft die Steuerung, ob die Bedingung $-90^\circ \leq \varphi \leq +90^\circ$ für den Winkel φ zwischen dem programmierten Weg und dem um die Radienkorrektur modifizierten Weg erfüllt wird.

Mit anderen Worten überprüft die Steuerung, ob der korrigierte Bewegungsvektor eine dem programmierten Vektor entgegengesetzte Komponente hat.

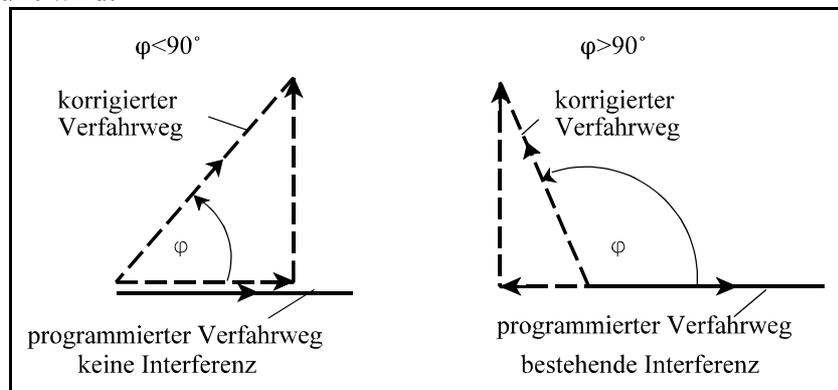


Abb. 14.4.8-2

Ist der Parameter *ANGLAL* des Parameterfeldes auf 1 gesetzt, sendet die Steuerung den Fehlerkode 3048 *KOLLISIONSALARM* einen Satz früher, bevor der Fehler auftritt.

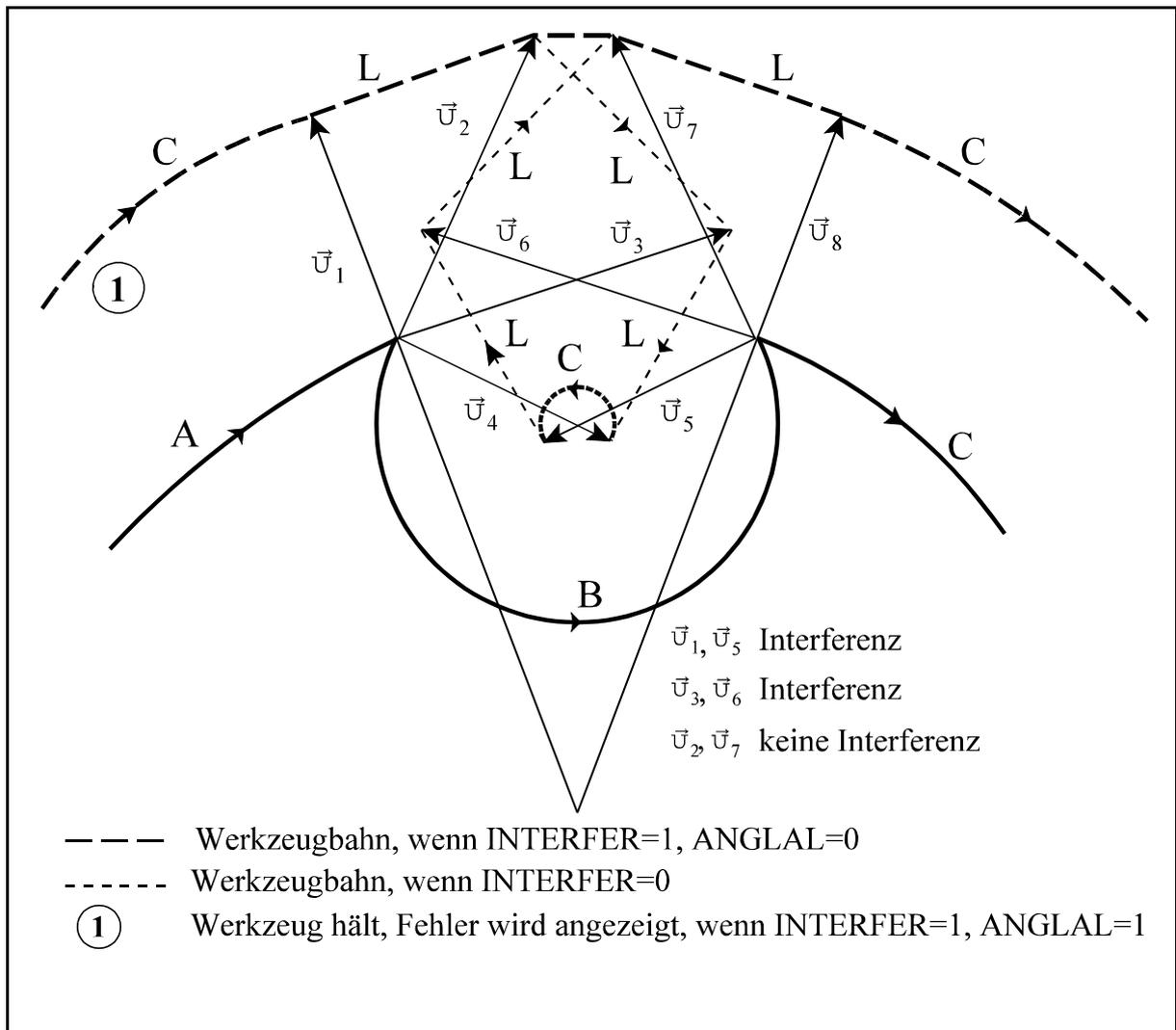


Abb. 14.4.8-3

In dem Fall, wenn der Parameter *ANGLAL* auf 0 gesetzt ist, sendet die Steuerung keinen Fehlercode, sondern sie versucht den Fehler mit dem Zweck zu korrigieren, dass die Einschneidungen vermieden werden. Der Ablauf der Korrektur ist folgend:

Das Konturfahren in den Sätzen A, B und C ist eingeschaltet. Die zwischen den Sätzen A und B errechneten Korrekturvektoren sind: $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3, \vec{u}_4$, die Korrekturvektoren zwischen den Sätzen B und C sind $\vec{u}_5, \vec{u}_6, \vec{u}_7, \vec{u}_8$.

Entsteht eine Interferenz zwischen \vec{u}_4 und \vec{u}_5 , werden \vec{u}_4 und \vec{u}_5 weggelassen, entsteht eine Interferenz zwischen \vec{u}_3 und \vec{u}_6 , werden \vec{u}_3 und \vec{u}_6 weggelassen, entsteht eine Interferenz zwischen \vec{u}_2 und \vec{u}_7 , werden \vec{u}_2 und \vec{u}_7 weggelassen, entsteht eine Interferenz zwischen \vec{u}_1 und \vec{u}_8 , werden \vec{u}_1 und \vec{u}_7 weggelassen.

Es ist ersichtlich, dass die Steuerung die Korrekturvektoren im Anfangs- und im Endpunkt des Satzes B paart und sie löscht sie paarweise. Ist die Anzahl der Korrekturvektoren an der einen Seite eins, oder auf eins abnimmt, werden nur die Vektoren an der anderen Seite weggelassen. Die Vektoren werden solange weggelassen, bis die Interferenz besteht. Am Anfangs- und im Endpunkt des Satzes B können der erste, bzw. der letzte Korrekturvektor nicht weggelassen werden. Wenn die Interferenz infolge der weggelassenen Korrekturvektoren aufhört, wird kein Fehler

angezeigt, wenn nicht, wird der Fehlercode *3048 KOLLISIONSALARM* ausgegeben. Die restlichen Korrekturvektoren werden durch Geraden verbunden, selbst wenn der Satz B einen Kreis beschreibt.

Wie es ersichtlich, kann mit der Abarbeitung des Satzes A erst dann begonnen werden, wenn die Steuerung die Interferenzprüfung für den Satz B durchgeführt hat. Dazu ist es aber erforderlich, dass auch der Satz C in den Puffer eingelesen wird und die Korrekturvektoren für den Übergang B-C errechnet werden.

Einige typische Fälle der Interferenz:

Bearbeiten eines Absatzes, dessen Höhe kleiner als der Werkzeugradius ist. Die Steuerung zeigt den Fehlercode *3048 KOLLISIONSALARM* an, da das Werkzeug ins Material einschneiden könnte.

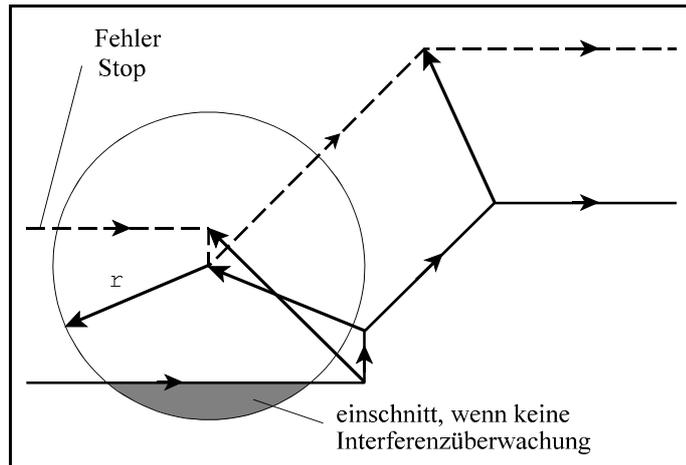


Abb. 14.4.8-4

Bearbeiten einer inneren Ecke, deren Abrundung kleiner ist, als der Werkzeugradius. Die Steuerung zeigt den Fehlercode *3048 KOLLISIONSALARM* an, da das Werkzeug ins Material einschneiden könnte.

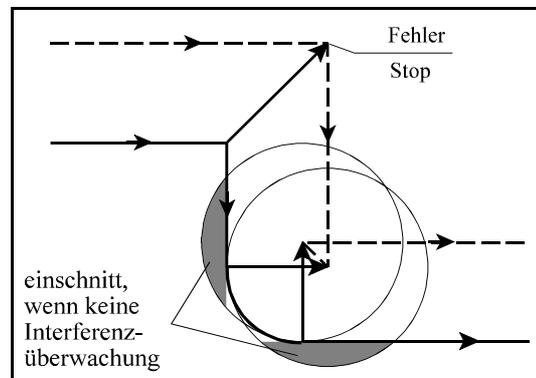


Abb. 14.4.8-5

Bearbeiten einer Stufe entlang einem Kreisbogen. Die Höhe ist kleiner als der Werkzeugradius. Ist der Parameter *ANGLAL* auf 0 gesetzt, löscht die Steuerung den Vektor \vec{v}_2 und verbindet die Vektoren \vec{v}_1 und \vec{v}_3 durch eine Gerade, damit der Einschnitt vermieden wird. Ist der Parameter *ANGLAL* auf 1 gesetzt, wird der Fehlercode *3048 KOLLISIONSALARM* angezeigt und die Steuerung hält im vorangehenden Satz.

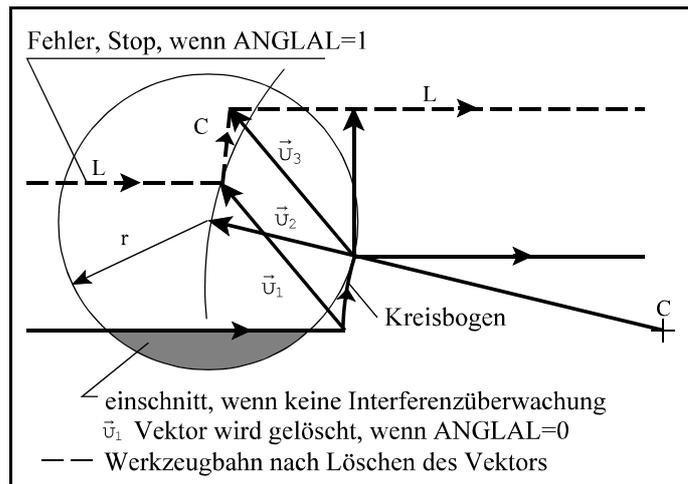


Abb. 14.4.8-6

Es gibt Fälle, in denen das Werkzeug ins Material nicht einschneiden würde, die Interferenzüberwachung meldet trotzdem Fehler.

Wird eine Vertiefung bearbeitet, deren Tiefe kleiner als die Radienkorrektur ist, erfolgt evtl. kein Einschnitt, wie es aus der Abbildung ersichtlich ist, trotzdem meldet die Steuerung den Fehlercode *3048 KOLLISIONSALARM*, da die Bewegungsrichtung auf der im Satz B korrigierten Bahn entgegengesetzt mit der programmierten Bahn ist.

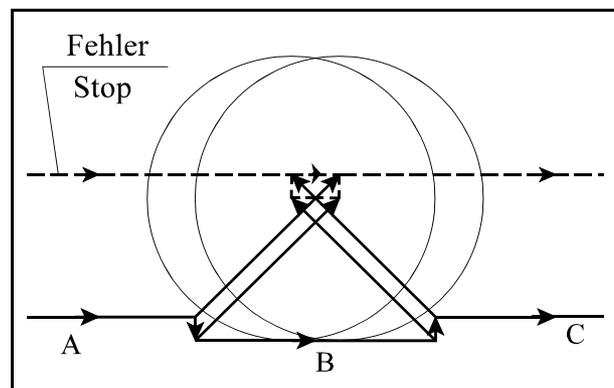


Abb. 14.4.8-7

In diesem Beispiel wird wiederum Interferenzfehler angezeigt, da die Bewegungsrichtung auf der im Satz B korrigierten Bahn entgegengesetzt mit der programmierten Bahn ist.

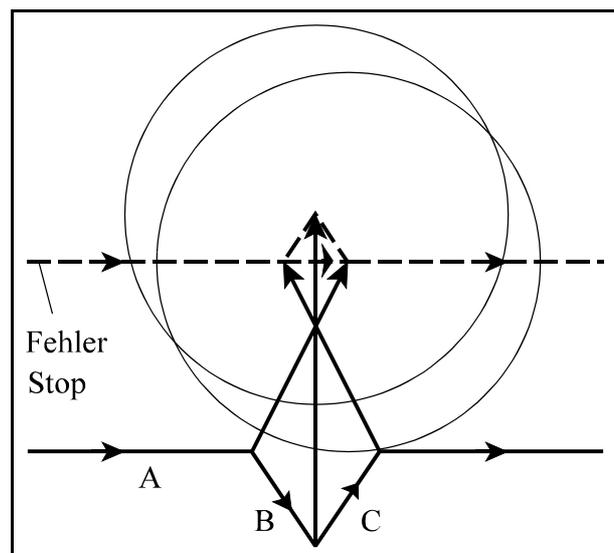


Abb. 14.4.8-8

15 Sondertransformationen

15.1 Achsenspiegelung bei Doppelrevolvern (G68, G69)

Der Befehl

G68 schaltet das Spiegeln um Doppelwerkzeughalter, der Befehl

G69 schaltet es aus.

Diese Funktion kann für die Programmierung von zwei einander gegenüberstehenden Revolvern angewandt werden. Der erste "A" Werkzeughalter arbeitet im positiven, der zweite "B" Werkzeughalter aber im negativen Quadrant. Das Spiegeln erfolgt immer um die Achse X auf Anweisung G68. Die auf X-Achse programmierten Koordinaten wechselt dann Vorzeichen, gleichzeitig erfolgt auch eine Koordinatentransformation entlang der X-Achse. Das Mass der Koordinatenverschiebung wird vom Abstand

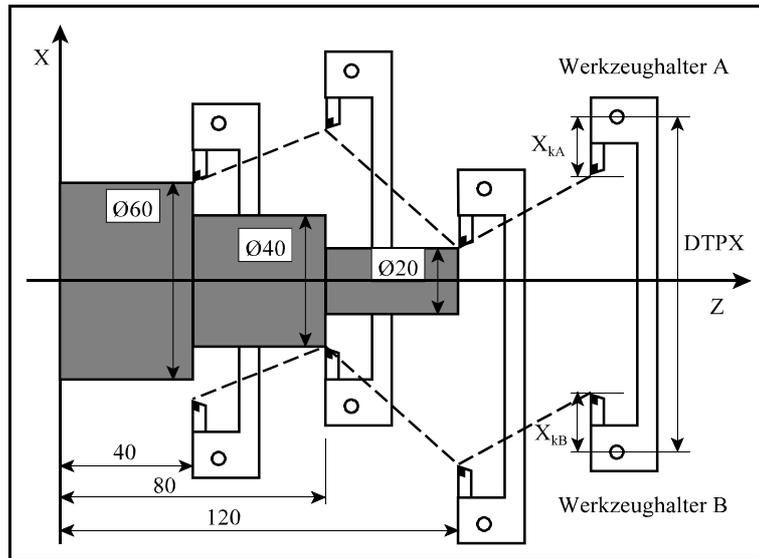


Abb. 15.1-1

der im Parameter 1001 DTPX angegeben werden kann, bestimmt. Dann ist das Programm so zu schreiben, als ob mit dem originalen "A" Revolver gearbeitet würde, d.h. das Programm wird auf den positiven Quadrant geschrieben. Zum Beispiel:

```
T101      (das Werkzeug 1 im Werkzeughalter "A" wird gewechselt)
G0 X20 Z120 (mit dem Werkzeug 1 wird positioniert)
G68      (das Spiegeln wird eingeschaltet)
T202      (das Werkzeug 2 im Werkzeughalter "B" wird gewechselt)
G0 X40 Z80 (mit dem Werkzeug 2 wird positioniert)
G69      (das Spiegeln wird ausgeschaltet)
T101      (das Werkzeug 1 im Werkzeughalter "A" wird gewechselt)
G0 X60 Z40 (mit dem Werkzeug 1 wird positioniert)
```

Anmerkung:

- Die Befehle G68 und G69 sollen immer im selbständigen Satz stehen, andere Befehle dürfen in diesem Satz nicht programmiert werden.
- Zur Anwendung der Funktion ist der Abstand der zwei Werkzeughalter abzumessen und er ist im Parameter 1001 DTPX einzuschreiben.
- Im eingeschalteten Zustand G68 ändert sich im Vergleich zum Programm:
 - das Vorzeichen der Koordinate X,
 - die Kreisrichtung G2 wechselt auf G3 und umgekehrt,
 - die Richtung G41 wechselt auf G42 und umgekehrt.

15.2 Masstabieren (G50, G51)

Durch den Befehl

G51 v P

kann eine programmierte Form verkleinert, oder vergrößert werden.

P1...P4: die im Teileprogramm angegebenen Punkte,

P1'...P4': Punkte nach Masstabieren,

P0: Mittelpunkt des Masstabierens.

Der Mittelpunkt des Masstabierens wird in v-Koordinaten eingegeben. Anwendbare Adressen: Y, Z, U, V, W.

Die v-Koordinaten des Mittelpunktes können sowohl absolut, als auch inkremental, bei Anwendung von G90, G91, oder des I-Operators angegeben werden.

Wird kein Wert für eine Achsadresse eingegeben, nimmt die Steuerung die momentane Achsposition als Mittelpunkt des Masstabierens an.

Der Masstab kann unter der P-Adresse mit einer 8 stelligen Zahl angegeben werden. Die Stelle des Dezimalpunktes ist beliebig.

Durch den Befehl

G50

kann der Rechengvorgang des Masstabierens ausgeschaltet werden.

Musterbeispiel:

```
N1 G90 G0 X100 Z120
N2 G51 X0 Z0 P0,5
N3 G1 X0 Z100 F150
N4 X80
N5 Z0
N6 G50
N7 G0 X100 Z120
```

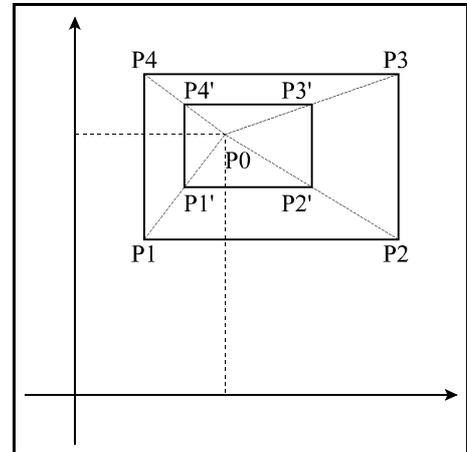


Abb. 15.2-1

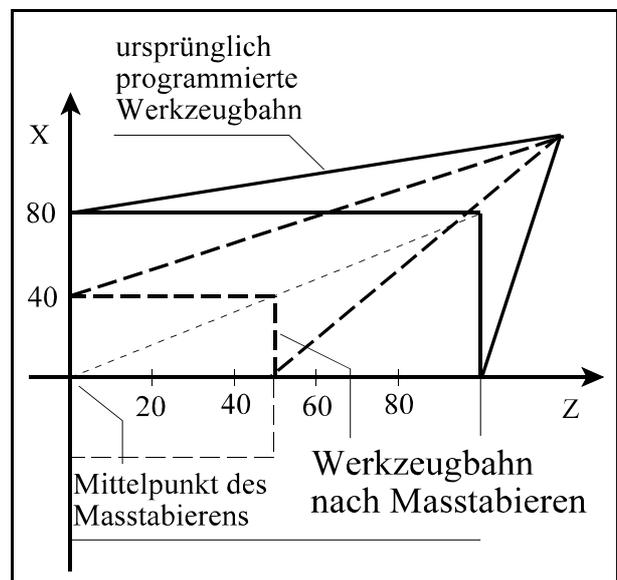


Abb. 15.2-2

15.3 Spiegeln (G50.1, G51.1)

Der Befehl

G51.1 v

bewirkt, dass die programmierte Form um die Spiegelungsachse(n) gespiegelt wird. Die Koordinaten der Spiegelungsachse(n) können für v angegeben werden, wobei v: X, Y, Z, U, V, W, A, B, C sein kann.

Die v-Koordinaten der Spiegelungsachsen können sowohl absolut, als auch inkremental, bei Anwendung von G90, G91, oder des I-Operators angegeben werden.

Wird kein Wert für eine Achsadresse eingegeben, erfolgt um diese Achse keine Spiegelung.

Der Befehl

G50.1 v

schaltet das Spiegeln um die unter v angegebene(n) Koordinate(n) aus. Für v kann ein beliebiger Wert eingegeben werden, es stellt nur das Ausschalten fest.

Bei der Ausgabe des Befehls kann kein Befehlzustand für G68 oder Masstabieren (G51) existieren, sonst gibt die Steuerung die Fehleranzeige 3000 SPIEGELUNG IN G51, G68 aus.

Wird um eine Achse der angewählten Ebene gespiegelt,

- wird der Drehsinn eines Kreises automatisch umgekehrt, (Wechsel zwischen G02, G03),
- wird die Werkzeugradienkorrektur (G41, G42) entgegengesetzt interpretiert.

Beispiel:

Unterprogramm:

```
O0101
N1 G0 X40 F120
N2 G1 Z80
N3 G3 X80 Z100 R20
N4 G1 X100 Z110
N5 M99
```

Hauptprogramm:

```
O0100
N10 T101
N20 G0 X160 Z60 M3 S1000
N30 M98 P101 (Aufruf des Unterprogramms)
N40 G0 X160 Z120
N50 T202
N60 G0 X160 Z60 M3 S1000
N70 G51,1 Z60 (Spiegeln um die Achse der Koordinate Z=60, parallel zur X-Achse)
N80 M98 P101 (Aufruf des Unterprogramms)
N90 G50,1 Z0 (Ausschalten des Spiegels in der zu X parallelen Achse)
N100 G0 X160 Z120
N110 M30
```

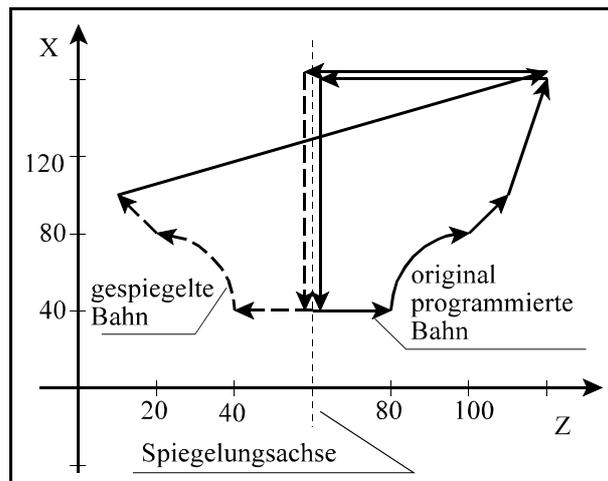


Abb. 15.3-1

Die Spiegelung kann nur im Zustand G50 eingeschaltet werden, d.h. wenn es keinen Masstabierbefehl gibt.

Im eingeschalteten Zustand der Spiegelung kann das Masstabieren aber eingeschaltet werden.

Auch für die Spiegelung gilt, dass es sich mit keinem Masstabierbefehl überlappen kann, also müssen zuerst das Masstabieren und erst dann die Spiegelung ausgeschaltet werden.

- G51.1 ... (Einschalten der Spiegelung)
- G51 ... (Einschalten des Masstabierens)
- G50 ... (Ausschalten des Masstabierens)
- G50.1 ... (Ausschalten der Spiegelung)

16 Automatische geometrische Rechnungen

16.1 Programmierung von Anfasen und Eckenverrunden

Zwischen zwei Sätze mit Geradeinterpolation (G01) oder Kreisinterpolation (G02, G03) kann die Steuerung automatisch Abbrechen oder Abrunden einfügen.

Ein gleichschenkliges Abbrechen mit der unter der Adresse

,C

(Komma und C) angegebenen Länge wird zwischen den Endpunkt des Satzes mit der Adresse ,C und den Anfangspunkt des nächsten Satzes eingefügt. Z.B.:

```
N1 G1 G91 Z30 ,C10
N2 X80 Z10
```

Der unter der Adresse ,C angegebene Wert zeigt, in welchem Abstand von dem angenommenen

Schnittpunkt der beiden, aufeinander folgenden Sätze das Abbrechen beginnt bzw. endet. Ein Abbrechen kann auch zwischen zwei Kreise oder zwischen einen Kreis und eine Gerade eingefügt werden. Der Wert ,C ist in diesem Fall gleich mit der Länge der vom Schnittpunkt gezogenen Sehne.

Ein Abrunden mit dem unter der Adresse

,R

(Komma und R) angegebenen Halbmesser wird zwischen den Endpunkt des Satzes mit der Adresse ,R und den Anfangspunkt des nächsten Satzes eingefügt. Z.B.:

```
N1 G91 G01 Z30 ,R8
N2 G03 X60 Z-30 R30
```

Der Kreisbogen mit dem Halbmesser ,R wird zwischen die Sätze so eingefügt, dass die Kreislinie sich an beide Bahnteile tangentiell anschmiegt.

Befehle mit Abbrechen oder Abrunden können an die Enden von mehreren aufeinander folgenden Sätze eingegeben werden, wie das folgende Beispiel zeigt:

```
...
G1 X80 ,C10
Z60 ,R22
G3 X160 Z20 R40 ,C10
G1 X220
...
```

Achtung:

- Abbrechen oder Abrunden können nur zwischen die Teile in der ausgewählten Ebene (G17, G18, G19) eingefügt werden, sonst wird der Fehler 3081

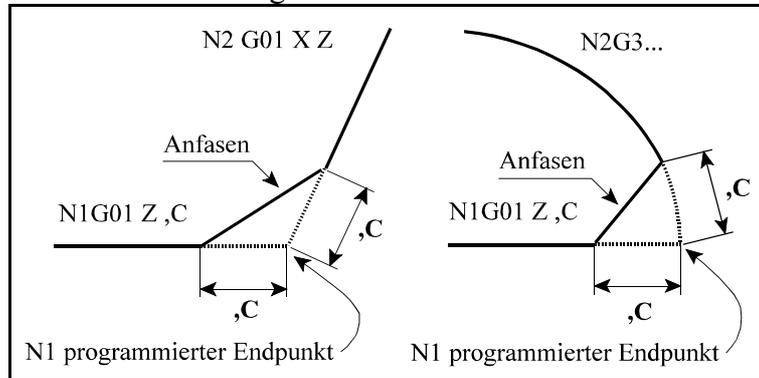


Abb. 16.1-1

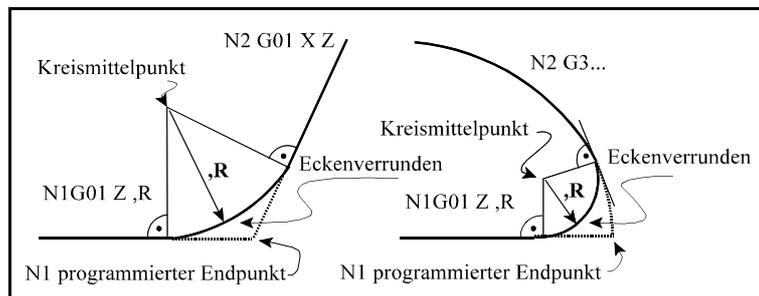


Abb. 16.1-2

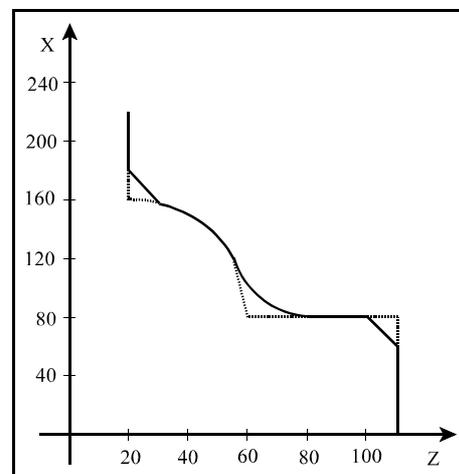


Abb. 16.1-3

ANWEISUNGSFEHLER ,C ,R angezeigt.

- Abbrechen oder Abrunden können nur zwischen den Sätzen G1, G2 oder G3 programmiert werden, sonst wird der Fehler *3081 ANWEISUNGSFEHLER ,C ,R* angezeigt.
- Wenn die Schenkellänge beim Abbrechen oder der Halbmesser beim Abrunden so gross sind, dass sie den programmierten Sätzen nicht angepasst werden können, wird der Fehler *3084 ,C ,R ZU GROSS* angezeigt.
- Wenn ,C und ,R in einem Satz programmiert werden, wird der Fehler *3017 ,C UND ,R IN EINEM SATZ* angezeigt.
- In der Betriebsart Satzweise wird der STOP-Zustand erst nach der Durchführung des Abbrechens oder Abrundens aufgenommen.

16.2 Angabe einer Gerade durch Neigungswinkel

Eine Gerade kann in der durch die Befehle G17, G18, G19 bestimmten Ebene durch eine der Koordinaten der ausgewählten Ebene und durch den unter der Adresse ,A angegebenen Richtungswinkel definiert werden.

$$G17 \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} X_p ,A \\ Y_p ,A \end{array} \right\} q F$$

$$G18 \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} Z_p ,A \\ X_p ,A \end{array} \right\} q F$$

$$G19 \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} Y_p ,A \\ Z_p ,A \end{array} \right\} q F$$

In der oben angeführten Formel stehen X_p , Y_p , Z_p für die Achsen X, Y, Z oder für die zu diesen parallel verlaufenden Achsen, während q eine oder mehrere beliebige Achsen ausserhalb der ausgewählten Ebene bezeichnet. Die Adressenangabe ,A ist auch bei den Codes G0 und G1 möglich. Der Winkel ,A errechnet sich von der ersten Achse der ausgewählten Ebene, und die positive Richtung ist gegen den Uhrzeigersinn zu verstehen. Der Wert ,A kann sowohl eine positive als auch eine negative Zahl sein und kann über 360° bzw. unter -360° liegen.

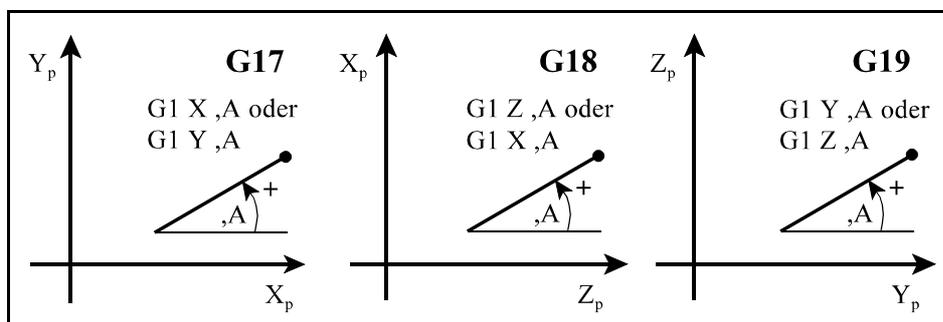


Abb. 16.2 -1

Achtung!

- Wenn das angewandte Koordinatensystem linksgängig ist, wird der Richtungswinkel wie in der Abbildung zu sehen (positive Richtung im Uhrzeigersinn) ausgelegt.

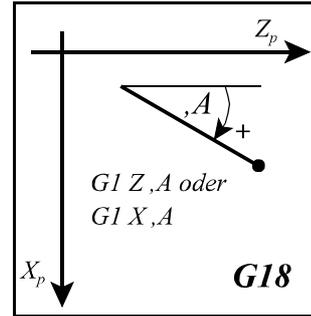


Abb. 16.2-2

Zum Beispiel:

(G18 G90) G1 X60 Z120 ...
 Z70 ,A150 (Diese Angabe ist equivalent mit der Angabe X117.735 Z70)
 X180 ,A135 (Diese Angabe ist equivalent mit der Angabe X180 Z38.868)

Achtung:

- In einem Satz können gleichzeitig eine Gerade durch ihren Richtungswinkel und ein Abbrechen oder Abrunden angegeben werden.

Zum Beispiel:

Z100 ,A30 ,C5
 X100 ,A120 ,R10
 Z-100 ,A210

- Ein Richtungswinkel unter der Adresse ,A kann auch bei Bohrzyklen angegeben werden. In diesem Fall wird die Angabe beim Positionieren in der ausgewählten Ebene wie oben geschildert berücksichtigt. Der Satz

G81 G91 X100 ,A30 R-2 Z-25

ist beispielsweise equivalent mit dem folgenden Satz:

G81 G91 X100 Y57.735 R-2 Z-25

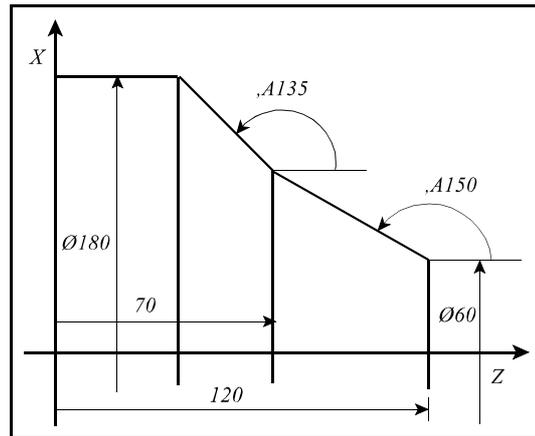


Abb. 16.2-3

16.3 Schnittpunktsrechnungen in der Ebene

Die hier aufgeführten Schnittpunktsrechnungen werden *nur im eingeschalteten Zustand der Rechnungen für die Werkzeugradiuskorrektur (G41 oder G42) durchgeführt*. Wenn auch keine Werkzeugradiuskorrektur im Programm berücksichtigt werden soll, ist der Zustand doch einzuschalten und der entsprechende Korrekturwert für den Werkzeugradius zu löschen.

16.3.1 Schnittpunkt zweier Geraden

Wenn zwei Sätze für Geradeinterpolationen aufeinander folgen und der zweite so angegeben wird, dass ein Punkt der Gerade *durch seine beiden Koordinaten in der ausgewählten Ebene* und auch der Richtungswinkel der Gerade definiert werden, wird der Schnittpunkt der im ersten Satz ausgewählten und der im zweiten Satz angegebenen Gerade errechnet. Die im zweiten Satz auf diese Weise angegebene Gerade wird im weiteren überdefinierte Gerade genannt. Der Endpunkt des ersten bzw. der Anfangspunkt des zweiten Satzes stellen den errechneten Schnittpunkt dar.

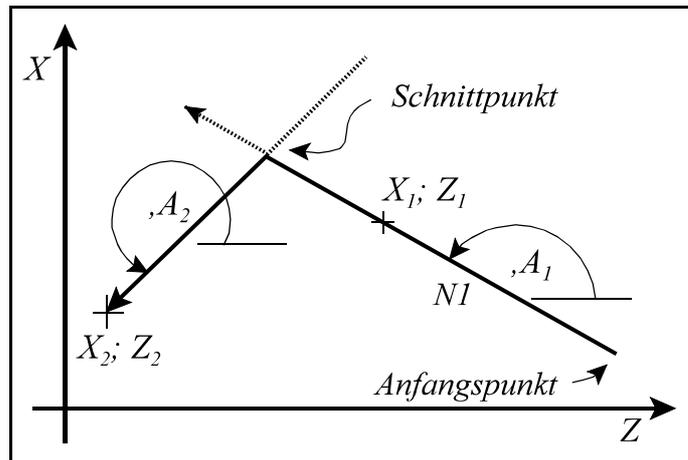


Abb. 16.3.1-1

G17 G41 (G42)

N1 G1 ,A₁ oder

X₁ Y₁

N2 G1G90 X₂ Y₂ ,A₂

G18 G41 (G42)

N1 G1 ,A₁ oder

X₁ Z₁

N2 G1G90 X₂ Z₂ ,A₂

G19 G41 (G42)

N1 G1 ,A₁ oder

Y₁ Z₁

N2 G1G90 Y₂ Z₂ ,A₂

Der Schnittpunkt wird immer in der durch G17, G18, G19 bestimmten Ebene errechnet. Wenn der erste Satz (N1) nur durch den Richtungswinkel (,A₁) angegeben wird, wird eine Gerade vom Ausgangspunkt bis zum Schnittpunkt im entsprechenden Richtungswinkel gezogen. Wenn ein beliebiger, vom Ausgangspunkt abweichender Punkt der Gerade (X₁, Y₁; X₁, Z₁; oder Y₁, Z₁) angegeben wird, wird der Schnittpunkt auf Grund der über die beiden Punkte verlaufenden Gerade errechnet. Die *im zweiten Satz* (N2) angegebenen *Koordinaten* werden von der Steuerung immer als *absolute* (G90) Daten ausgelegt.

Zum Beispiel:

```
(G18)G90 G41...
G0 X20 Z90
N10 G1 ,A150
N20 X40 Z10 ,A225
G0 Z0
...
```

Der Satz N10 kann auch durch die Koordinaten eines Punktes der Gerade angegeben werden:

```
(G18) G90 G41...
G0 X20 Z90
N10 G1 X66.188 Z50
N20 X40 Z10 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

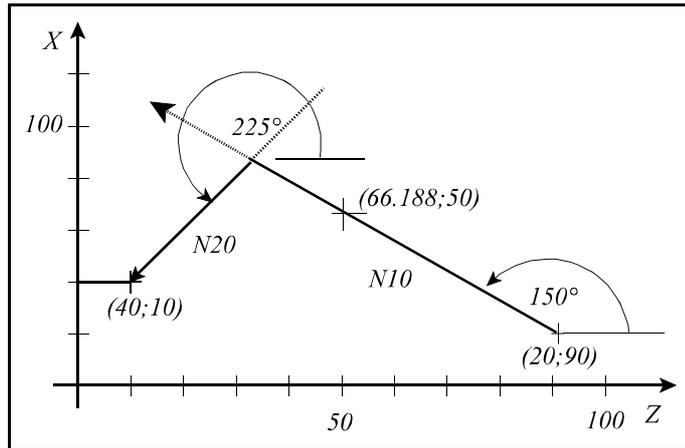


Abb. 16.3.1-2

Es sei angemerkt, dass die im Satz N10 angegebenen Koordinaten X, Z (X66.188 Z50) in diesem Fall nicht als Endpunkt betrachtet werden, sondern als Durchlaufpunkt der Strecke, die den Anfangspunkt der Gerade mit dem angegebenen Punkt verbindet. Die Schnittpunktsrechnung kann mit Abbrechen oder Abrunden kombiniert werden. Zum Beispiel:

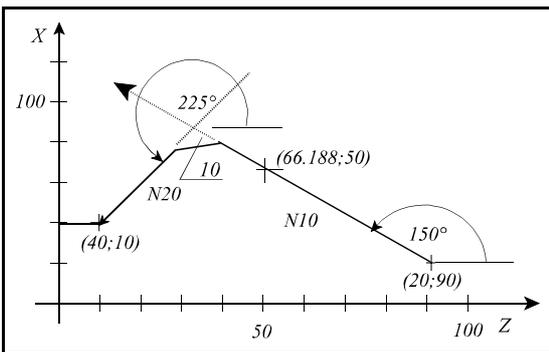


Abb. 16.3.1-3

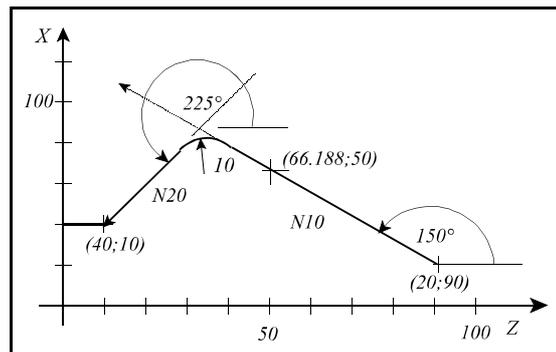


Abb. 16.3.1-4

```
(G18)G90 G41...
G0 X20 Z90
N10 G1 X66.188 Z50 ,C10
N20 X40 Z10 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

```
(G18) G90 G41...
G0 X20 Z90
N10 G1 X66.188 Z50 ,R10
N20 X40 Z10 ,A225
G0 X0 Y20
...
```

Im oben angeführten Beispiel wird die Länge des Abbrechens vom errechneten Schnittpunkt zurückgemessen, bzw. das Abrunden dem errechneten Schnittpunkt angepasst.

16.3.2 Schnittpunkt einer Gerade und eines Kreises

Wenn ein Satz für Kreisinterpolation nach einem Satz für Geradeinterpolation so angegeben wird, dass sowohl die Endpunkts- und Anfangspunktskoordinaten des Kreises als auch der Kreishalbmesser definiert werden, d.h. der Kreis überdefiniert wird, wird der Schnittpunkt zwischen der Gerade und dem Kreis errechnet. Der Endpunkt des ersten bzw. der Anfangspunkt des zweiten Satzes stellen den errechneten Schnittpunkt dar.

G17 G41 (G42)

N1 G1 ,A oder

 $X_1 Y_1$ N2 G2 (G3) G90 $X_2 Y_2 I J$

R Q

G18 G41 (G42)

N1 G_1 ,A oder $X_1 Z_1$ N2 G2 (G3) G90 $X_2 Z_2 I K$

R Q

G19 G41 (G42)

N1 G1 ,A oder

 $Y_1 Z_1$ N2 G2 (G3) G90 $Y_2 Z_2 J K$

R Q

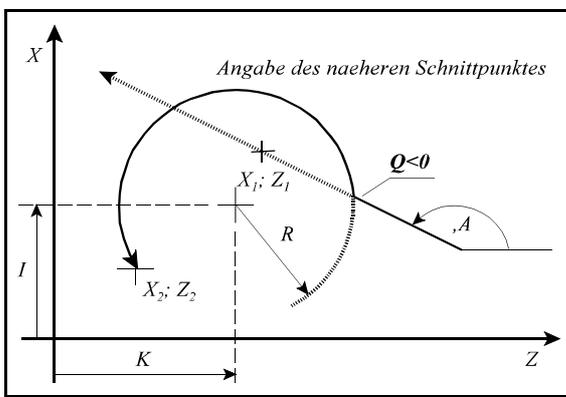


Abb. 16.3.2-1

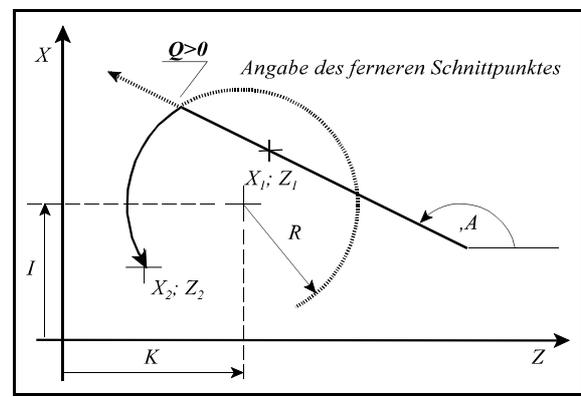


Abb. 16.3.2-2

Der Schnittpunkt wird immer in der durch G17, G18, G19 bestimmten Ebene errechnet. Wenn der erste Satz (N1) nur durch den Richtungswinkel (,A) angegeben wird, wird eine Gerade vom Ausgangspunkt bis zum Schnittpunkt im entsprechenden Richtungswinkel gezogen. Wenn ein beliebiger, vom Ausgangspunkt abweichender Punkt der Gerade (X_1, Y_1 ; X_1, Z_1 ; oder Y_1, Z_1) angegeben wird, wird der Schnittpunkt auf Grund der über die beiden Punkte verlaufenden Gerade errechnet. Die im zweiten Satz (N2) angegebenen Koordinaten, unter anderem die **Koordinaten I, J, K** für den Kreismittelpunkt werden von der Steuerung immer als **absolute** (G90) Daten ausgelegt. Welcher von den beiden möglichen Schnittpunkten errechnet werden soll, kann unter der Adresse Q angegeben werden.

Wenn der Adressenwert kleiner ist als Null ($Q < 0$), wird der nähere, wenn der Wert grösser ist als Null ($Q > 0$), der fernere Schnittpunkt in Richtung der Gerade errechnet. Die Richtung der Gerade wird durch den Richtungswinkel bestimmt.

Hier ist ein Beispiel:

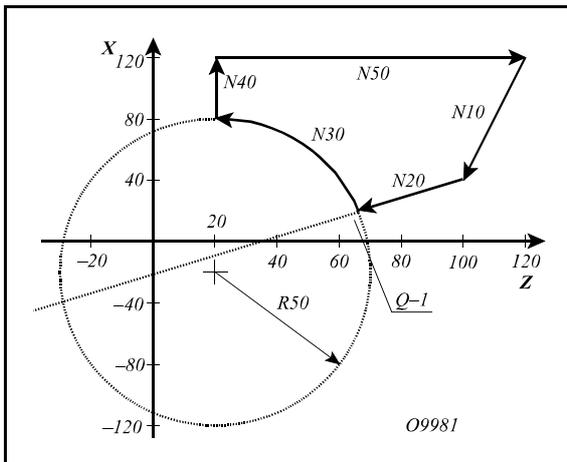


Abb. 16.3.2-3

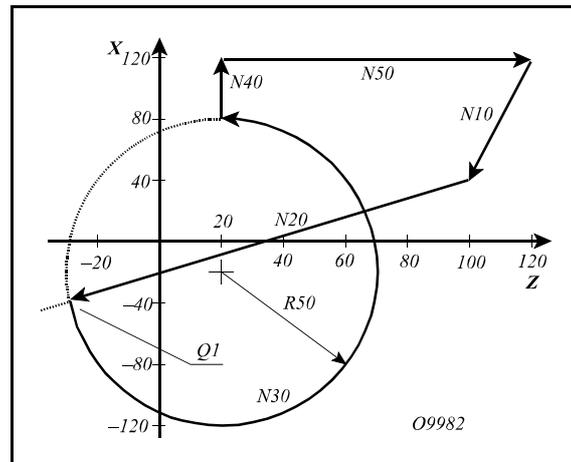


Abb. 16.3.2-4

```
%O9981
N10 (G18)G42 G0 X40 Z100 S200 M3
N20 G1 X-40 Z-30
N30 G3 X80 Z20 I-10 K20 R50 Q-1
N40 G40 G0 X120
N50 Z120
N60 M30
%
```

```
%O9982
N10 (G17)G42 G0 X40 Z100 S200 M3
N20 G1 X-40 Z-30
N30 G3 X80 Z20 I-10 K20 R50 Q1
N40 G40 G0 X120
N50 Z120
N60 M30
%
```

Der Kreissatz N30 G3 ist überdefiniert, weil sowohl die Mittelpunktskoordinaten (I-10 K20 als Absolutwert) als auch der Kreisradius (R50) angegeben sind. Die Steuerung errechnet daher den Schnittpunkt der im Satz N20 angegebenen Gerade und des im Satz N30 angegebenen Kreises. Im Programm O9981 wird der nähere Schnittpunkt in Richtung der Gerade errechnet, denn im Kreissatz N30 wurde Q-1 programmiert. Im Programm O9982 wird dagegen der fernere Schnittpunkt in Richtung der Gerade errechnet, denn im Kreissatz N30 wurde Q1 angegeben.

Die Schnittpunktsrechnung zwischen einer Gerade und einem Kreis kann mit Abbrechen oder Abrunden kombiniert werden. Zum Beispiel:

```
%O9983
N10 (G18)G42 G0 X40 Z100 D0 S200 M3
N20 G1 X-40 Z-30 ,R15
N30 G3 X80 Z20 I-10 K20 R50 Q-1
N40 G40 G0 X120
N50 Z120
N60 M30
%
```

Die Steuerung errechnet den Schnittpunkt der Sätze N20 und N30 und passt diesem Schnittpunkt auf Wirkung des im Satz N20 angegebenen Wertes ,R15 ein Abrunden mit einem Radius von 15 mm an.

16.3.3 Schnittpunkt eines Kreises und einer Gerade

Wenn ein Satz für Geradeinterpolation nach einem Satz für Kreisinterpolation so angegeben wird, dass die Gerade überdefiniert wird, d.h. sowohl die Endpunktskoordinate als auch der Richtungswinkel der Gerade definiert werden, wird der Schnittpunkt zwischen dem Kreis und der Gerade errechnet. Der Endpunkt des ersten bzw. der Anfangspunkt des zweiten Satzes stellen den errechneten Schnittpunkt dar.

G17 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $X_1 Y_1 I J$
oder RN2 G1 G90 $X_2 Y_2 ,A Q$

G18 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $X_1 Z_1 I K$
oder RN2 G1 G90 $X_2 Z_2 ,A Q$

G19 G41 (G42)

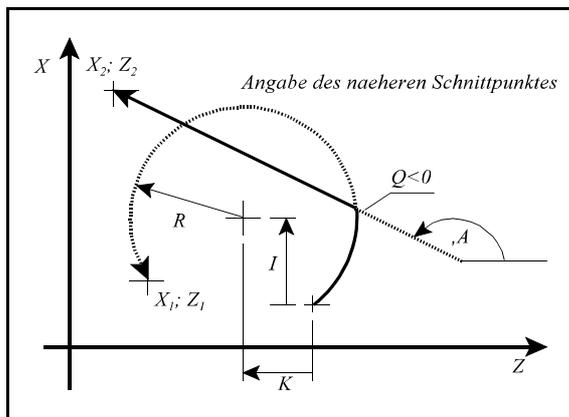
N1 G2 (G3) $Y_1 Z_1 J K$
oder RN2 G1 G90 $Y_2 Z_2 ,A Q$ 

Abb. 16.3.3-1

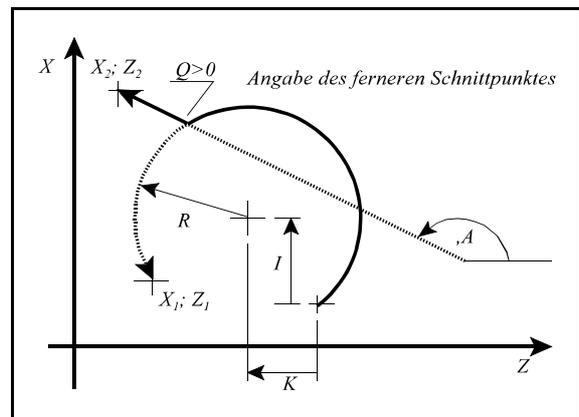


Abb. 16.3.3-2

Der Schnittpunkt wird immer in der durch G17, G18, G19 bestimmten Ebene errechnet. Der erste Satz (N1), also der Kreis wird durch einen beliebigen Kreispunkt ($X_1, Y_1; X_1, Z_1;$ oder Y_1, Z_1) und durch die Mittelpunktskoordinate (I J; I K; oder J K) angegeben. Statt der Mittelpunktskoordinate kann auch der Kreisradius (R) angegeben werden. Im zweiten Satz (N2) wird die Gerade überdefiniert, d.h. sowohl die Endpunktskoordinaten ($X_2 Y_2; X_2 Z_2;$ oder $Y_2 Z_2$) als auch der Richtungswinkel ($,A$) der Gerade werden angegeben. Die Endpunktskoordinaten der Gerade werden von der Steuerung immer als **absolute** (G90) Daten ausgelegt. Unter der Adresse $,A$ ist immer der **Richtungswinkel des Vektors vom Schnittpunkt zum definierten Endpunkt** anzugeben, sonst kommt es zu unerwünschten Bewegungen. Welcher von den beiden möglichen Schnittpunkten errechnet werden soll, kann unter der Adresse Q angegeben werden.

Wenn der Adressenwert kleiner ist als Null ($Q < 0$, z.B.: $Q = -1$), wird der nähere, wenn der Wert grösser ist als Null ($Q > 0$, z.B.: $Q = 1$), der fernere Schnittpunkt in Richtung der Gerade errechnet. Die Richtung der Gerade wird durch den Richtungswinkel bestimmt.

Hier ist ein Beispiel:

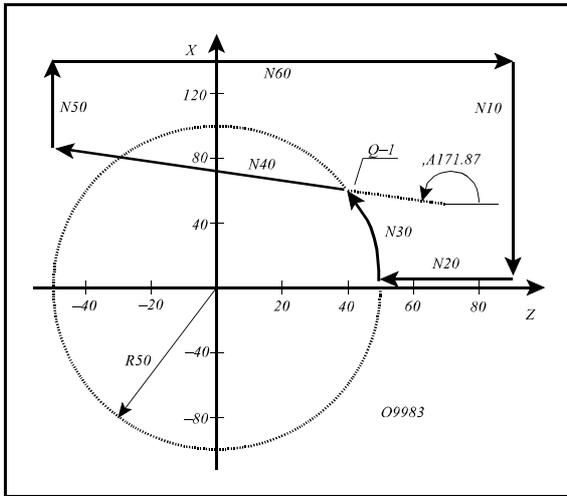


Abb. 16.3.3-3

```
%O9983
N10 (G18)G0 X90 X0 M3 S200
N20 G42 G1 Z50
N30 G3 X0 Z-50 R50
N40 G1 X85.714 Z-50 ,A171.87 Q-1
N50 G40 G0 X140
N60 Z90
N70 M30
%
```

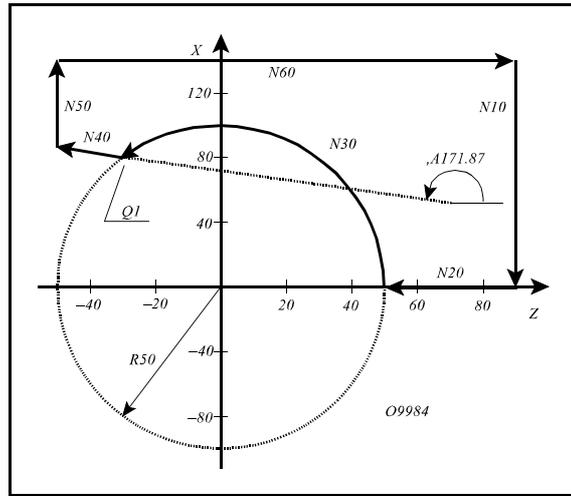


Abb. 16.3.3-4

```
%O9984
N10 (G18)G0 X90 X0 M3 S200
N20 G42 G1 Z50
N30 G3 X0 Z-50 R50
N40 G1 X85.714 Z-50 ,A171.87 Q1
N50 G40 G0 X140
N60 Z90
N70 M30
%
```

Der Satz N40 ist überdefiniert, weil sowohl die Endpunktkoordinaten (X85.714 Z-50) als auch der Richtungswinkel (,A171.87) der Gerade angegeben sind. Die Koordinaten X0 Z-50 des im vorangehenden Satz N30 programmierten Kreises werden daher nicht als Endpunktwerte angesehen, sondern als ein Punkt, den die Kreislinie passiert. Der Endpunkt deckt sich mit dem errechneten Schnittpunkt. Im Programm O9983 wurde der nähere Schnittpunkt in Bewegungsrichtung (Q-1), im Programm O9984 dagegen der fernere Schnittpunkt in Bewegungsrichtung (Q1) angegeben.

Die Schnittpunktsrechnung zwischen einem Kreis und einer Gerade kann mit Abbrechen oder Abrunden kombiniert werden. Zum Beispiel:

```
%O9983
N10 (G18 )G0 X90 X0 M3 S200
N20 G42 G1 Z50
N30 G3 X0 Z-50 R50 ,R15
N40 G1 X85.714 Z-50 ,A171.87 Q-1
N50 G40 G0 X140
N60 Z90
N70 M30
%
```

In diesem Beispiel wurde ein Abrunden von 15 mm (,R15) im Satz N30 angegeben. Die Steuerung errechnet den Schnittpunkt der Sätze N30 und N40, und passt das programmierte Abrunden der entstandenen Kontur an.

16.3.4 Schnittpunkt zweier Kreise

Wenn zwei Sätze für Kreisinterpolationen aufeinander folgen und der zweite so angegeben wird, dass sowohl die Endpunkts- und Mittelpunktskoordinaten als auch der Radius definiert werden, d.h. der zweite Kreis überdefiniert wird, errechnet die Steuerung den Schnittpunkt der Kreise. Der Endpunkt des ersten bzw. der Anfangspunkt des zweiten Satzes stellen den errechneten Schnittpunkt dar.

G17 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $X_1 Y_1 I_1 J_1$
oder $X_1 Y_1 R_1$

N2 G2 (G3) G90 $X_2 Y_2 I_2$

$J_2 R_2 Q$

G18 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $X_1 Z_1 I_1 K_1$
oder $X_1 Z_1 R_1$

N2 G2 (G3) G90 $X_2 Z_2 I_2$

$K_2 R_2 Q$

G19 G41 (G42)

N1 G2 (G3) $Y_1 Z_1 J_1 K_1$
oder $Y_1 Z_1 R_1$

N2 G2 (G3) G90 $Y_2 Z_2 J_2$

$K_2 R_2 Q$

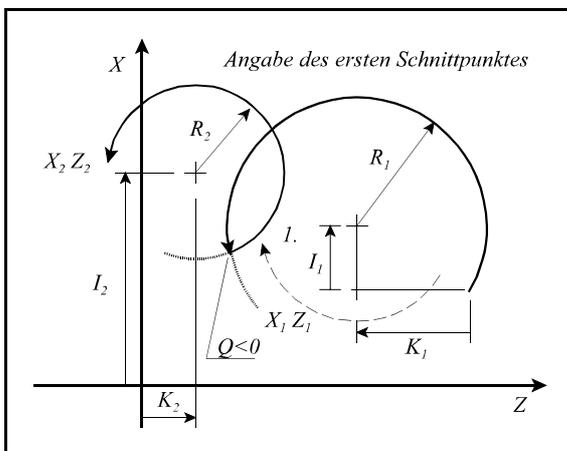


Abb. 16.3.4-1

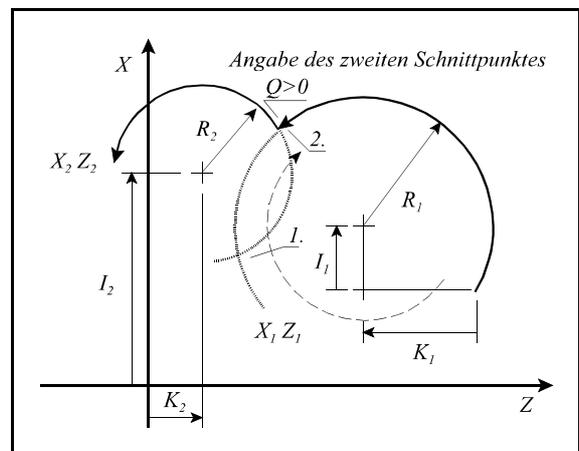


Abb. 16.3.4-2

Der Schnittpunkt wird immer in der durch G17, G18, G19 bestimmten Ebene errechnet. Der erste Satz (N1) wird entweder durch die Mittelpunktskoordinate des Kreises ($I_1 J_1; I_1 K_1; J_1 K_1$) oder durch den Radius des Kreises (R_1) angegeben. In diesem Satz entspricht die Auslegung der Mittelpunktskoordinaten den Grundangaben eines Kreises, d.h. sie bedeuten den vom Mittelpunkt gemessenen relativen Abstand. Die im zweiten Satz (N2) angegebenen Koordinaten, unter anderem die **Koordinaten I, J, K für den Kreismittelpunkt** werden von der Steuerung immer als **absolute** (G90) Daten ausgelegt. Welcher von den beiden möglichen Schnittpunkten errechnet werden soll, kann unter der Adresse Q angegeben werden. Wenn der Adressenwert kleiner ist als Null ($Q < 0$, z.B.: $Q = -1$), wird der erste, wenn der Wert grösser ist als Null ($Q > 0$, z.B.: $Q = 1$), der zweite Schnittpunkt errechnet.

Der erste Schnittpunkt ist derjenige, der bei der Bewegung im Uhrzeigersinn (unabhängig von der programmierten Richtung G2, G3) als erster passiert wird.

Hier ist ein Beispiel:

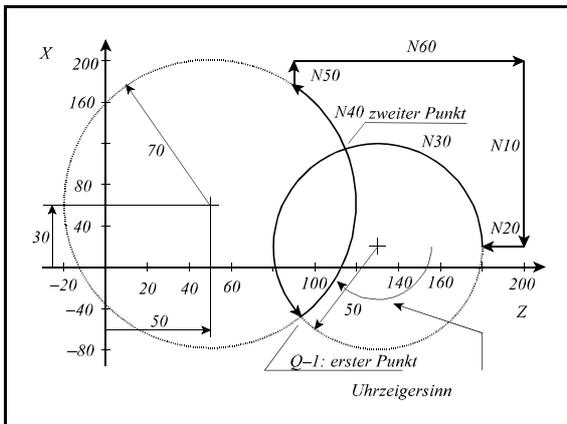


Abb. 16.3.4-3

```
%O9985
N10 (G18)G0 X20 Z200 M3 S200
N20 G42 G1 Z180
N30 G3 X-80 Z130 R-50
N40 X174.892 Z90 I30 K50 R70 Q-1
N50 G40 G0 X200
N60 Z200
N70 M30
%
```

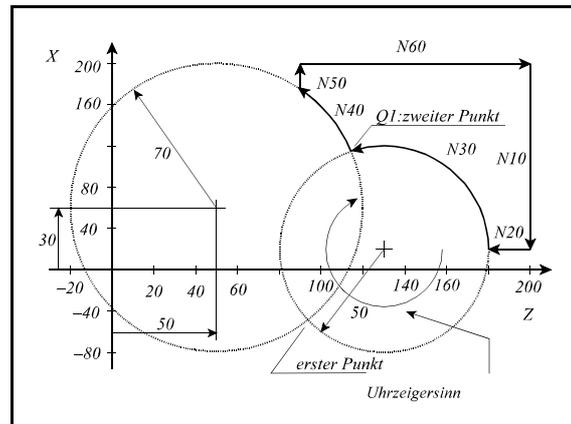


Abb. 16.3.4-4

```
%O9986
N10 (G18)G0 X20 Z200 M3 S200
N20 G42 G1 Z180
N30 G3 X-80 Z130 R-50
N40 X174.892 Z90 I30 K50 R70 Q1
N50 G40 G0 X200
N60 Z200
N70 M30
%
```

Der Satz N40 ist überdefiniert, weil sowohl die Mittelpunktskoordinaten (I30 K50 als Absolutwert, I in Radius zu verstehen) als auch der Radius (R70) angegeben sind. Die Koordinaten X-80 Z130 des im vorangehenden Satz N30 programmierten Kreises werden daher nicht als Endpunktwerte angesehen, sondern als ein Punkt, den die Kreislinie passiert. Der Endpunkt deckt sich mit dem errechneten Schnittpunkt. Im Programm O9985 wurde der nähere Schnittpunkt im Uhrzeigersinn (Q-1), im Programm O9986 dagegen der fernere Schnittpunkt im Uhrzeigersinn (Q1) angegeben. Die Schnittpunktangaben zweier Kreise können mit Abbrechen oder Abrunden kombiniert werden. Zum Beispiel:

```
%O9986
N10 (G18)G0 X20 Z200 M3 S200
N20 G42 G1 Z180
N30 G3 X-80 Z130 R-50 ,R20
N40 X174.892 Z90 I30 K50 R70 Q1
N50 G40 G0 X200
N60 Z200
N70 M30
%
```

In diesem Beispiel wurde ein Abrunden von 20 mm (,R20) im Satz N30 angegeben. Die Steuerung errechnet den Schnittpunkt der Sätze N30 und N40, und passt das programmierte Abrunden der entstandenen Kontur an.

16.3.5 Verkettung von Schnittpunktsrechnungen

Die **Sätze für Schnittpunktsrechnungen können miteinander verkettet werden**, d.h. mehrere, aufeinander folgende Sätze können zu Schnittpunktsrechnungen bestimmt werden. Solange die Steuerung überdefinierte Geraden oder Kreise im Programm findet, werden Schnittpunkte gerechnet.

Hier ist ein Beispiel:

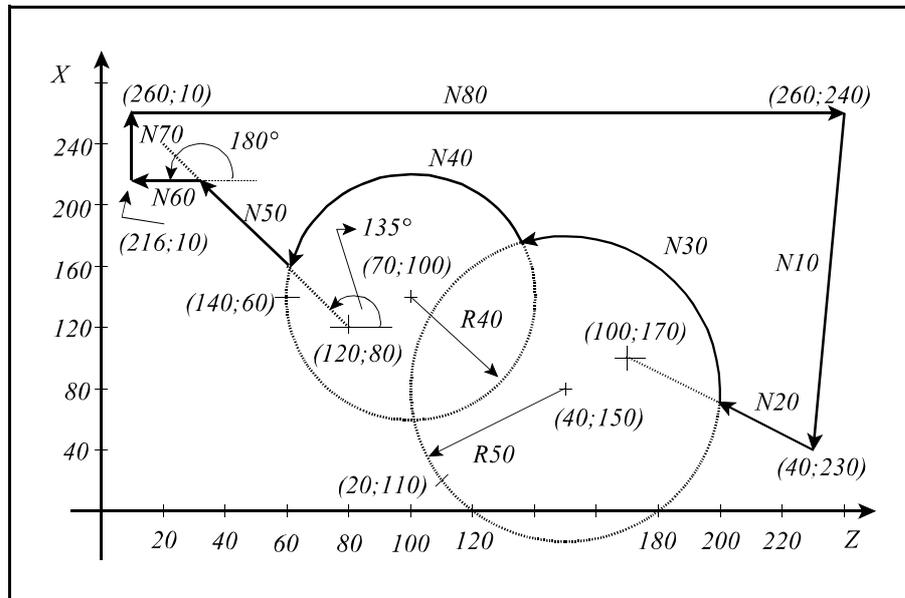


Abb. 16.3.5-1

```

%O9984
N10 (G18)G0 G42 X40 Z230 F300 S500 M3
N20 G1 X100 Z170
N30 G3 X20 Z110 I40 K150 R50 Q-1
N40 X140 Z60 I70 K100 R40 Q1
N50 G1 X120 Z80 ,A135 Q1
N60 X216 Z10 ,A180
N70 G40 G0 X260
N80 Z240
N90 M30
%
```

In diesem Beispiel sind die Sätze N30, N40, N50, N60 überdefiniert. Die Gerade N20 wird nicht bis zum programmierten Endpunkt (X100 Z170) geführt, denn der Satz N30 ist überdefiniert, d.h. die Adressen I K R sind alle ausgefüllt und unter der Adresse Q ist angegeben, welcher Schnittpunkt gesucht werden soll. Der Kreissatz N30 wird auch nicht bis zum programmierten Endpunkt (X20 Z110) geführt, denn der Satz N40 ist ebenfalls überdefiniert. Der letzte überdefinierte Satz im Programm ist die Gerade N60. Da die darauf folgende Geradesatz N70 nicht überdefiniert ist, werden die im Satz N60 programmierten Koordinaten X216 Z10 nicht als Durchlaufpunkt der Gerade, sondern als Endpunktkoordinaten des Satzes N60 betrachtet.

Im allgemeinen lässt sich sagen, dass die in der ausgewählten Ebene befindlichen Koordinaten der überdefinierten Sätze für Geraden und Kreise nur dann als Endpunktkoordinaten betrachtet werden, wenn danach keine überdefinierten Sätze mehr folgen.

17 Drehzyklen

17.1 Einfache Zyklen

Zu den einfachen Zyklen zählen der Längsdrehzyklus G77, der einfache Gewindedrehzyklus G78 und der Plandrehzyklus G79.

17.1.1 Der Längsdrehzyklus (G77)

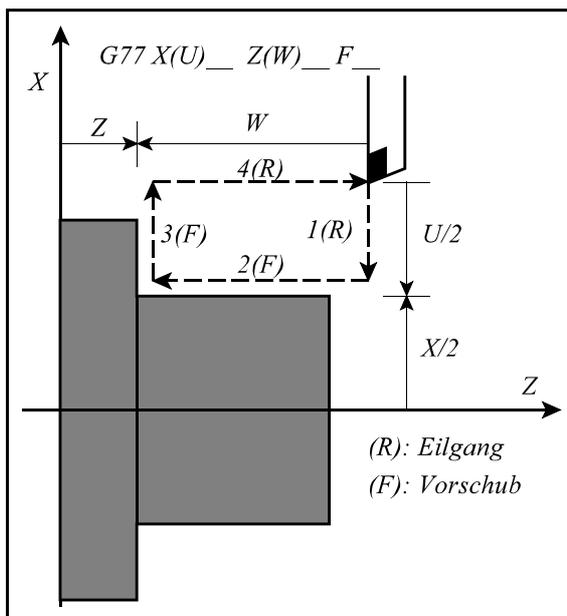


Abb. 17.1.1-1

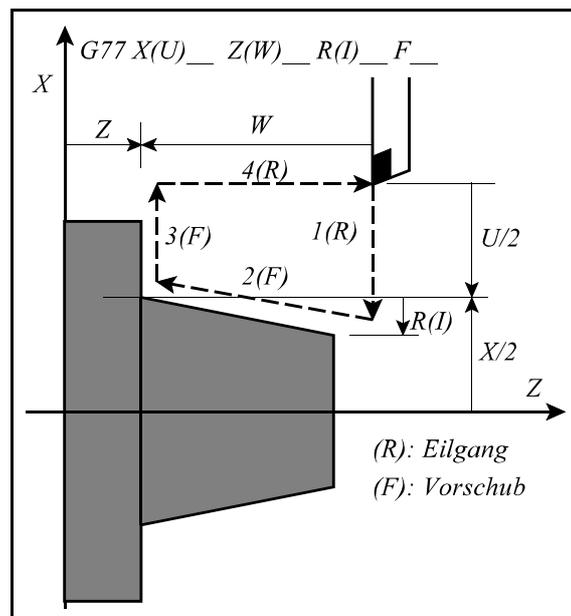


Abb. 17.1.1-2

Zylindrischer Längsdrehzyklus kann folgenderweise angegeben werden:

G77 X(U) Z(W) F

Inkrementale Datenangabe kann mit dem I-Operator bzw. mit der Programmierung von G91 durchgeführt werden.

Im Falle inkrementaler Datenangabe bestimmt das Datenvorzeichen die Richtung der Bahn 1 und 2.

In unserer Abbildung ist das Vorzeichen sowohl von der Adresse U, als auch von der Adresse W negativ.

Das Werkzeug bewegt sich mit dem im Satz unter Adresse F programmierten oder geerbten Vorschub auf den Bahnen 2 und 3, mit dem Eilgang auf den Bahnen 1 und 4.

Kegellängsdrehzyklus kann folgenderweise angegeben werden:

G77 X(U) Z(W) R(I) F

Die Kegeligkeit kann unter Adresse R oder I angegeben werden. In beiden Fällen ist die Dateninterpretation gleich.

Die unter Adresse **R(I)** angegebene Dateneinheit wird **immer** als **inkrementale** Dateneinheit interpretiert und ist ab der unter Adresse X(U) angegebenen Position zu verstehen. Das Vorzeichen der Adresse R(I) bestimmt die Neigungsrichtung des Kegels.

Die Interpretation der anderen Adressen ist dieselbe, wie im Falle des zylindrischen Längsdrehzyklus.

Der Kode G77 und die im Satz G77 programmierten Daten werden geerbt.
 Das Werkzeug bleibt am Ende der vier Operationen (1, 2, 3, 4) im Betrieb Satzweise stehen.

Im Falle inkrementaler Programmierung beeinflussen die Vorzeichen der Adressen U, W und R (I) die Bewegungsrichtung dem Folgenden gemäss:

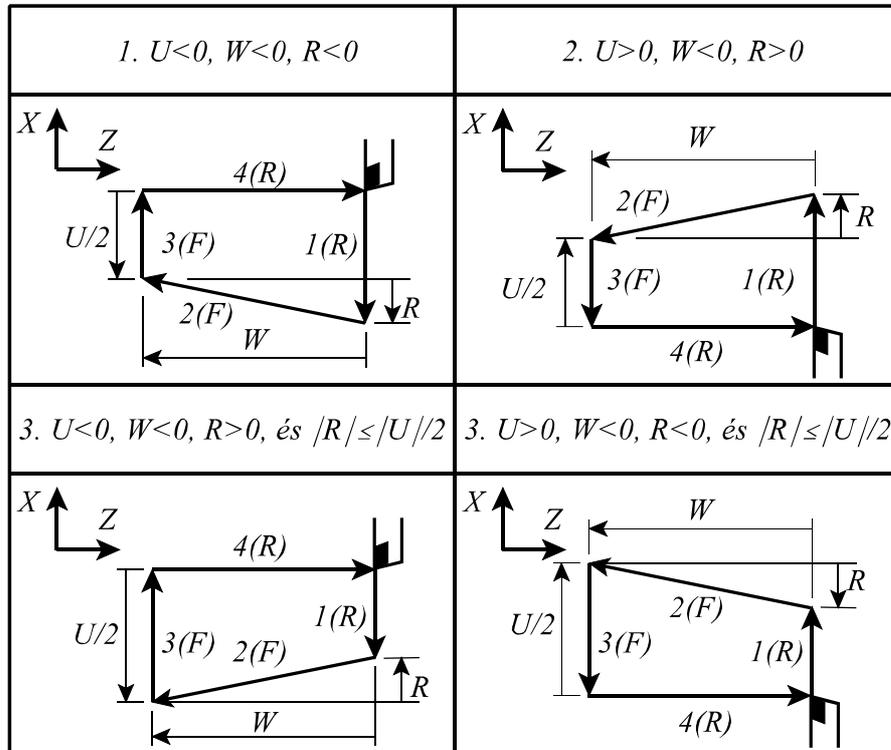


Abb. 17.1.1-3

17.1.2 Der einfache Gewindedrehzyklus (G78)

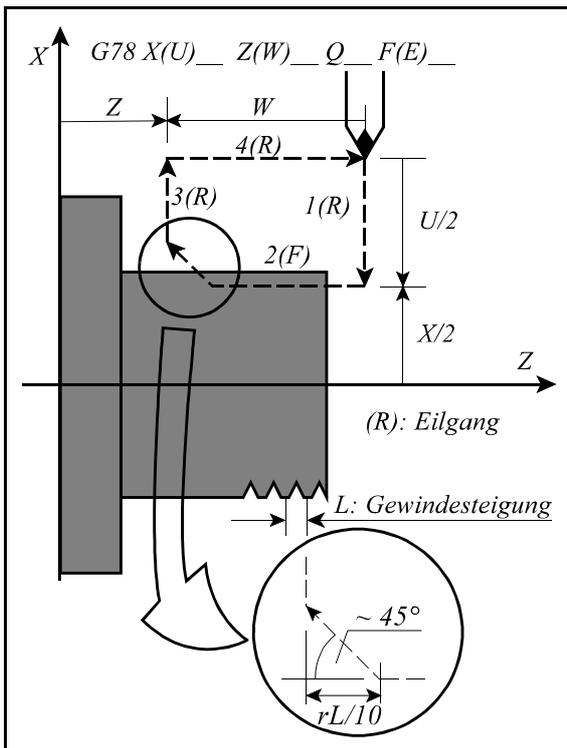


Abb. 17.1.2-1

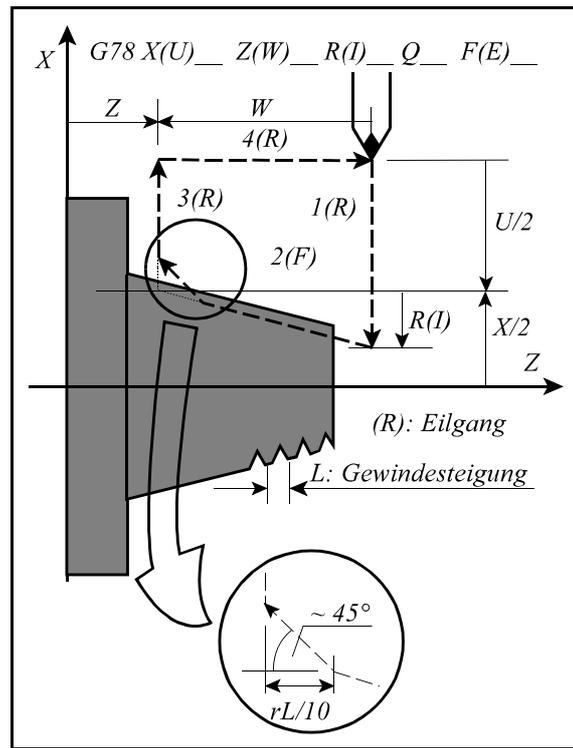


Abb. 17.1.2-2

Einfacher Gewindedrehzyklus kann folgenderweise angegeben werden:

G78 X(U) Z(W) Q F(E)

Inkrementale Datenangabe kann mit dem I Operator, bzw. auch mit der Programmierung von G91 durchgeführt werden.

Im Falle inkrementaler Datenangabe bestimmt das Datenvorzeichen die Richtung der Bahnen 1 und 2.

In unserer Abbildung ist das Vorzeichen sowohl von der Adresse U, als auch von der Adresse W negativ.

Im Satz wird die Gewindesteigung unter Adresse F oder die Gewindegänge pro Zoll unter Adresse E programmiert, sowie der Winkelwert des Gewindeanfangs von dem Nullimpuls an gerechnet in ° unter der Adresse Q angegeben, entsprechend dem Inhalt des Satzes G33.

Die Bewegungen 1, 3, 4 erfolgen mit Eilgang.

Am Ende der Bahn 2, wo das Gewindedrehen durchgeführt wird, wird ein Anfasen von cca. 45° durchgeführt.

Die Länge des Anfasenabschnittes, die durch r in der Abbildung gezeichnet ist, wird durch den Parameter 1334 THRDCHMFR bestimmt. Die Länge des Abschnittes:

$$rL/10$$

wobei r: Wert des Parameters THRDCHMFR

L: die programmierte Gewindesteigung

Der Wert des Parameters THRDCHMFR kann 1–255 sein, d.h. das Mass des Anfasens von 0.1L bis 25.5L. Wenn der Wert des Parameters z.B. 4 ist und die programmierte Gewindesteigung F2 ist, dann ist die Länge des Anfasens:

$$2*(4/10)=0.8\text{mm}$$

Kegelgewindedrehzyklus kann folgenderweise angegeben werden:

G78 X(U)___Z(W)___R(I)___Q___F(E)___

Die Kegeligkeit kann entweder unter Adresse R oder unter Adresse I angegeben werden. In beiden Fällen ist die Dateninterpretation gleich.

Die unter Adresse **R(I)** angegebene Dateneinheit wird **immer** als **inkrementale** Dateneinheit interpretiert und ist von der unter Adresse X(U) angegebenen Position zu verstehen. Das Vorzeichen der Adresse R(I) bestimmt die Neigungsrichtung des Kegels.

Die Interpretation der anderen Adressen ist dieselbe, wie im Falle des zylindrischen Zyklus.

Der Anfasenwinkel ist auch in diesem Fall 45° und die Länge des Anfasens, r wird entlang die zu den Achsen parallelen Gerade gemessen.

Der G78 Kode und die im Satz G78 programmierten Daten werden gerbt.

Im Betrieb Satzweise bleibt das Werkzeug am Ende der vier Operationen (1, 2, 3, 4) stehen.

Wirkung des Drückens der Taste STOP in der Operation 2 des Zyklus

Die Operationen 1, 3 und 4 des Zyklus können mit dem Andrücken der Taste STOP jederzeit gestoppt werden und die Schlitten bleiben so stehen, wie im Falle normaler G0 Interpolation.

Im Gewindedrehteil 2 hat das Andrücken der Taste STOP Wirkung auch, aber die Steuerung führt dasselbe Anfasen in diesem Fall zuerst durch, wie am Ende der Operation 2, dann hebt sie entlang die Achse X mit Eilgang aus, dann stellt sie sich in Z an den Anfangspunkt. Auf dem Fluchtweg hat die Taste STOP keine Wirkung mehr.

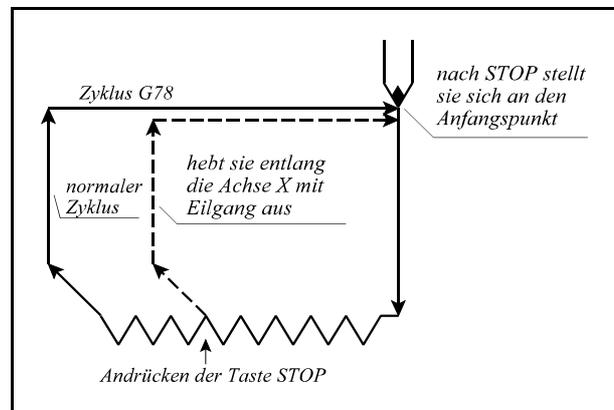


Abb. 17.1.2 -3

17.1.3 Der Plandrehzyklus (G79)

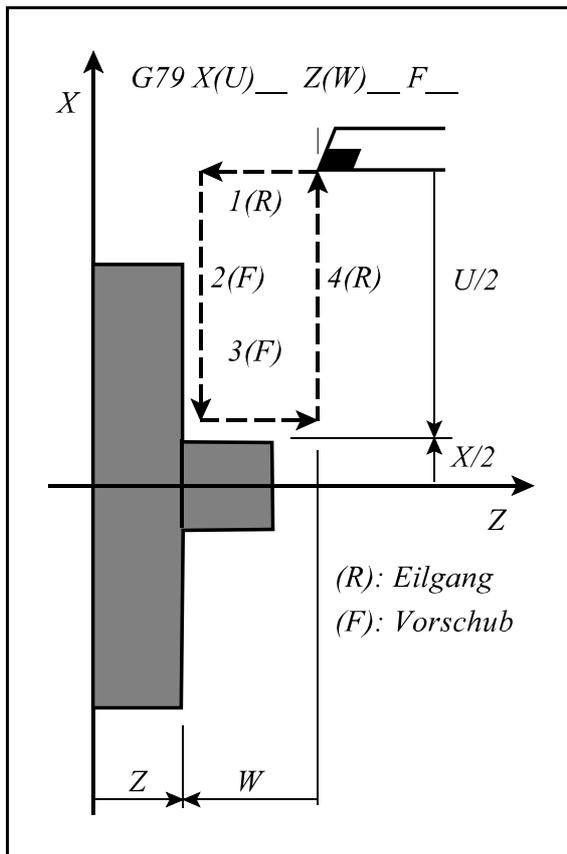


Abb. 17.1.3 -1

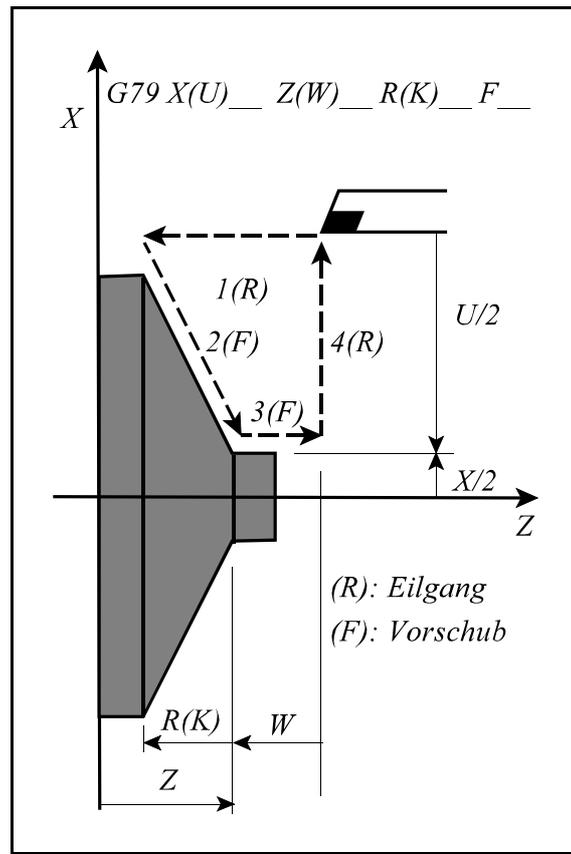


Abb. 17.1.3 -2

Plandrehzyklus kann folgenderweise angegeben werden:

$G79 X(U)_ Z(W)_ F__$

Inkrementale Datenangabe kann mit dem I-Operator bzw. mit der Programmierung von G91 durchgeführt werden.

Im Falle inkrementaler Datenangabe bestimmt das Datenvorzeichen die Richtung der Bahnen 1 und 2.

In unserer Abbildung ist das Vorzeichen sowohl von der Adresse U, als auch von der Adresse W negativ.

Im Satz bewegt sich das Werkzeug mit dem unter Adresse F programmierten oder geerbten Vorschub auf den Bahnen 2 und 3, mit dem Eilgang auf den Bahnen 1 und 4.

Kegelplandrehzyklus kann folgenderweise angegeben werden:

$G79 X(U)_ Z(W)_ R(K)_ F__$

Die Kegeligkeit kann unter der Adresse R oder K angegeben werden. In beiden Fällen ist die Dateninterpretation gleich. Die unter der Adresse **R(K)** angegebene Dateneinheit wird **immer** als **inkrementale** Dateneinheit interpretiert und ist von der unter der Adresse X(U) angegebenen Position an zu verstehen. Das Vorzeichen der Adresse R(K) bestimmt die Neigungsrichtung des Kegels.

Die Interpretation der anderen Adressen ist mit der Interpretation des zylindrischen Längsdrehzyklus gleich.

Der Kode G79 und die im Satz G79 programmierten Daten werden geerbt.

Im Betrieb Satzweise bleibt das Werkzeug am Ende der vier Operationen (1, 2, 3, 4) stehen.

Im Falle inkrementaler Programmierung beeinflussen die Vorzeichen der Adressen von U, W, und R(K) die Bewegungsrichtung folgenderweise:

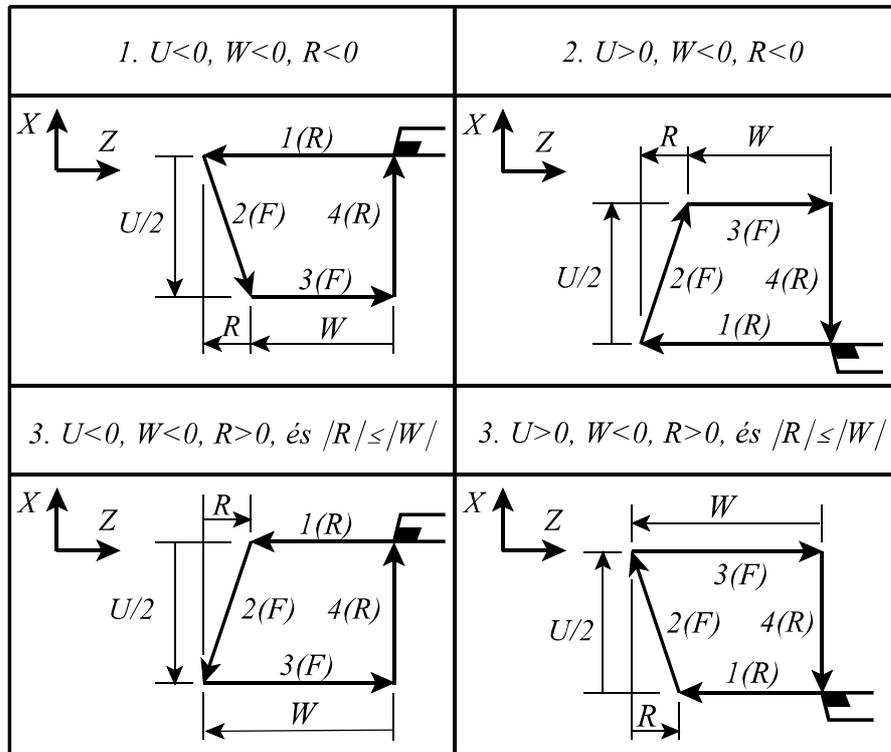


Abb. 17.1.3 -3

17.1.4 Anwendung der einfachen Zyklen

Sowohl der Kode G, als auch die Eingangsparameter der Zyklen werden geerbt. Das bedeutet: wenn die Variablen X(U), Z(W) oder R(I oder K) einmal schon angegeben wurden und sich ihr Wert nicht geändert hat, sind sie ins Programm nicht einmal einzuschreiben. Zum Beispiel:

```
G91...
G77 X-20 Z-50 F0.5
X-30
X-40
X-50
...
```

Im obigen Beispiel ändert sich nur der Wert der Zustellung (X), deshalb ist nur diese Adresse erneut auszufüllen, andere Werte bleiben unverändert.

Zyklus wird im eingeschalteten Zustand des Zyklus nur in dem Fall durchgeführt, wenn eine Variable, die auf Bewegung hinweist, X(U), Z(W) oder R(I oder K) auch ausgefüllt ist. Wenn z.B. eine Funktion im selbständigen Satz im Zykluszustand durchgeführt wird, bleibt der Zykluszustand eingeschaltet, der Zyklus wird aber nicht wiederholt:

```
...
G77 U-20 W-50 F0.5      (Zyklus wird eingeschaltet und durchgeführt)
T202                    (Zyklus ist eingeschaltet, wird aber nicht
                          durchgeführt)
U-30                     (Zyklus wird durchgeführt)
...
```

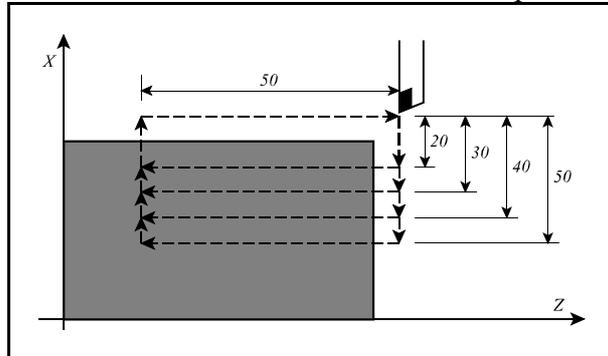


Abb. 17.1.4 -1

Der Zyklus und die erblichen Variablen werden durch die Interpolations-G-Kodes in der Gruppe 1 gelöscht, bzw. alle G-Kodes haben nur eine einmalige Wirkung mit Ausnahme Wartezeit G4. In die Sätze mit einfachen Zyklen können auch die Funktionen M, S, T eingeschrieben werden. Die Funktionen werden immer in der Operation 1 des Zyklus durchgeführt, entweder parallel zur Bewegung oder am Ende der Bewegung.

Wenn es in bestimmten Fällen ungünstig ist, ist die Funktion in einen anderen Satz einzuschreiben.

17.2 Mehrfachwiederholungszyklen

Die kombinierten Zyklen vereinfachen das Erstellen der Werkstückprogramme. Die Kontur der Abmessung des fertigen Werkstücks muss beispielsweise zum Schlichten beschrieben werden. Diese Kontur bildet die Grundlage für die Schrappzyklen der Werkstückbearbeitung (G71, G72, G73). Neben dem Schrappzyklus stehen je ein Zyklus für Schlichten (G70) und für Gewindecneiden (G76) und zwei Einstechzyklen (G74, G75) zur Verfügung.

17.2.1 Schrappzyklus (G71)

Es gibt zwei verschiedene Schrappzyklen: Typ 1 und Typ 2.

Schrappzyklus Typ 1

Bei gegebener Kontur der Abmessung des fertigen Werkstücks, in der Abbildung mit A–A'–B markiert, wird der Rohling durch den Zyklus G71 mit einer Schnitttiefe von Δd und mit Schlichtzugaben von $\Delta u/2$ und Δw t.

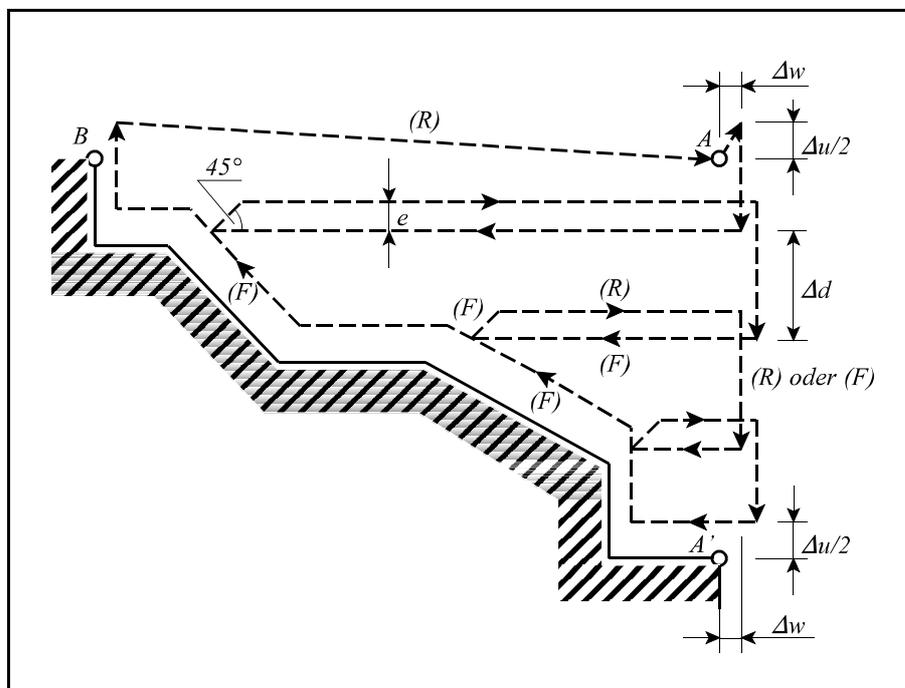


Abb. 17.2.1 -1

Angabemethode 1.:

G71 U(Δd) R(e)

G71 P(n_s) Q(n_f) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t)

N(n_s) X(U) ...

...

F ___

S ___

T ___

N(n_f) ...

wobei:

- Δd:** Schnitttiefe. Der Wert ist immer **positiv** und **in Radius** zu verstehen. Die Schnitttiefe kann auch im Parameter 1339 DPTH CUT angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt. Das heisst, wenn kein Schnitttiefenwert angegeben wird, wird dieser dem genannten Parameter entnommen.
- e:** Höhe der Abhebung. Der Wert ist immer **positiv** und **in Radius** zu verstehen. Die Abhebung kann auch im Parameter 1340 ESCAPE angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt. Das heisst, wenn kein Abhebungswert angegeben wird, wird dieser dem genannten Parameter entnommen.
- n_s:** Nummer des Anfangssatzes für den Schlichtteil (Strecke A–A'–B) des Programms.
- n_f:** Nummer des Schlusssatzes für den Schlichtteil (Strecke A–A'–B) des Programms.
- Δu:** Grösse und Richtung der Schlichtzugabe entlang der Achse X. Die Zahl ist **mit Vorzeichen** versehen und in Abhängigkeit der Auslegung der Koordinate X **in Durchmesser** oder **in Radius** zu verstehen.
- Δw:** Grösse und Richtung der Schlichtzugabe entlang Achse Z. Eine Zahl **mit Vorzeichen**.
- f, s, t:** Die im Schlichtteil des Programms von n_s bis n_f (Strecke A–A'–B) beschriebenen Funktionen F, S, T werden während des Zyklus nicht durchgeführt, stattdessen werden die im Satz G71 angegebenen Werte f, s, t geltend gemacht.

Der unter der Adresse U angegebene Wert kann Δd oder Δu bedeuten, je danach, ob P und Q im Satz programmiert wurden. Wenn nicht, deutet die Adresse U auf Δd, wenn ja, auf Δu.

Der Schruppzyklus wird in dem Satz durchgeführt, in dem P und Q angegeben wurden.

Die Bewegung A–A' muss im unter der Adresse P angegebenen Satz n_s beschrieben werden, **obligatorisch** durch G00 oder G01. Der hier gewählte Code bestimmt, ob die **Zustellung** (die Bewegung A–A') während der Schruppbearbeitung durch Eilgang (bei G00) oder durch Vorschub (bei G01) erfolgt. In diesem Satz P(n_s) darf **keine Bewegung in Richtung Z** angegeben werden.

Die eigentliche, aus Geraden und Kreisbögen bestehende Kontur ist die Strecke A'–B. Die Kontur muss sowohl in Richtung X als auch in Richtung Z gleichmässig steigend oder sinkend verlaufen, d.h. eine Umkehr ist in keiner Richtung möglich. Der Zyklus ist in allen vier Quadranten anwendbar. In der Abbildung ist auch das Vorzeichen der Schlichtzugabe zu finden.

Die im Programmteil zwischen den Sätzen n_s- n_f angegebenen Funktionen F, S, T werden ausser acht gelassen, und stattdessen diejenige geltend gemacht, die im Satz G71 (f, s, t) oder davor programmiert wurden. Dasselbe gilt für die

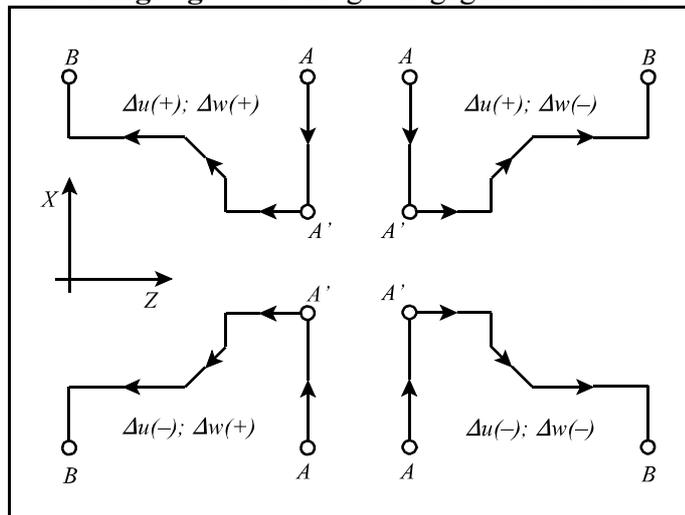


Abb. 17.2.1 -2

zwischen den Sätzen n_s und n_f programmierte konstante Schnittgeschwindigkeit, d.h. der Zustand G96 oder G97 und die konstante Schnittgeschwindigkeit vor dem Satz G71 werden geltend gemacht.

Die Sätze zwischen n_s und n_f dürfen keine Unterprogrammabrufe enthalten.

Die Errechnung der Werkzeugradiuskorrektur (G41,G42) kann während des Zyklus funktionieren, wenn sie zwischen den Sätzen n_s - n_f ein- (G41 oder G42) und ausgeschaltet (G40) wird:

RICHTIG	FALSCH
<pre> N (n_s) X(U) G41 ... (G41) (G40) N (n_f) G40 ... </pre>	<pre> G41 N (n_s) X(U) G40 N (n_f) ... </pre>
oder	oder
<pre> G41 N (n_s) X(U) N (n_f) ... G40 </pre>	<pre> N (n_s) G41 X(U) N (n_f) ... G40 </pre>

Wenn man den Zyklus abbricht, auf die Betriebsart Edierung übergeht, den Parameter 1339 DPTHCUT umstellt und dann das Programm im Automatikbetrieb mit START laufen lässt, wird die nächste Zustellung mit der neuen Schnitttiefe durchgeführt. Dasselbe gilt für den Parameter 1340 ESCAPE, d.h. für die Höhe der Abhebung.

Angabemethode 2.:

```

G71 P (ns) Q (nf) U(Δu) W(Δw) D(Δd) F(f) S(s) T(t)
      N(ns) X(U) ...
      ...
      F ____
      S ____
      T ____
      N(nf) ...

```

Die Eingangsparameter der zweiten Angabemethode sind identisch mit denen der ersten.

Schrappzyklus Typ 2

Der Schrappzyklus Typ 2 wird genauso angegeben wie der Typ 1. Der Code ist ebenfalls G71, und auch die Eingangsparameter sind die gleichen. Der Unterschied liegt in der Angabe des Anfangssatzes (Nummer n_s) der Kontur. Während beim Schrappzyklus Typ 1 keine Z-Adresse in diesem Satz angegeben werden darf, d.h. die Strecke A–A' senkrecht zur Achse Z verlaufen muss, ist beim Schrappzyklus Typ 2 die Adresse Z in diesem Satz obligatorisch anzugeben. Im zweiten Fall muss also die Strecke A–A' nicht senkrecht zur Achse Z verlaufen.

Angabe Typ 1	Angabe Typ 2
<pre> G71 U8 R1 G71 P100 Q200 U0.5 W0.2 N100 X(U) ____ N200 </pre>	<pre> G71 U8 R1 G71 P100 Q200 U0.5 W0.2 N100 X(U) ____ Z(W) ____ N200 </pre>

Falls beim zwangsläufigen Gebrauch vom Zyklus Typ 2 die im Anfangssatz der Kontur anzugebende Bewegung nur in Richtung X, also senkrecht auf die Achse Z verlaufen soll, ist entlang der Achse Z ein Inkrementalwert von 0, d.h. ZI0 oder W0 zu programmieren.

Der Schrappzyklus Typ 2 unterscheidet sich vom Typ 2 darin, dass die Kontur nicht gleichmässig

steigend oder sinkend sein muss, eine Konturumkehr ist also möglich. Der Zyklus kann höchstens 10 Umkehrtaschen enthalten.

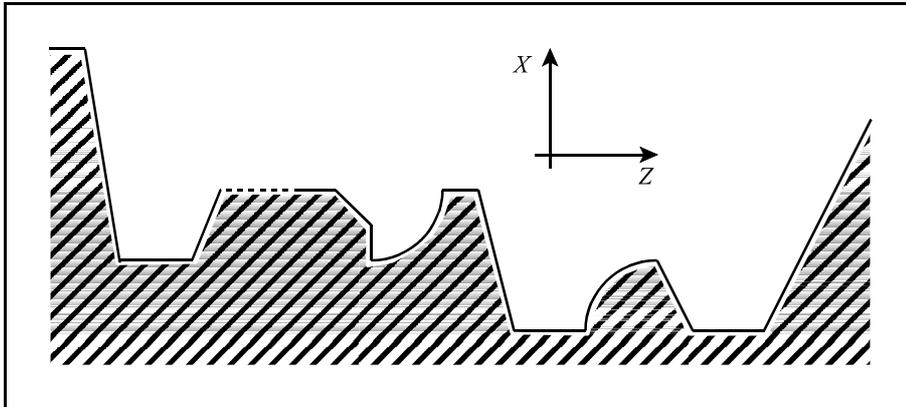


Abb. 17.2.1 -3

In Richtung Z muss die Kontur weiterhin **monoton** bleiben und keine Umkehr enthalten.

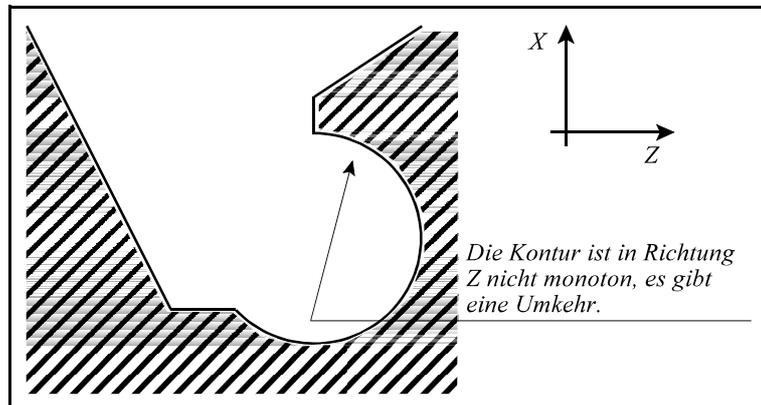


Abb. 17.2.1 -4

Der Anfangssatz der Kontur (n_s) kann auch eine Bewegung in Richtung Z enthalten (die Adresse Z muss sogar obligatorisch angegeben werden), der erste Schnitt muss folglich nicht senkrecht auf die Achse Z verlaufen.

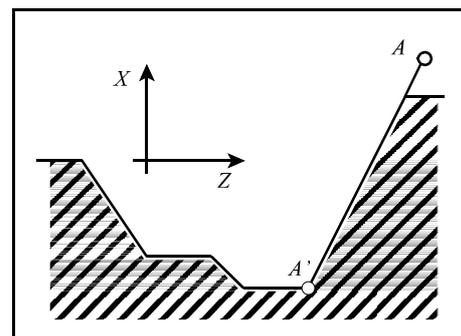


Abb. 17.2.1 -5

Beim Schruppzyklus Typ 2 erfolgt die Abhebung senkrecht auf die Achse Z mit dem aktuellen Abhebungswert "e".

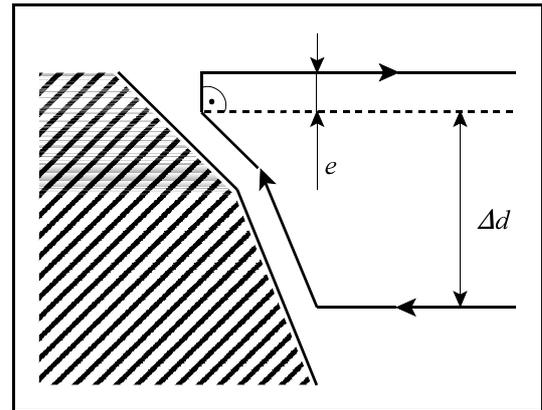


Abb. 17.2.1 -6

In der Abbildung finden Sie ein Beispiel dafür, wie der Zyklus den Rohling bearbeitet:

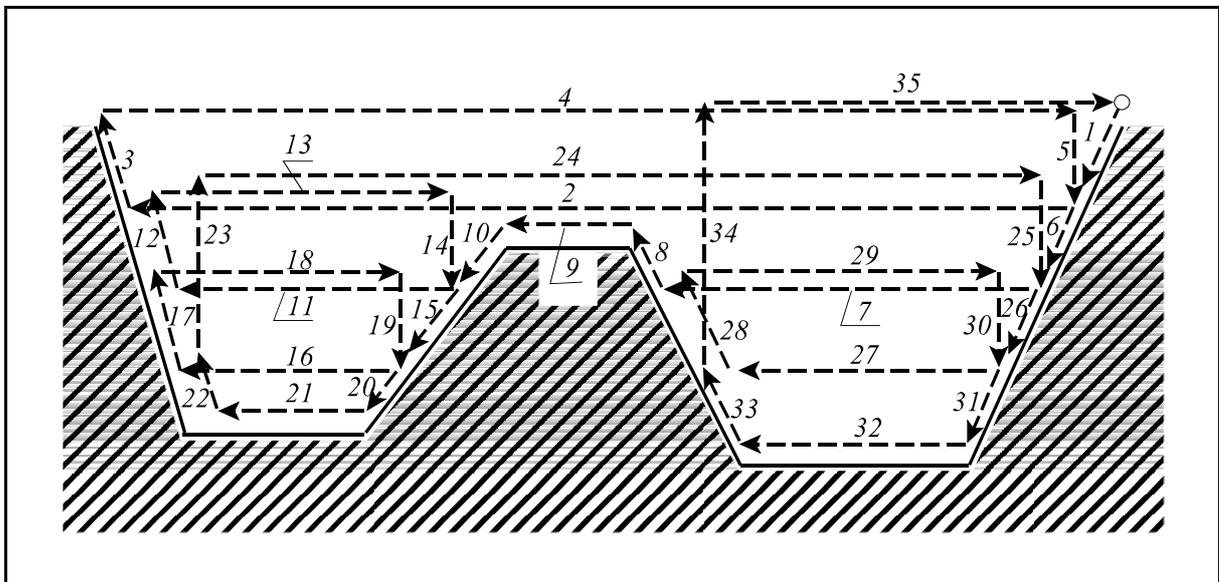


Abb. 17.2.1 -7

Beim Programmieren der Schlichtzugabe darf in diesem Fall keine Schlichtzugabe (Δw) in Richtung Z angegeben werden (W0 ist obligatorisch), sonst kann das Werkzeug in eine der Seitenflanken einschneiden.

17.2.2 Stirrschruppzyklus (G72)

Es gibt zwei verschiedene Stirrschruppzyklen: Typ 1 und Typ 2.

Stirrschruppzyklus Typ 1

Der Stirrschruppzyklus (G72) ist - wie in der folgenden Abbildung zu sehen - identisch mit dem Schruppzyklus G71, mit dem Unterschied, dass das Schruppen parallel zur Achse X erfolgt.

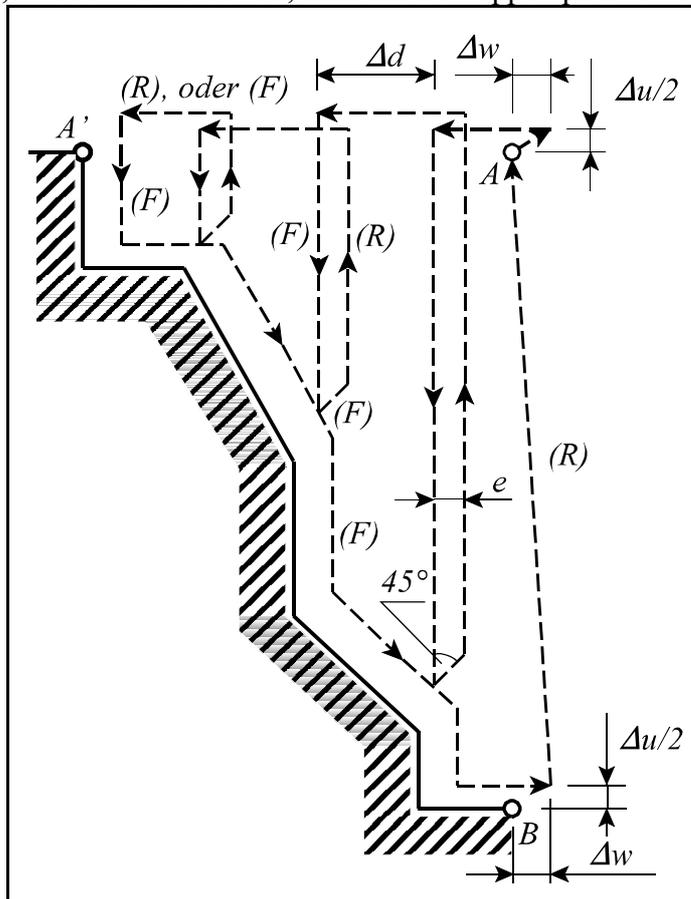


Abb. 17.2.2 -1

Angabemethode 1.:

G72 W(Δd) R(e)

G72 P(n_s) Q(n_f) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t)

N(n_s) Z(W) ...

...

F ___

S ___

T ___

N(n_f) ...

Die Bedeutung der Eingangsparameter ist dieselbe wie beim Zyklus G71

Angabemethode 2.:

G72 P (n_s) Q (n_f) U(Δu) W(Δw) D(Δd) F(f) S(s) T(t)

N(n_s) Z(W) ...

...

F ___

S ___

T ___

N(n_f) ...

Der Zyklus ist in allen vier Quadranten anwendbar. In der Abbildung ist auch das jeweilige Vorzeichen der Schlichtzugabe für alle vier Fälle zu finden.

Im Satz n_s für die Strecke A–A' darf keine Angabe für die Achse X stehen, die Bewegung soll parallel zur Achse Z verlaufen. Der im Satz n_s angegebene Code (G00, vagy G01) bestimmt, ob die Zustellung während des Zyklus durch Vorschub oder durch Eilgang erfolgt. Die programmierte Kontur muss entlang beider Achsen gleichmässig steigend oder sinkend verlaufen.

Für die Werkzeugradiuskorrektur gilt dasselbe wie beim Zyklus G71.

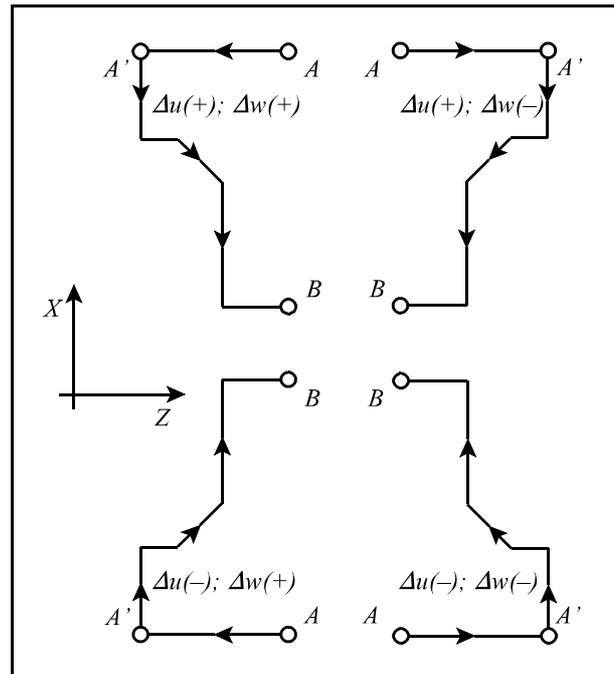


Abb 17.2.2 -2

Stirnschruppzyklus Typ 2

Der Stirnschruppzyklus Typ 2 wird genauso angegeben wie der Typ 1. Der Code ist ebenfalls G72, und auch die Eingangsparameter sind die gleichen. Der Unterschied liegt in der Angabe des Anfangssatzes (Nummer n_s) der Kontur. Während beim Zyklus Typ 1 keine X-Adresse in diesem Satz angegeben werden darf, d.h. die Strecke A–A' senkrecht zur Achse X verlaufen muss, ist beim Schruppzyklus Typ 2 die Adresse X in diesem Satz obligatorisch anzugeben. Im letzteren Fall muss also die Strecke A–A' nicht senkrecht zur Achse X verlaufen. Im weiteren gelten für den Zyklus dieselbe Einschränkungen, die für den Schruppzyklus G71 Typ 2. Die Kontur kann Umkehrstellen haben, muss aber in Richtung X monoton verlaufen.

17.2.3 Musterwiederholzyklus (G73)

Dieser Zyklus ist bei vorgeschmiedeten, gegossenen oder vorgeschruppten Stücken anwendbar, wenn die Konturen der endgültigen Form bereits bekannt sind. Der Zyklus wiederholt Schnitt für Schnitt eine im Programm beschriebene Kontur.

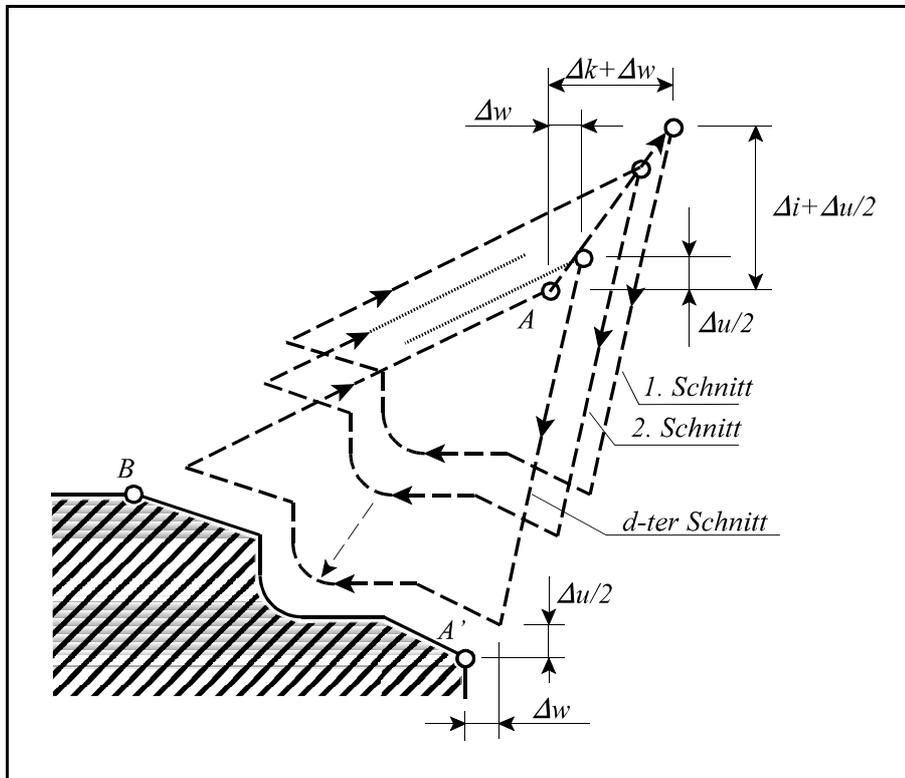


Abb. 17.2.3 -1

Angabemethode 1.:

G73 U(Δi) W(Δk) R (d)

G73 P (n_s) Q (n_f) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t)

N(n_g) ...

...

F

S

T

N(n_f) ...

wobei:

Δi : Grösse und Richtung der Schruppzugabe entlang der Achse X. Die Zahl ist immer **mit Vorzeichen** versehen und **in Radius** zu verstehen. Die Zugabe kann auch im Parameter 1341 RELIEFX angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.

Δk : Grösse und Richtung der Schruppzugabe entlang der Achse Z. Die Zahl ist immer **mit Vorzeichen** versehen. Die Zugabe kann auch im Parameter 1342 RELIEFZ angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.

- d:** Zahl der Schnitte. Sie kann auch im Parameter 1343 NUMDIV angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt. Der als Schruppzugabe angegebene Wert (Parameter RELIEFX, RELIEFZ) wird durch diese Zahl geteilt, und der Quotient bestimmt die Schnitttiefe beim Schruppen.
- n_s:** Nummer des Anfangssatzes für den Schlichtteil (Strecke A–A'–B) des Programms.
- n_f:** Nummer des Schlusssatzes für den Schlichtteil (Strecke A–A'–B) des Programms.
- Δu:** Grösse und Richtung der Schlichtzugabe entlang der Achse X. Die Zahl ist **mit Vorzeichen** versehen und in Abhängigkeit der Auslegung der Koordinate X **in Durchmesser** oder **in Radius** zu verstehen.

Δw: Grösse und Richtung der Schlichtzugabe entlang der Achse Z. Eine Zahl **mit Vorzeichen**

Die unter den Adressen U und W angegebenen Werte im Satz G73 können Δi und Δk, oder Δu und Δw bedeuten, je danach, ob P und Q im gegebenen Satz programmiert wurden. Wenn ja, deuten die Adressen U und W auf Δu und Δw, wenn nicht, auf Δi und Δk.

Der Zyklus wird in dem Satz durchgeführt, in dem P und Q angegeben wurden. Die Sätze n_s bis n_f müssen die Positionierung (Strecke A–A') bzw. die Konturbeschreibung (Strecke A'–B) beinhalten. Der Zyklus ist in allen vier Quadranten durchführbar, in Abhängigkeit der Vorzeichen der Werte Δi, Δk, Δu, Δw. Am Ende des Zyklus kehrt das Werkzeug zum Punkt "A" zurück. Die Bearbeitung geht ab dem nächsten Satz weiter.

Die im Programmteil zwischen den Sätzen n_s- n_f angegebenen Funktionen F, S, T werden ausser acht gelassen, und stattdessen diejenige geltend gemacht, die im Satz G73 (f, s, t) oder davor programmiert wurden. Dasselbe gilt für die zwischen den Sätzen n_s und n_f programmierte konstante Schnittgeschwindigkeit, d.h. der Zustand G96 oder G97 und die konstante Schnittgeschwindigkeit vor dem Satz G73 werden geltend gemacht.

Die Sätze zwischen n_s und n_f dürfen keine Unterprogrammabrufe enthalten.

Die Errechnung der Werkzeugradiuskorrektur kann in den Zyklussätzen angegeben werden, mit den selben Einschränkungen wie bei der Funktion G71.

Angabemethode 2.:

```

G73 P (ns) Q (nf) U(Δu) W(Δw) I(Δi) K(Δk) D(d) F(f) S(s) T(t)
      N(ns) ...
      ...
          F ___
          S ___
          T ___
      N(nf) ...

```

Die Eingangsparameter der zweiten Angabemethode sind identisch mit denen der ersten.

17.2.4 Schlichtzyklus (G70)

Nach dem Schrappen mit G71, G72 oder G73 kann mit dem Befehl G70 ein Schlichtzyklus angegeben werden. Der Befehl zum Schlichten wird wie folgt erteilt:

G70 P (n_s) Q (n_f) U(Δu) W(Δw)

n_s: Nummer des Anfangssatzes für den Schlichtteil des Programms.

n_f: Nummer des Satzes für den Schlichtteildes Programms.

Δu: Grösse und Richtung der Schlichtzugabe entlang der Achse X. Die Zahl ist **mit Vorzeichen** versehen und in Abhängigkeit der Auslegung der Koordinate X **in Durchmesser** oder **in Radius** zu verstehen.

Δw: Grösse und Richtung der Schlichtzugabe entlang der Achse Z. Eine Zahl **mit Vorzeichen**

Die im Programmteil zwischen den Sätzen n_s- n_f angegebenen Funktionen **F, S, T** werden hier im Gegensatz zu den Zyklen G71, G72, G73 **durchgeführt**.

Am Ende des Schlichtzyklus kehrt das Werkzeug zum Ausgangspunkt zurück und der nächste Satz wird eingelesen.

Während des Schlichtzyklus **funktioniert** die Errechnung **der Werkzeugradiuskorrektur**.

Unter den Adressen U und W kann eine Schlichtzugabe angegeben werden, wenn die Schlichtzugabe in mehreren Schritten entfernt werden soll.

Die Sätze zwischen n_s und n_f dürfen keine Unterprogrammabrufe enthalten.

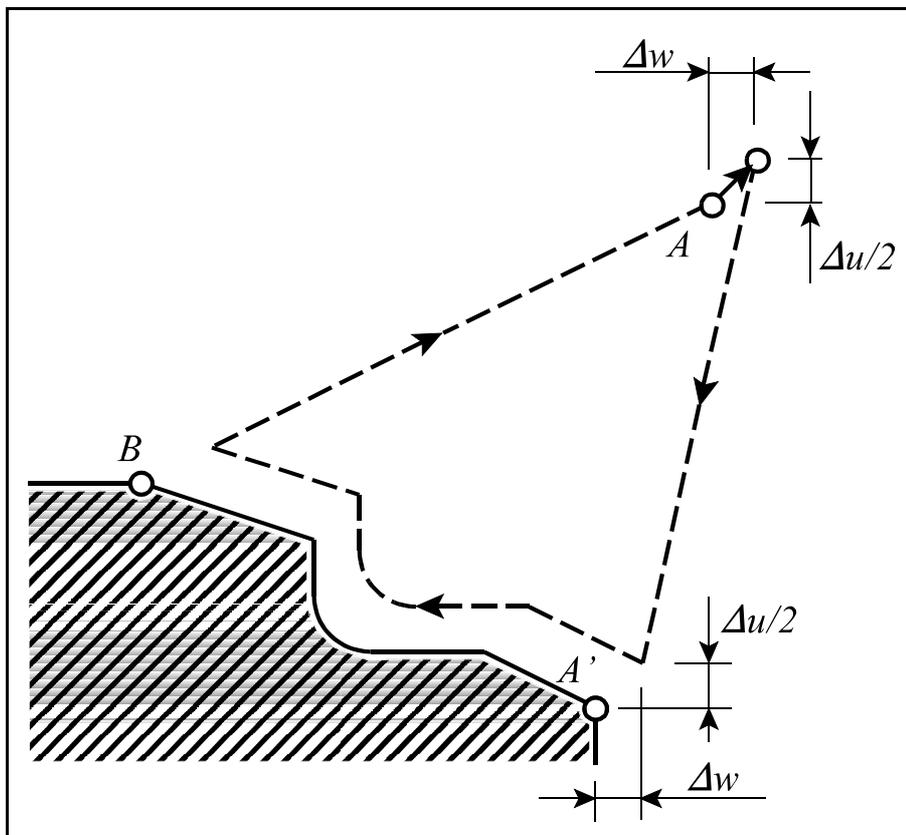


Abb. 17.2.4-1

17.2.5 Stirneinstechzyklus (G74)

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf eines Stirneinstechzyklus G74 zu sehen. Das Einstechen erfolgt in Richtung Z.

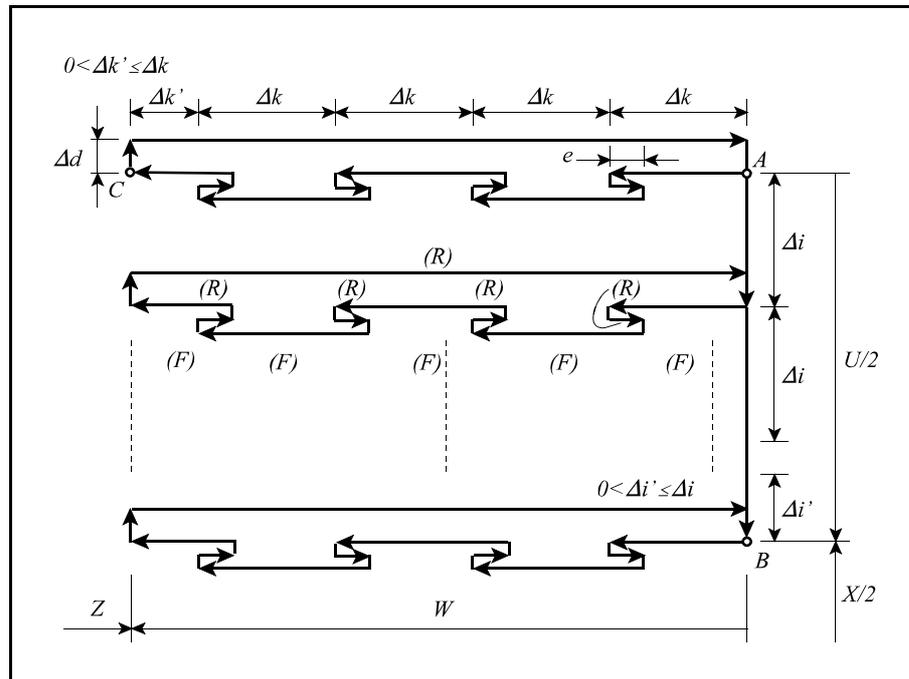


Abb. 17.2.5 -1

Angabemethode 1.:

G74 R (e)

G74 X(U) Z(W) P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F

wobei:

e: Höhe des Rückziehens.

Es ist ein überlieferter Wert, der sich nicht ändert, bis er nicht modifiziert wird. Die Höhe des Rückziehens kann auch im Parameter 1344 RETG74G75 angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.

X: Absolutmass des Punktes "B" in Richtung X.

U: Inkrementalabstand zwischen den Punkten AB

Z: Absolutmass des Punktes "C" in Richtung Z.

W: Inkrementalabstand zwischen den Punkten AC

Δi: Schnitthöhe in Richtung X. Die Zahl ist immer positiv und **in Radius** zu verstehen.

Δk: Schnitttiefe in Richtung Z. Die Zahl ist immer positiv.

Δd: Höhe des Wegziehens des Werkzeugs unten. Das Vorzeichen von Δd ist immer positiv (die Bewegungsrichtung hat immer ein entgegengesetztes Vorzeichen als der Vektor AB). Werden aber die Adressen X(U) und P(Δi) nicht ausgefüllt, kommt es zur Auslegung des Vorzeichens von R(Δd) und die Bewegungsrichtung unten wird dadurch bestimmt.

F: Vorschub

In der Abbildung sind die Strecken mit Vorschub mit (F), die Strecken mit Eilgang mit (R) markiert.

Die Adresse R im Satz G74 kann entweder e oder Δd bedeuten, je danach, ob die Adresse Z(W) ausgefüllt ist. Wenn ja, die Adresse R deutet auf Δd .

Wenn weder die Adresse X(U) noch die Adresse P(Δi) ausgefüllt werden, kommt es nur entlang der Achse Z zu einer Bewegung, d.h. ein Bohrzyklus wird durchgeführt.

Angabemethode 2.:

G74 X(U) Z(W) I (Δi) K (Δk) D (Δd) F

Die Auslegung der Eingangsparameter der zweiten Methode ist identisch mit der der ersten.

17.2.6 Einstechzyklus (G75)

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf eines Einstechzyklus G75.

Angabemethode 1.:

G75 R (e)

G75 X(U) Z(W) P (Δi) Q (Δk) R (Δd) F

Die Auslegung der Variablen des Zyklus ist identisch mit der von Zyklus G74, mit dem Unterschied, dass das Einstechen in Richtung X erfolgt. Deswegen werden die Adressen X(U) und Z(W) umgekehrt ausgelegt.

Angabemethode 2.:

G75 X(U) Z(W) I (Δi) K (Δk) D (Δd) F

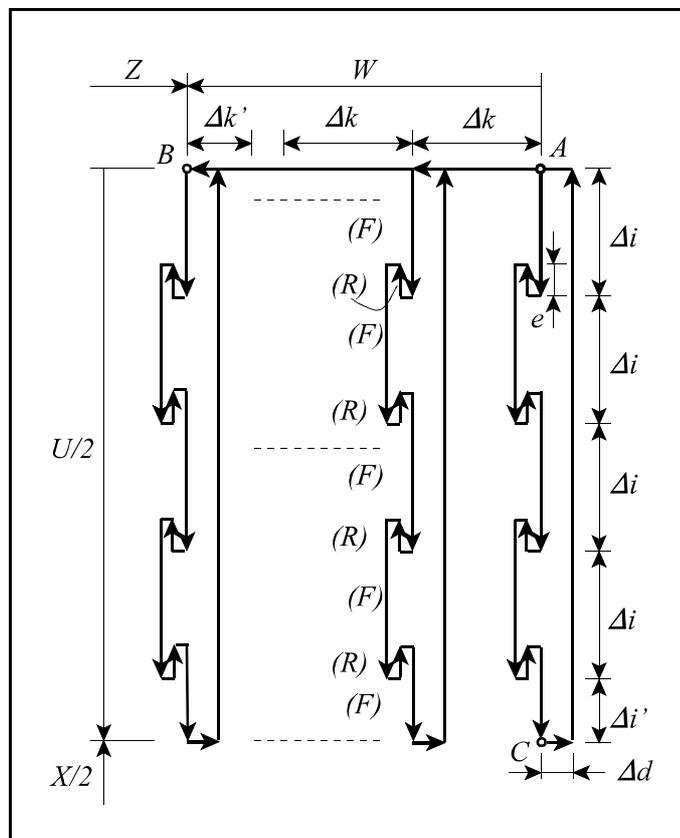


Abb. 17.2.6 -1

17.2.7 Gewindeschneidezyklus (G76)

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf eines Gewindeschneidezyklus G76.

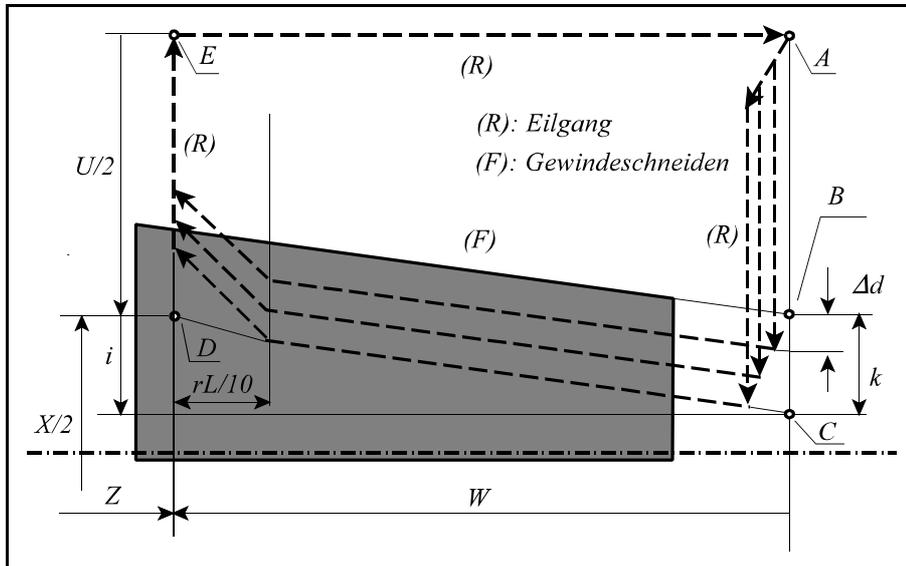


Abb. 17.2.7 -1

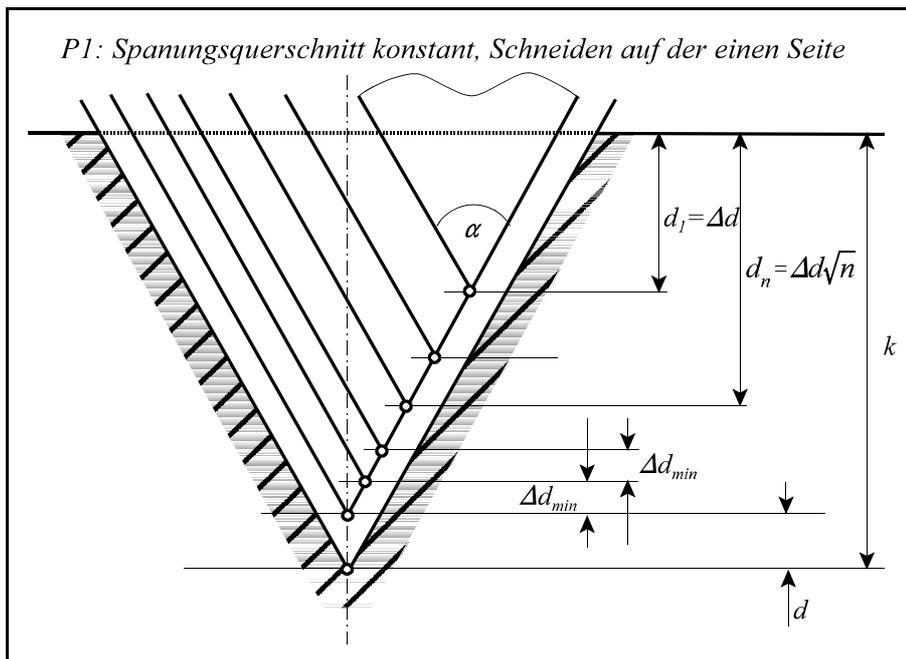


Abb. 17.2.7 -2

Angabemethode 1.:

G76 P (n) (r) (α) Q (Δd_{\min}) R (d)

G76 X(U) Z(W) P (k) Q (Δd) R (i) F(E)(L)

wobei:

- n:** **Zahl der Schlichtzyklen** ($n=01\dots99$)
Das ist ein Stammwert, und bleibt erhalten, solange er nicht geändert wird. Die Zahl der Schlichtzyklen kann auch im Parameter 1335 COUNTFIN angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.
- r:** **Länge des Abbrechens** ($r=01\dots99$)
Beim Auslauf aus dem Gewinde wird das Werkzeug in einem Winkel von ca.45° abgehoben. Die Länge des Abbrechens wird mit r angegeben. Die Länge der Strecke ist $r \cdot L / 10$
wobei: L: die programmierte Gewindesteigung.
Das ist ein Stammwert, und bleibt erhalten, solange er nicht geändert wird. Die Länge der Abbrechensstrecke kann auch im Parameter 1334 THRDCHMFR angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.
- α :** **Kantenwinkel des Gewindestahls** in Grad ($\alpha=01\dots99$)
Das ist ein Stammwert, und bleibt erhalten, solange er nicht geändert wird. Der Wert des Kantenwinkels kann auch im Parameter 1336 TIPANGL angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.

Die Werte n, r und α können unter der Adresse P auf einmal angegeben werden. Da jeder Wert durch eine zweistellige Zahl ausgedrückt wird, muss unter P eine sechsstellige Zahl stehen. Wenn z.B. die Zahl der Schlichtzyklen $n=2$, die Länge des Abbrechens $1.5L$ ($r=15$) ist und der Stahl einen Winkel von 60° hat, ist der Wert von P: **P021560**.

Δd_{\min} : **Wert der kleinsten Zustellung** (immer positiv und **in Radius** zu verstehen)
Wenn im n-ten Zyklus $d_n - d_{n-1} < \Delta d_{\min}$, wird der Wert der Zustellung auf den Wert Δd_{\min} eingeschränkt. Das ist ein Stammwert und bleibt erhalten, solange er nicht geändert wird. Der Wert der kleinsten Zustellung kann auch im Parameter 1337 MINTHRDP angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.

d: **Schlichtzugabe** (immer positiv und **in Radius** zu verstehen)
Das ist ein Stammwert, und bleibt erhalten, solange er nicht geändert wird. Die Schlichtzugabe kann auch im Parameter 1338 FINALLW angegeben werden, bzw. dieser Parameter wird beim entsprechenden Programmbefehl umgestellt.

Die oben aufgelisteten Angaben sind die Eingangsparameter des ersten Satzes **G76 P (n) (r) (α) Q (Δd_{\min}) R (d)**. Diese Parameter werden auf den Code G76 übernommen, wenn im Satz G76 weder die Adresse X(U) noch die Adresse Z(W) ausgefüllt sind.

i: **Konizität** (immer **in Radius** zu verstehen)
Wenn $i=0$ oder keine Angabe unter R, wird ein zylindrisches Gewinde geschnitten.

k: Gewindetiefe (immer positiv und **in Radius** zu verstehen)

Δd : **Tiefe des ersten Schnittes** (immer positiv und **in Radius** zu verstehen)

L: **Gewindesteigung**
Die Angaben sind identisch mit denen beim G33. Der Wert unter der Adresse F bezeichnet Gewindesteigung, der Wert unter E Gewindegewindezahl per Inch.

Die aufgezählten Angaben sind die Eingangsparameter des zweiten Satzes **G76 X(U) Z(W) R (i) P (k) Q (Δd) F(E)(L)**. Gewindegewinden wird nur bei auf diese Weise erstellten Sätzen durchgeführt, d.h. eine der Adressen X(U), Z(W) muss Angaben enthalten. Wenn keine dieser

Koordinaten angegeben ist, wird der Satz als Parametereinstellsatz ausgelegt.

Während des Zyklus wird **die Zustellung**, d.h. die Bewegung zwischen den Punkten A und C mit **Eilgang** durchgeführt, wenn **G00** der aktuelle Code ist, bzw. mit dem angestammten **Vorschub**, wenn **G01** der aktuelle Code ist.

Zwischen den Punkten C und D wird gemäss der unter F(E) angegebenen Gewindesteigung Vorschub durchgeführt. Die übrigen Strecken werden durch Eilgang zurückgelegt.

Das Gewinde wird wie in der Abbildung zu sehen immer auf der einen Seite aufgrund der Formel $d_n = \Delta d \sqrt{n}$ geschnitten. Der Spanungsquerschnitt bleibt dabei konstant.

Am Ende des Gewindes wird entsprechend der Parametereinstellung immer ein Abbrechen geschnitten.

Das Vorzeichen der Adressen **X(U)**, **Z(W)** bestimmt die Richtung der Zustellung und des Gewindeschneidens.

Das Vorzeichen der Adresse **R(i)** bestimmt die Neigungsrichtung des Konus.

Beim STOP wird das Werkzeug entsprechend dem programmierten Abbrechen wie beim Code G78 abgehoben, und zum Ausgangspunkt (A) zurückgebracht. Auf START beginnt die unterbrochene Zustellung von vorne.

Angabemethode 2.:

G76 X(U) Z(W) I(i) K(k) D(Δd) A(α) F(E)(L) Q P

Die Auslegung der Angaben i, k, Δd , L ist identisch mit der bei der ersten Methode.

Unter der Adresse "A" (α) kann wie bei der ersten Methode der Kantenwinkel des Gewindestahls angegeben werden. Der Unterschied liegt in der Stufeneinteilung, die bei der ersten Methode nur 1° beträgt, während bei der zweiten 0.001°. Wenn die Adresse "A" keine Angaben enthält, wird der Wert α aus dem Parameter genommen. Die Angabe der Adresse "A" ändert aber den Wert des Parameters 1336 TIPANGL nicht.

Die Eingangsparameter n, r, α , Δd_{\min} und d werden bei der zweiten Angabemethode genauso berücksichtigt wie bei der ersten. Im vorhergehenden Satz **G76 P (n) (r) (α) Q (Δd_{\min}) R (d)** können auch in diesem Fall Eingangsparameter angegeben werden.

Die Satzangabe wird von der Steuerung als der zweiten Methode entsprechend angenommen, wenn die Adresse K im Satz ausgefüllt ist.

Q: Winkelgrösse zwischen dem Gewindeanfang und dem Nullimpuls des Signalgebers in °. Die Auslegung der Adresse ist identisch mit der beim G33.

P: Methode des Gewindeschneidens

Fünf verschiedene Methoden stehen zur Auswahl, wie die folgenden Abbildungen zeigen.

P1: Spanungsquerschnitt ist konstant, Schneiden auf der einen Seite

P2: Schneiden auf beiden Seiten

P3: Zustellung ist konstant, Schneiden auf der einen Seite

P4: Zustellung ist konstant, Schneiden auf beiden Seiten

P5: Spanungsquerschnitt ist konstant, Schneiden auf beiden Seiten

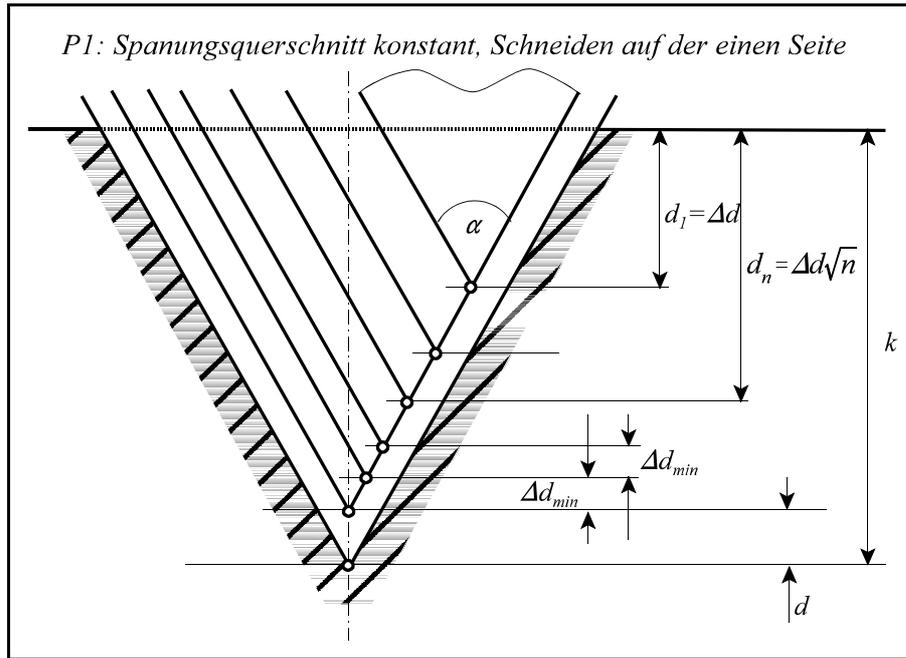


Abb. 17.2.7 -3

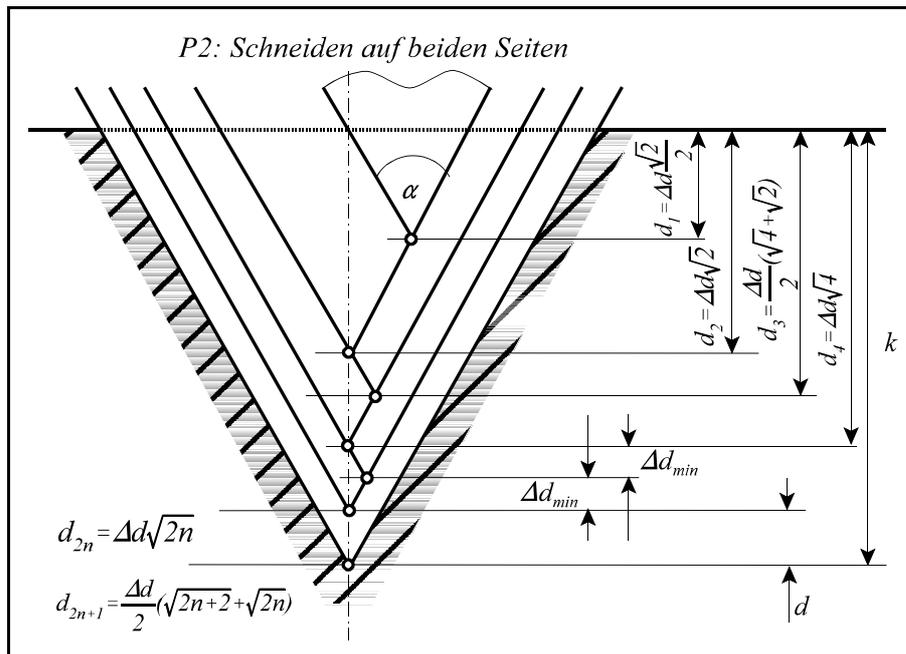


Abb. 17.2.7 -4

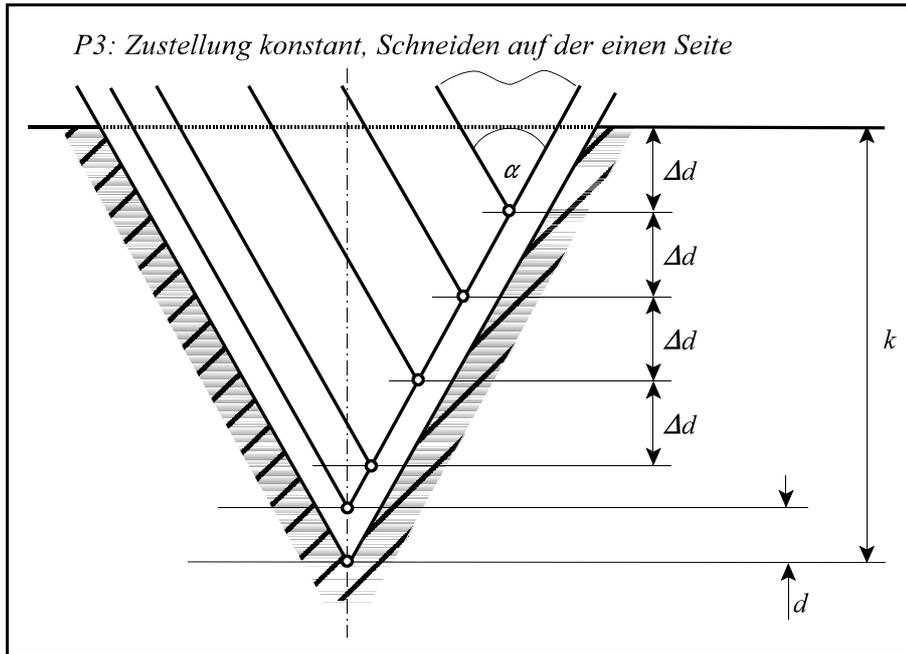


Abb. 17.2.7 -5

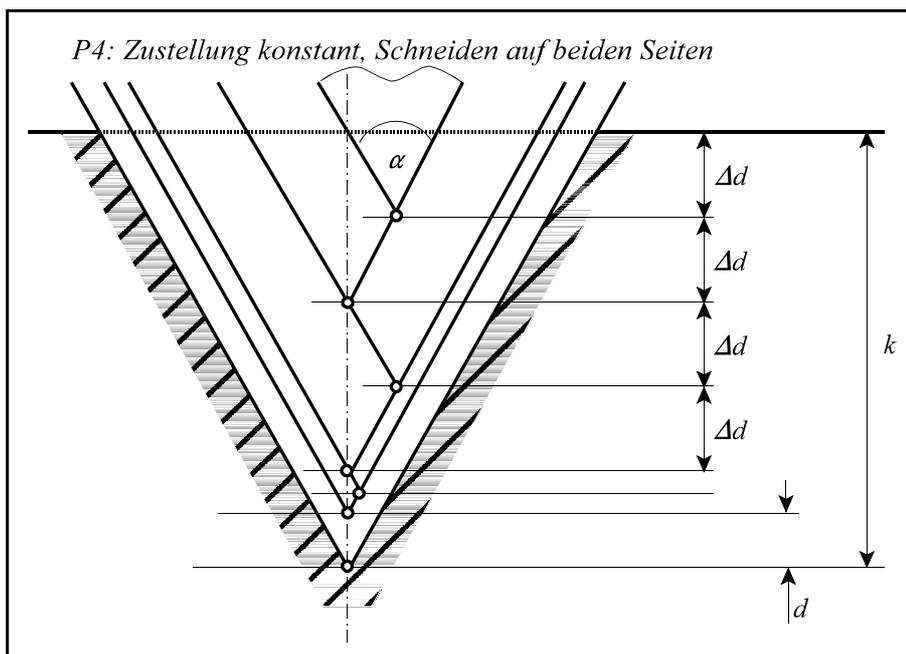


Abb. 17.2.7 -6

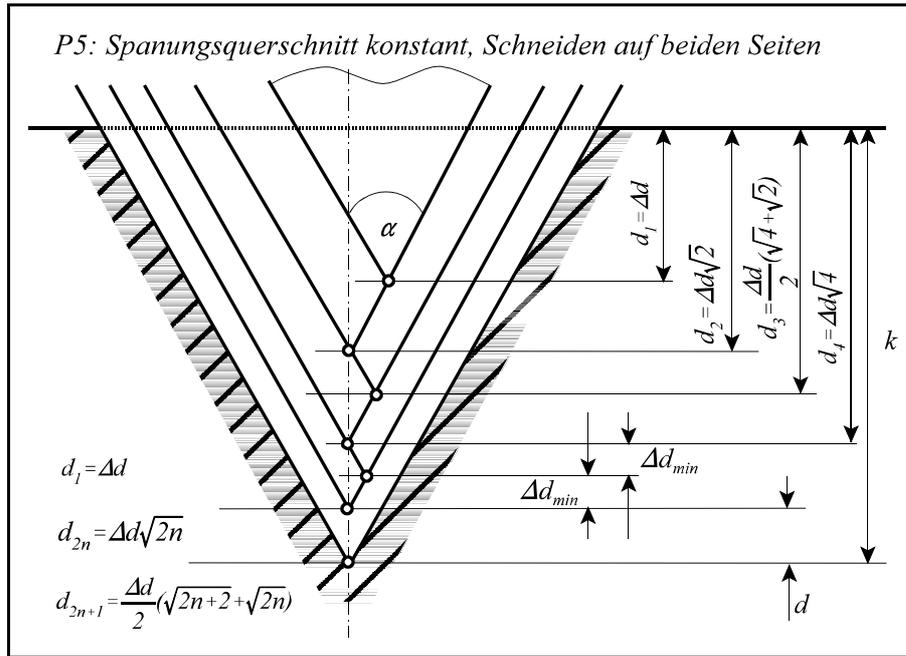


Abb. 17.2.7 -7

18 Bohrzyklen

Die Bohrzyklen können in die folgenden Tätigkeiten unterteilt werden:

- Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene
- Operation 2: Tätigkeit nach der Positionierung
- Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Punkt R (Annäherungspunkt)
- Operation 4: Tätigkeit im Punkt R
- Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund
- Operation 6: Tätigkeit im Bohrungsgrund
- Operation 7: Rückzug bis zum Punkt R
- Operation 8: Tätigkeit im Punkt R
- Operation 9: Rückzug im Eilgang bis zum Ausgangspunkt
- Operation 10: Tätigkeit im Ausgangspunkt

Punkt R, Annäherungspunkt: Das Werkzeug nähert dem Werkstück bis zu diesem Punkt mit Eilgangsgeschwindigkeit an.

Ausgangspunkt: Position der Bohrachse, die vor dem Zyklustart angenommen wird.

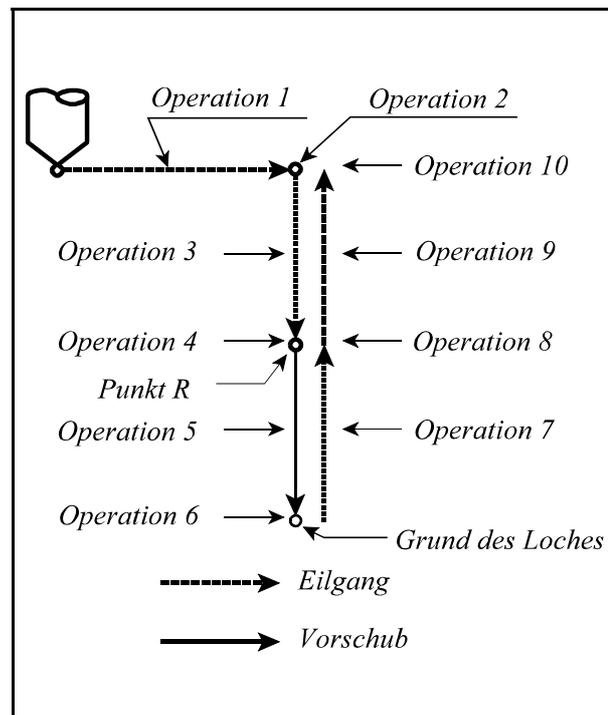


Abb. 18-1

Die benannten Operation beschreiben die Bohrzyklen allgemein, in konkreten Fällen können die einzelnen Operationen weggelassen werden.

Ein Bohrzyklus hat eine **Positionierebene** und eine **Bohrachse**. Die Bohrachse wird durch die Anweisungen G17, G18, G19 angewählt. Alle anderen Achsen werden in der Positionierebene bewegt.

G-Code	Bohrachse
G17	Z _p
G18	Y _p
G19	X _p

worin: X_p: X-Achse oder eine dazu parallel liegende Achse,
 Y_p: Y-Achse oder eine dazu parallel liegende Achse,
 Z_p: Z-Achse oder eine dazu parallel liegende Achse

sind. Die Achsen U, V, W werden für Parallelachsen betrachtet, wenn sie im Parameterfeld als parallel liegende Achsen definiert sind.

Zum Programmieren von Stirnbohren mit Z als Bohrachse ist die Ebene G17 zu wählen, zum Programmieren von Seitenbohren mit X als Bohrachse die Ebene G19.

Das Konfigurieren der Bohrzyklen kann durch die Anweisungen G98 und G99 erfolgen.

G98: Im Ablauf des Bohrzyklus wird das Werkzeug bis zum Ausgangspunkt zurückgezogen. Es ist die Ausgangssituation, die die Steuerung nach dem Wechsel der Betriebsart oder nach dem Löschen des Zyklus annimmt.

G99: Im Laufe des Bohrzyklus wird das Werkzeug bis zum Punkt R zurückgezogen, folglich werden die Operationen 9 und 10 weggelassen.

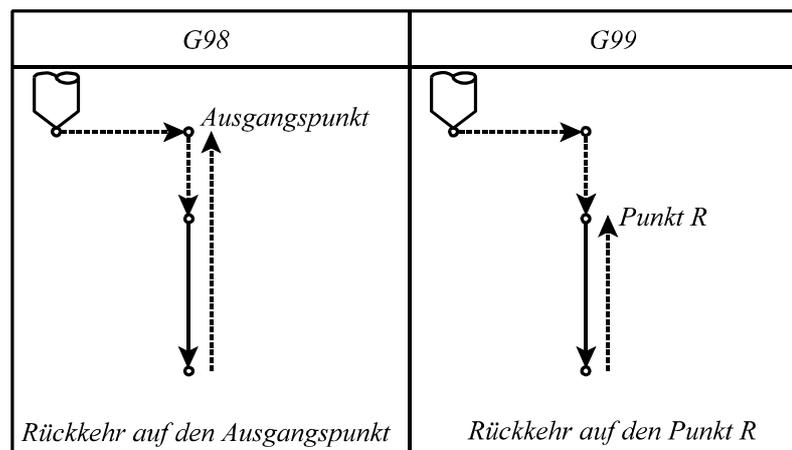


Abb. 18-2

Die **Codes der Bohrzyklen** sind: G83.1, G84.1, G86.1, G81, ..., G89

Diese Codes schalten die Betriebsart Bohrzyklus ein, die das Weitererben der Zyklusvariablen ermöglicht.

Der Code G80 schaltet die Betriebsart aus und löscht die abgespeicherten Variablen.

Die in **Bohrzyklen** angewandten **Adressen** und ihre Interpretation:

G17	G_	X_p_	Y_p_	C_	I_	J_	Z_p_	R_	Q_	E_	P_	F_	S_	L_
G18	G_	Z_p_	X_p_	C_	K_	I_	Y_p_	R_	Q_	E_	P_	F_	S_	L_
G19	G_	Y_p_	Z_p_	C_	J_	K_	X_p_	R_	Q_	E_	P_	F_	S_	L_

Code des Bohrens:

Die Interpretation der Codes wird später erörtert.

Die Codes werden geerbt, solange eine G80-Anweisung, oder ein zur G-Codegruppe 1 gehörender Code (Interpolationsgruppe: G01, G02, G03, G33) nicht programmiert wird, bzw. sie werden beim Wechsel der Betriebsart gelöscht.

Solange der Zykluszustand durch die Anweisungen G83.1, G84.1, G86.1, G81, ..., G89 eingeschaltet ist, werden die erblichen Zyklusvariablen auch unter den Bohrzyklen unterschiedlicher Art geerbt.

Anfangspunkt oder Ausgangspunkt:

Der Anfangspunkt ist die Position der zum Bohren bestimmten Achse, die registriert wird

– beim Einschalten der Betriebsart Zyklus; beispielsweise bei

```
N1 G17 G90 G0 Z200
N2 G81 X0 C0 Z50 R150
N3 X100 C30 Z80
```

ist die Position des Anfangspunktes $Z=200$ sowohl im Satz N2 als auch im N3;

– oder beim Bestimmen einer neuer Bohrachse, beispielsweise bei

```
N1 G17 G90 G0 Z200 W50
N2 G81 X0 C0 Z50 R150
N3 X100 C30 W20 R25
```

ist die Anfangspunktposition $Z=200$ im Satz N2 und

$W=50$ im Satz N3.

Wird die Bestimmung der Bohrachse abgeändert, ist R verbindlich zu programmieren, sonst zeigt die Steuerung den Fehlercode *3053 KEIN GRUND- ODER R-PUNKT* an.

Bohrungsposition: X_p , Y_p , Z_p , C

Von den eingetragenen Koordinaten werden die Angaben mit Ausnahme der Bohrachsen-koordinaten als Bohrlochposition betrachtet.

Die eingegebenen Werte können absolut oder inkremental sein, ihre Dimension kann metrisch oder in Inch angegeben werden.

Für die eingegebenen Koordinatenwerte gelten die Spiegelungs- und Massstabierbefehle.

Die Bohrungsposition wird mit Eilgangsgeschwindigkeit angefahren, unabhängig davon, welcher Code der Gruppe 1 gültig ist.

Weg nach Spindelorientierung: I, J, K.

Ist die Werkzeugmaschine zur Spindelorientierung geeignet, wird das Werkzeug in den Ausdrehzyklen G76 und G87 von der Oberfläche entfernt zurückgezogen werden, damit die Werkzeugspitze die Oberfläche nicht zerkratzt. Die Richtung, in der die Steuerung das Werkzeug von der Oberfläche entfernen soll, kann unter der I-, J- und K-Adresse angegeben werden. Die Adressen werden der angewählten Oberfläche entsprechend interpretiert:

G17: I, J

G18: K, I

G19: J, K

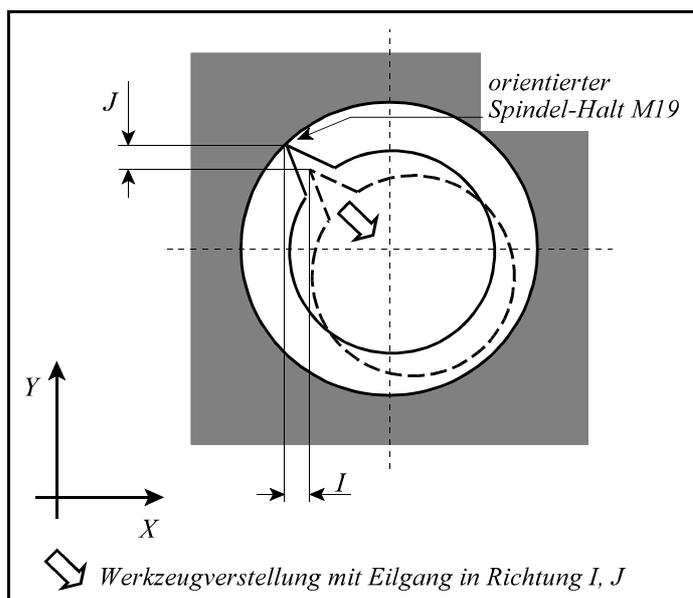


Abb. 18-3

Die Adressen werden immer als inkrementale Angaben in rechtwinkligem

Koordinatensystem interpretiert. Die Adressen können metrisch oder in Zoll angegeben werden. Für Die I-, J- und K-Angaben gelten die Spiegelungs- und Masstabierungsbefehle nicht. I, J und K sind erbliche Werte. Diese Werte werden durch den Befehl G80 oder die Codes der Interpolationsgruppe gelöscht. Die Rückstellung des Werkzeuges erfolgt mit Eilgangsgeschwindigkeit.

Bohrangaben:

Die Basispunkt der Bohrung ist: X_p, Y_p, Z_p

Die Basispunkt der Bohrung kann unter der Adresse der Bohrachse angegeben werden. Die Koordinate wird stets in rechtwinkligem Koordinatensystem interpretiert. Die Koordinate kann in mm oder Zoll, absolut oder inkremental eingegeben werden. Wird sie inkremental angegeben, wird die Weglänge von dem Punkt R an berechnet.

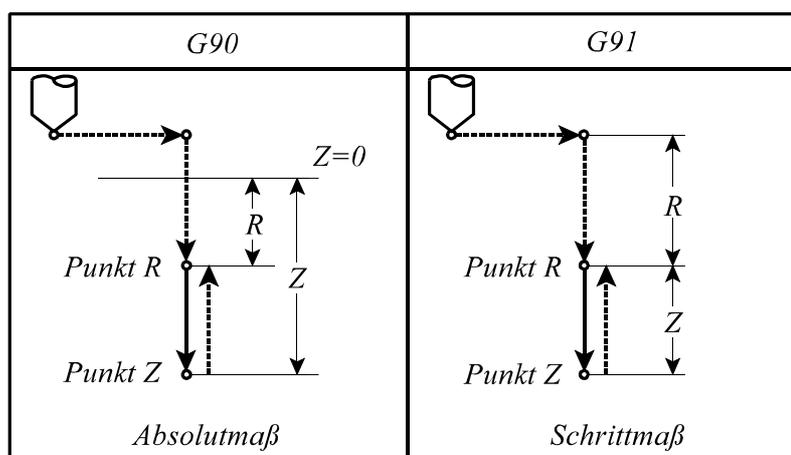


Abb. 18-4

Für die Daten des Basispunktes gelten die Spiegelungs- und Masstabierungsbefehle. Diese Daten

sind erbliche Werte. Die Angaben des Basispunktes werden durch G80, oder die Codes der Interpolationsgruppe gelöscht. Die Steuerung nähert den Basispunkt stets mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit an.

Annäherungspunkt: R

Der Annäherungspunkt wird unter der R-Adresse angegeben. Die R-Adresse ist immer ein absolut oder inkremental, in mm oder in Zoll, in rechtwinkligem Koordinatensystem interpretiertes Datum. Ist es inkremental angegeben, wird es von dem Ausgangspunkt an berechnet. Für die Daten des R-Punktes gelten die Spiegelungs- und Massstabierungsbefehle. Das Datum des R-Punktes wird geerbt und durch G80 oder die Codes der Interpolationsgruppe gelöscht. Der R-Punkt wird stets mit Eilgangsgeschwindigkeit angenähert.

Schnitttiefe: Q

Dieser Wert bestimmt die Schnitttiefe in den Zyklen G83.1 und G83. Dieser Wert ist immer ein inkrementaler positiver Wert in rechtwinkligen Koordinaten. Er ist ein erblicher Wert. Er wird durch G80, oder die Codes der Interpolationsgruppe gelöscht. Für die Schnitttiefe gilt der Massstabierungsbefehl nicht.

Hilfsangabe: E

Dieser Wert bestimmt die Grösse des Werkzeugrückzuges im Zyklus G83.1, bzw. den vor der Zustellung befahrenen Eilgangsweg im G83. Dieser Wert ist immer ein inkrementaler, positiver und rechtwinkliger Wert. Der Wert der Hilfsangabe wird geerbt und durch G80 oder die Codes der Interpolationsgruppe gelöscht. Für die Hilfsangabe gilt der Massstabierungsbefehl nicht. Wird die Hilfsangabe nicht programmiert, nimmt die Steuerung den erforderlichen Wert aus dem Parameter *RETG73* oder *CLEG83*.

Verweilzeit: P

Unter der P-Adresse wird die Verweilzeit im Bohrungsgrund angegeben. Für die Eingabe dieser Zeit gelten die bei G04 besagten Regeln. Der Wert der Verweilzeit ist erblich und er wird durch G80 oder die Codes der Interpolationsgruppe gelöscht.

Vorschub: F

Diese Angabe bestimmt den Vorschub. Dieser Wert ist erblich und er wird nur durch Programmieren einer anderen F-Angabe überschrieben, er wird durch G80 oder einen anderen Code nicht gelöscht.

Spindeldrehzahl: S

Dieser Wert ist erblich. Er wird nur durch Programmieren einer anderen S-Angabe überschrieben. Er wird durch G80 oder einen anderen Code nicht gelöscht.

Wiederholungszahl: L

Dieser Wert bestimmt die Anzahl der Zykluswiederholungen. Der Wertebereich entspricht 1-9999. Ist L mit keinem Wert belegt, nimmt die Steuerung L=1 an. Bei L=0 werden die Zyklusangaben abgespeichert, jedoch nicht abgearbeitet. Der Wert von L ist nur im Satz gültig, in dem er angegeben worden ist.

Beispiel für die erblichen Bohrcodes und Zyklusvariablen:

```
N1 G17 G0 Z_ M3
N2 G81 X_ C_ Z_ R_ F_
```

Am Anfang des Zyklus sind die Bohrangaben (Z, R) verbindlich anzugeben

```
N3 X_
```

Da im Satz N2 sind die Bohrangaben bestimmt und im Satz N3 die selben Angaben erforderlich sind, brauchen sie nicht von neuem anzugeben, d.h. G81, Z_, R_, F_ kann weggelassen werden. Die Bohrungposition ändert sich nur in der X-Richtung, Der Bohrer wird in dieser Richtung verstellt und er bohrt die selbe Bohrung wie im Satz N2.

```
N4 G82 C_ Z_ P_
```

Die Bohrungposition wird in der Y-Richtung verstellt. Der Ablauf des Bohrens entspricht G82. Der Basispunkt nimmt einen neuen Z-Wert an, der Annäherungspunkt und der Vorschub (R, F) werden von dem Satz N2 geerbt.

```
N5 G80 M5
```

Diese Zeile löscht den Zyklusbetrieb un die erblichen Zyklusvariablen mit Ausnahme von F.

```
N6 G85 C_ Z_ R_ P_ M3
```

Da die Bohrangaben im Satz N5 durch die Anweisung G80 gelöscht worden sind, sind die Werte Z, R und P von neuem anzugeben.

```
N7 G0 X_ C_
```

Diese Zeile löscht den Zyklusbetrieb un die erblichen Zyklusvariablen mit Ausnahme von F.

Beispiele für die Anwendung der Zykluswiederholung:

Sind gleiche Bohrungen mit gleichen Parametern in gleichmässigen Abständen herzustellen, kann die Wiederholungszahl unter der L-Adresse angegeben werden. L ist nur in dem Satz wirksam, in dem er angegeben worden ist.

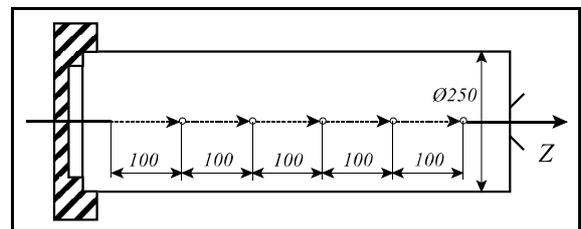
```
N1 G90 G19 G0 X300 Z40 C0 M3
N2 G91 G81 X-40 Z100 R-20 F50 L5
```

Auf die Wirkung dieser Anweisungen bohrt die Steuerung 5 gleiche Bohrungen entlang der Z-Achse in Abständen von 100 mm. Die Position der ersten Bohrung ist Z=140, C=0. Da es um Seitenbohren geht (es wird mit Achse X gebohrt), ist die Ebene G19 zu wählen.

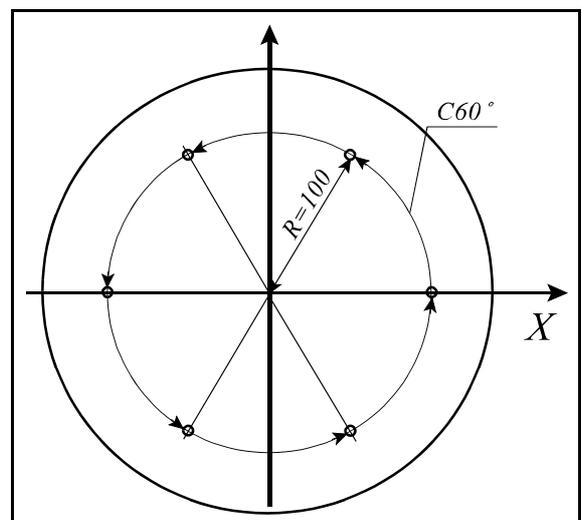
Auf die Wirkung von G91 wurde die Bohrungposition inkremental angegeben.

```
N1 G90 G17 G0 X200 C-60 Z50
N2 G81 C160 Z-40 R3 F50 L6
```

Auf die Wirkung der obigen Anweisungen bohrt die Steuerung 6 Bohrungen je 60 Grad auf einem Lochkreis von 100 mm. Die erste Bohrungposition liegt auf dem Koordinatenpunkt X=200, C=0. Da es um Stirnbohren geht (es wird mit Achse Z gebohrt), ist die Ebene G17 zu wählen.



18-5



18-6

18.1 Ausführliche Beschreibung der Bohrzyklen

18.1.1 Tiefbohrzyklus mit hoher Geschwindigkeit (G83.1)

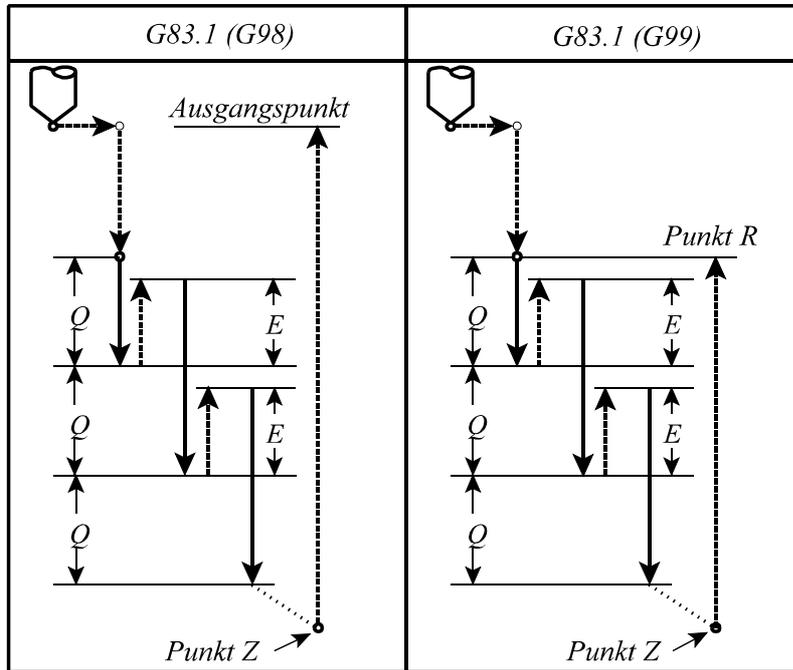


Abb. 18.1.1-1

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G83.1** X_p Y_p C Z_p R Q E F L

G18 **G83.1** Z_p X_p C Y_p R Q E F L

G19 **G83.1** Y_p Z_p C X_p R Q E F L

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: -

Operation 7: bei G99: Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: -

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: -

Beschreibung der Bohroperation 5:

- Die unter Q angegebene Bohrtiefe wird ins Material mit Vorschub eingebohrt,
- Rückzug um den unter E, oder den im Parameter *RETG73* bestimmten Wert im Eilgang,
- berechnet vom tiefsten Punkt des vorangehenden Bohrens wird die Tiefe Q erneut eingebohrt,
- Rückzug um den unter der E-Adresse angegebenen Wert im Eilgang.

Das Verfahren wird bis zum Erreichen des unter der Z-Adresse definierten Basispunktes fortgesetzt.

18.1.2 Bohrzyklus für Linksgewinden (G84.1)

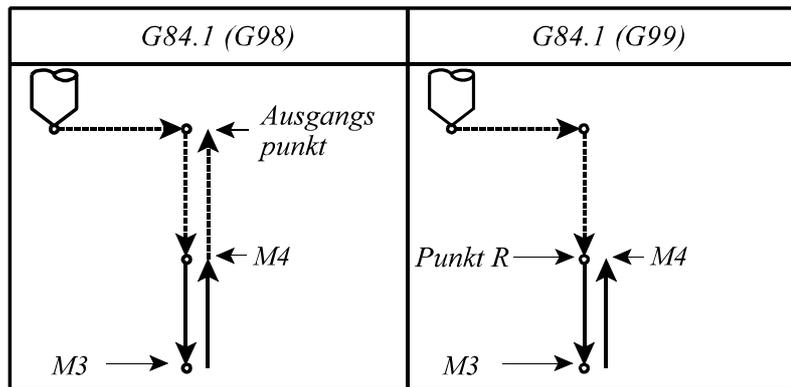


Abb. 18.1.2-1

Dieser Zyklus kann nur beim Einsatz eines Gewindebohrers mit Ausgleichfutter angewandt werden.

Die im Zyklus angewandten Variablen sind:

G17 **G84.1** X_p Y_p C_z Z_p R_z (P_z) F_z L_z

G18 **G84.1** Z_p X_p C_y Y_p R_y (P_y) F_y L_y

G19 **G84.1** Y_p Z_p C_x X_p R_x (P_x) F_x L_x

Vor dem Zyklusstart ist M4 (Spindeldrehung entgegen dem Uhrzeigersinn) einzuschalten bzw. zu programmieren..

Der Vorschub ist entsprechend der Steigung des Gewindebohrers anzugeben:

– Bei G94 (Zeitvorschub im Minutentakt):

$$F=P \cdot S$$

worin P: Gewindesteigung in mm/Umdrehung oder in Zoll/Umdrehung,

S: Spindeldrehzahl in Umdrehung/Minute

– Bei G95 (Umdrehungsvorschub):

$$F=P$$

worin P: Gewindesteigung in mm/Umdrehung oder in Zoll/Umdrehung,

Die Operationen des Zyklus sind:

Operation 1: Positionierung im Eilgang in der angewählten Ebene,

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R,

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Basispunkt mit Vorschub F, Override und Stop gesperrt.

Operation 6: – Verweilen bis unter P angegebenem Wert, wenn der Parameter *TAP-DWELL* freigegeben ist (=1).

– Drehrichtungsumkehr der Spindel: M3

Operation 7: Rückzug bis zum Punkt R mit Vorschub, Override und Stop gesperrt.

Operation 8: Drehrichtungsumkehr der Spindel: M4

Operation 9: Bei G98: Eilgangsrücklauf bis zum Ausgangspunkt.

Operation 10: -

18.1.3 Ausdrehen mit automatischer Werkzeugverstellung (G86.1)

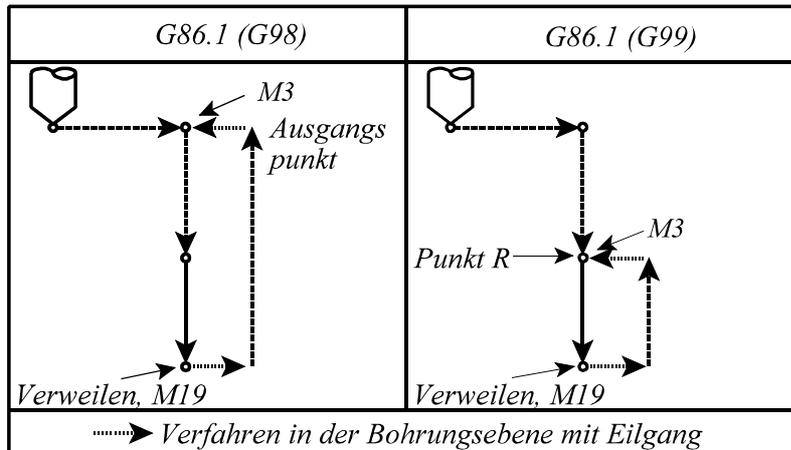


Abb. 18.1.3-1

Der Zyklus G86.1 kann erst angewandt werden, wenn die Spindelorientierung in die Werkzeugmaschine eingebaut ist. Diese Tatsache wird durch den Zustand 1 des Parameterbits *ORIENT1* der Steuerung mitgeteilt. Im Gegenfall wird der Fehlercode 3052 *FEHLER IN G76, G87* angezeigt.

Da die Hauptspindel nach der Ausdrehoperation orientiert wird und das Werkzeug von der Oberfläche um den unter I, J und K angegebenen Wert zurückgestellt wird, wird die Oberfläche beim Werkzeugrückzug nicht zerkratzt.

Die im Zyklus angewandten Variablen sind:

G17 **G86.1** X_p Y_p C I J Z_p R P F L

G18 **G86.1** Z_p X_p C K I Y_p R P F L

G19 **G86.1** Y_p Z_p C J K X_p R P F L

Vor dem Zyklusstart ist der Befehl M3 auszugeben.

Die Operationen des Zyklus sind:

Operation 1: Positionierung im Eilgang in der angewählten Ebene,

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R,

Operation 4: -

Operation 5: Ausdrehen bis zum Basispunkt mit Vorschub F,

Operation 6: – Verweilen bis unter P angegebenem Wert

– Spindelorientierung: M19

– Werkzeugverstellung in der angewählten Ebene im Eilgang um den unter I, J K angegebenen Wert

Operation 7: Bei G99: Rückzug bis zum Punkt R mit Eilgangsgeschwindigkeit

Operation 8: Bei G99:

– Werkzeugrückstellung in der angewählten Ebene um den unter I, J K angegebenen Wert mit Eilgang, in entgegengesetzter Richtung,

– Neustart der Spindel in Richtung M3

Operation 9: Bei G98: Eilgangsrücklauf bis zum Ausgangspunkt.

Operation 10: Bei G98:

– Werkzeugrückstellung in der angewählten Ebene um den unter I, J, K angegebenen Wert mit Eilgang, in entgegengesetzter Richtung,

– Neustart der Spindel in Richtung M3

18.1.4 Ausschalten des Zyklus (G80)

Der Code **G80** schaltet den Zyklus aus und löscht die Zyklusvariablen.

Z und R nehmen einen Inkrementalwert von 0 auf, die anderen Variablen einen Wert von 0.

Werden im G80-Satz Koordinaten ohne andere Anweisungen programmiert, wird der Bewegungsablauf nach dem vor dem Einschalten gültigen Interpolationscode (G-Codegruppe 1, oder Interpolationsgruppe) ausgeführt.

18.1.5 Bohrzyklus, Rückzug im Eilgang (G81)

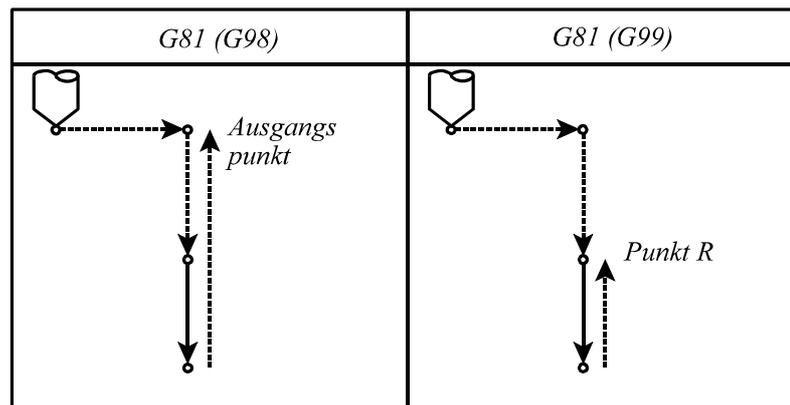


Abb. 18.1.5-1

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G81** X_p Y_p C Z_p R F L

G18 **G81** Z_p X_p C Y_p R F L

G19 **G81** Y_p Z_p C X_p R F L

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: -

Operation 7: bei G99: Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: -

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: -

18.1.6 Bohrzyklus mit Verweilen, Rückzug im Eilgang (G82)

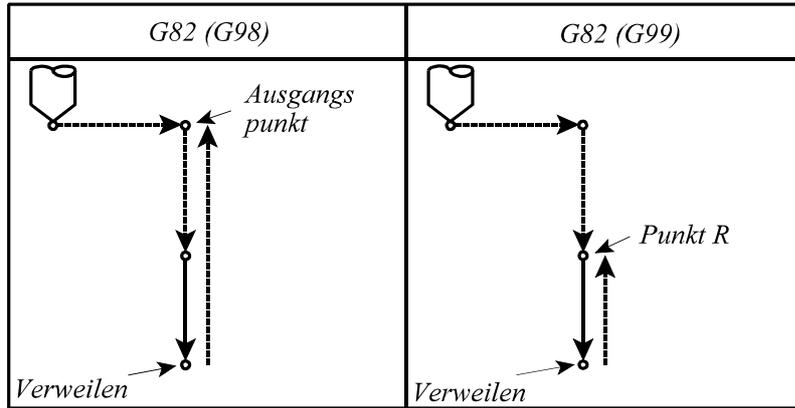


Abb. 18.1.6-1

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G82** X_p Y_p C Z_p R P F L

G18 **G82** Z_p X_p C Y_p R P F L

G19 **G82** Y_p Z_p C X_p R P F L

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: Verweilen bis zur unter P angegebenen Zeit

Operation 7: bei G99: Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: -

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: -

18.1.7 Tiefbohrzyklus (G83)

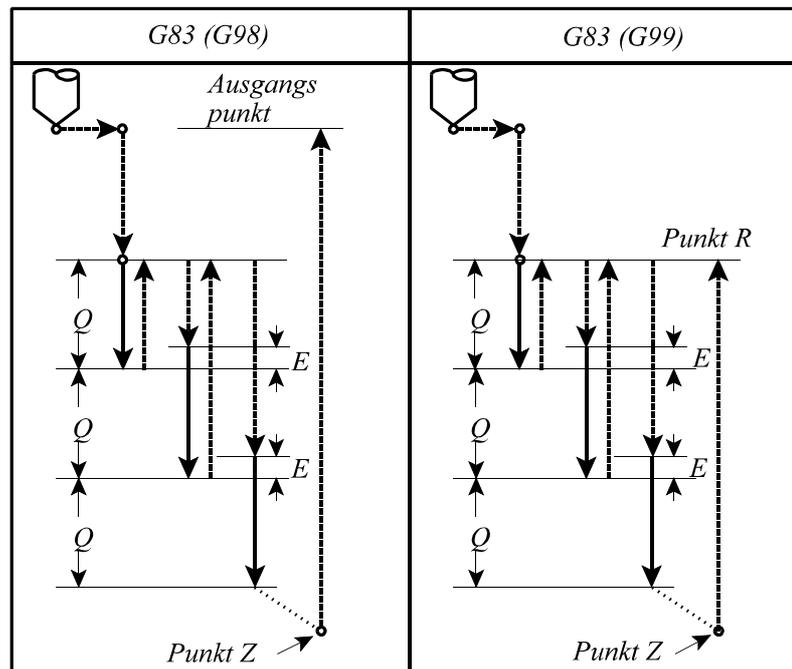


Abb. 18.1.7-1

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G83** X_p Y_p C_z Z_p R_z Q_z E_z F_z L_z

G18 **G83** Z_p X_p C_y Y_p R_z Q_z E_z F_z L_z

G19 **G83** Y_p Z_p C_x X_p R_z Q_z E_z F_z L_z

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: -

Operation 7: bei G99: Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: -

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: -

Beschreibung der Bohroperation 5:

- Die unter Q angegebene Bohrtiefe wird ins Material mit Vorschub eingebohrt.
- Rücklauf im Eilgang bis zum Punkt R.
- Die vorherige Bohrtiefe wird mit dem Abstand im Eilgang E angenähert.
- Die Bohrtiefe Q wird, berechnet von dem Bohrungsgrund der vorherigen Bohrung, mit dem Vorschub F von neuem eingebohrt (Weglänge= E+Q).
- Rücklauf im Eilgang bis zum Punkt R.

Das Verfahren wiederholt sich bis zum Erreichen des unter der Z-Adresse angegebenen Basispunktes.

Diese Länge wird entweder der E-Adresse vom Programm, oder dem Parameter *CLEG83* entnommen.

18.1.8 Gewindebohrzyklus (G84)

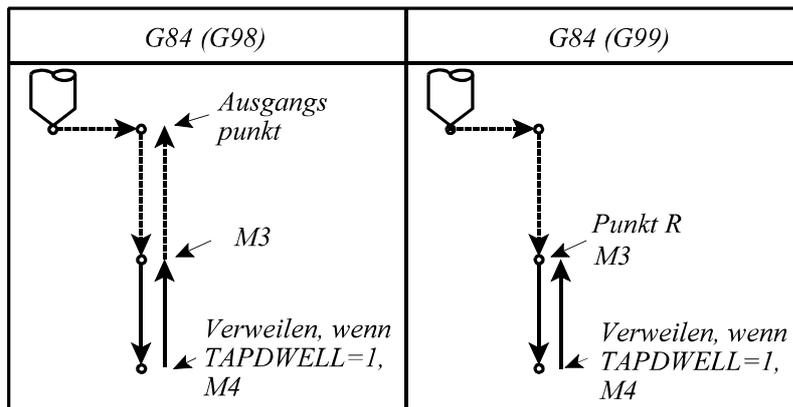


Abb. 18.1.8-1

Der Zyklus kann nur bei Einsatz eines Ausgleichfutters angewandt werden.

Die im Zyklus angewandten Variablen sind:

G17 **G84** X_p Y_p C_z Z_p R_z (P_z) F_z L_z

G18 **G84** Z_p X_p C_y Y_p R_y (P_y) F_y L_y

G19 **G84** Y_p Z_p C_x X_p R_x (P_x) F_x L_x

Vor dem Anlassen des Zyklus ist die Spindeldrehrichtung M3 (Uhrzeigersinn) einzuschalten.

Der Vorschub ist entsprechend der Steigung des Gewindebohrers zu bestimmen:

– Bei G94 (Zeitvorschub im Minutentakt):

$$F=P \cdot S$$

worin P: Gewindesteigung in mm/Umdrehung oder in Zoll/Umdrehung,

S: Spindeldrehzahl in Umdrehung/Minute

– Bei G95 (Umdrehungsvorschub):

$$F=P$$

worin P: Gewindesteigung in mm/Umdrehung oder in Zoll/Umdrehung,

Die Operationen des Zyklus sind:

Operation 1: Positionierung im Eilgang in der angewählten Ebene,

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R,

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Basispunkt mit Vorschub F, Override und Stop gesperrt.

Operation 6: – Verweilen bis unter P angegebenen Wert, wenn der Parameter *TAP-DWELL* freigegeben ist (=1).

– Drehrichtungsumkehr der Spindel: M4

Operation 7: Rückzug bis zum Punkt R mit Vorschub, Override und Stop gesperrt.

Operation 8: Drehrichtungsumkehr der Spindel: M3

Operation 9: Bei G98: Eilgangsrücklauf bis zum Ausgangspunkt.

Operation 10:

18.1.9 Gewindebohrzyklus ohne Ausgleichsfutter (G84.2, G84.3)

Beim Gewindebohren muss der Quotient des Bohrachsenvorschubes und der Spindeldrehzahl mit der Steigung des Gewindebohrers gleich sein. Mit anderen Worten muss der Quotient $P = \frac{F}{S}$ im

Idealfall stets konstant bleiben.

Im Zusammenhang bedeuten:

P: Gewindesteigung (mm/Umdrehung oder Zoll/Umdrehung)

F: Vorschub (mm/min oder Zoll/min)

S: Spindeldrehzahl (Umdrehung/min)

In den Bohrzyklen G74 (Linksgewinde) und G84 (Rechtsgewinde) werden die Spindeldrehzahl und der Bohrachsenvorschub von einander vollkommen unabhängig angesteuert. Die besagte Voraussetzung kann also nicht genau erfüllt werden. Vorallem im Bohrungsgrund ist es so, wo der Vorschub und die Spindeldrehzahl synchron verlangsamt und gestoppt und dann in der entgegengesetzten Richtung beschleunigt werden sollten. Im besagten Fall kann diese Voraussetzung steuerungstechnisch durchaus nicht erfüllt werden. Das Problem kann durch die Anwendung eines gefederten Ausgleichsfutters gelöst werden, das die Schwankungen des Quotienten F/S ausgleicht.

Ganz anders ist das Steuerungsprinzip bei den Gewindebohrzyklen G84.2 und G84.3, bei denen kein Ausgleichsfutter nötig ist, weil die Steuerung dafür sorgt, dass der Quotient F/S konstant bleibt.

Im ersten Fall regelt die Steuerung nur die Spindeldrehzahlen, im zweiten Fall dagegen regelt sie auch die Spindelpositionen. In den Bohrzyklen G84.2, G84.3 werden die Bewegungen der Bohrachse und der Spindel durch eine Geradeninterpolation verbunden. Diese Methode ermöglicht, dass der Quotient F/S auch in den Beschleunigungs- und Bremsphasen konstant bleibt.

G84.2: Bohren von Rechtsgewinden ohne Ausgleichsfutter

G84.3: Bohren von Linksgewinden ohne Ausgleichsfutter

Diese Zyklen können nur bei Maschinen angewandt werden, deren Hauptspindel mit einem Positionsimpulsgeber ausgerüstet ist und der Hauptantrieb an eine Lageregelung zurückgekoppelt werden kann (der Parameter *INDEX1*=1).

Ist es nicht der Fall zeigt die Steuerung die Fehleranzeige 3052 *FEHLER IN G76, G87* beim Aufrufen des Codes an.

Die im Zyklus angewandten Variablen sind:

G17 **G84.** _ X_p_ Y_p_ C_ Z_p_ R_ F_ S_ L_

G18 **G84.** _ Z_p_ X_p_ C_ Y_p_ R_ F_ S_ L_

G19 **G84.** _ Y_p_ Z_p_ C_ X_p_ R_ F_ S_ L_

Am Ende des Zyklus wird die Hauptspindel stillgesetzt. Nötigenfalls muss der Programmierer für das Wiederstarten sorgen.

Der Vorschub und die Spindeldrehzahl ist abhängig von der Gewindesteigung zu bestimmen:

– beim Zeitvorschub im Minutentakt G94: $F = P * S$

worin: P: Gewindesteigung in mm/Umdrehung oder Zoll/Umdrehung

S: Spindeldrehzahl in Umdrehung/min

In diesem Fall sind der Verfahrenweg und der Vorschub entlang der Bohrachse, bzw. der Spindel die folgenden (angenommen, dass die Bohrachse die Z-Achse ist):

Verfahrweg		Vorschub
Z	$z = \text{Abstand zwischen R-Punkt und Basispunkt}$	$F_z = F \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \text{ oder } \frac{\text{inch}}{\text{min}} \right)$
S	$s = \frac{z * S * 360}{F} \text{ (Grad)}$	$F_s = S * 360 \left(\frac{\text{Grad}}{\text{min}} \right)$

– Beim Umdrehungsvorschub G95: $F=P$

worin: P: Gewindesteigung in mm/Umdrehung oder Zoll/Umdrehung. Daraus ist es ersichtlich, dass die Gewindesteigung beim Umdrehungsvorschub (G95) direkt programmiert werden kann, aber das Programmieren von S ist zur Bestimmung der Vorschübe auch erforderlich.

In diesem Fall sind der Verfahrweg und der Vorschub entlang der Bohrachse, bzw. der Spindel die folgenden (angenommen, dass die Bohrachse die Z-Achse ist):

Verfahrweg		Vorschub
Z	$z = \text{Abstand zwischen R-Punkt und Basispunkt}$	$F_z = F * S \left(\frac{\text{mm}}{\text{min}} \text{ oder } \frac{\text{inch}}{\text{min}} \right)$
S	$s = \frac{z * 360}{F} \text{ (Grad)}$	$F_s = S * 360 \left(\frac{\text{Grad}}{\text{min}} \right)$

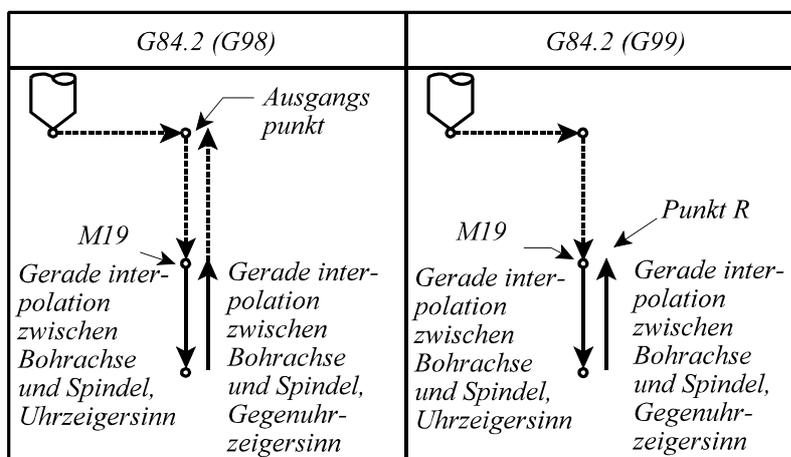


Abb. 18.1.9-1

Die Operationen des Zyklus G84.2 sind:

- Operation 1: Positionierung im Eilgang in der angewählten Ebene,
- Operation 2: -
- Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R,
- Operation 4: Spindelorientierung: M19
- Operation 5: Geradeninterpolation zwischen der Bohrachse und der Spindel im Uhrzeigersinn (+),
- Operation 6: -
- Operation 7: Geradeninterpolation zwischen der Bohrachse und der Spindel im Gegenuhrzeigersinn (-), Override und Stop gesperrt.

- Operation 8: -
 Operation 9: Bei G98: Eilgangsrücklauf bis zum Ausgangspunkt.
 Operation 10: -

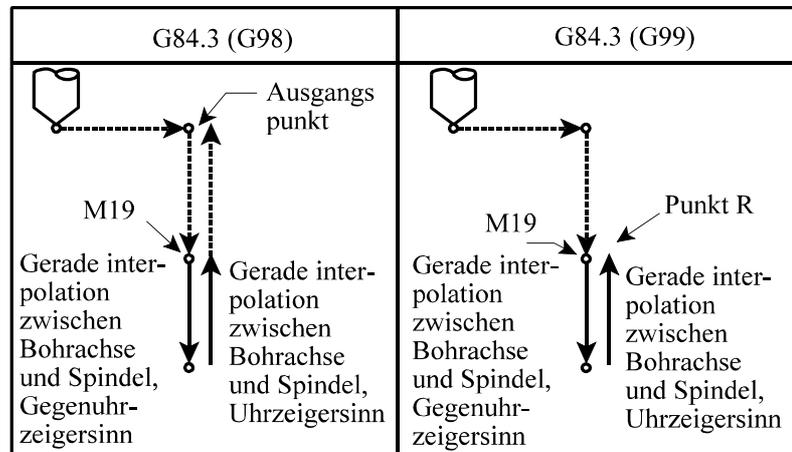


Abb. 18.1.9-2

Die Operationen des Zyklus G84.3 sind:

- Operation 1: Positionierung im Eilgang in der angewählten Ebene,
 Operation 2: -
 Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R,
 Operation 4: Spindelorientierung: M19
 Operation 5: Geradeninterpolation zwischen der Bohrachse und der Spindel im Gegenuhrzeigersinn (-)
 Operation 6: -
 Operation 7: Geradeninterpolation zwischen der Bohrachse und der Spindel im Uhrzeigersinn (-), Override und Stop gesperrt.
 Operation 8: -
 Operation 9: Bei G98: Eilgangsrücklauf bis zum Ausgangspunkt.
 Operation 10: -

18.1.10 Bohrzyklus, Rückzug mit Vorschub (G85)

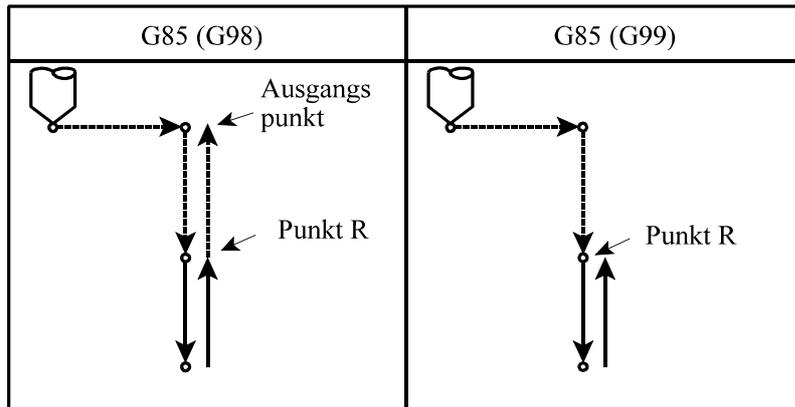


Abb. 18.1.10-1

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G85** X_p Y_p C Z_p R F L

G18 **G85** Z_p X_p C Y_p R F L

G19 **G85** Y_p Z_p C X_p R F L

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: -

Operation 7: Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: -

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: -

18.1.11 Bohrzyklus, Eilangsrückzug bei stillstehender Spindel (G86)

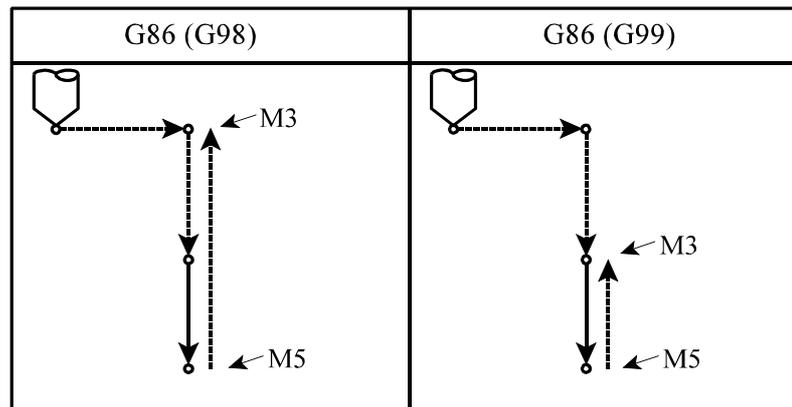


Abb. 18.1.11-1

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G86** X_p Y_p C Z_p R F L

G18 **G86** Z_p X_p C Y_p R F L

G19 **G86** Y_p Z_p C X_p R F L

Beim Zyklusstart ist die Spindeldrehrichtung M3 einzugeben.

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: Stillsetzen der Spindel: M5

Operation 7: bei G99: Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: bei G99: Wiederstarten der Spindel: M3

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: bei G98: Wiederstarten der Spindel: M3

18.1.12 Bohrzyklus, Handbedienung im Bohrungsgrund/Ausdrehen rückwärts mit automatischer Werkzeugrückstellung (G87)

Die Steuerung führt den Zyklus auf zwei Arten durch:

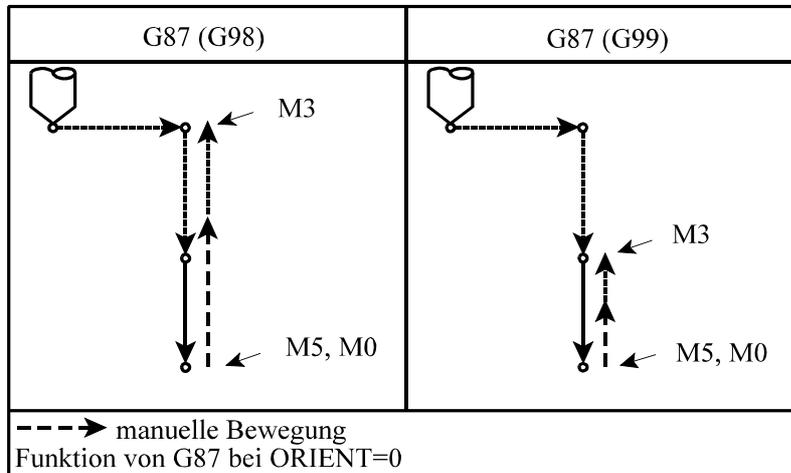


Abb. 18.1.12-1

A. Bohrzyklus, Handbedienung im Bohrungsgrund

Ist die Möglichkeit der Spindelorientierung in der Maschine nicht ausgebaut (Parameter *ORIENTI* = 0), arbeitet die Steuerung nach dem Fall A.

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G87** X_p Y_p C_z Z_p R_z F_z L_z

G18 **G87** Z_p X_p C_y Y_p R_y F_y L_y

G19 **G87** Y_p Z_p C_x X_p R_x F_x L_x

Beim Starten des Zyklus ist die Spindeldrehrichtung M3 einzugeben.

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: – Stillsetzen der Spindel: M5

– Die Steuerung tritt in den Stopzustand M0, nach Eintritt in einen der Handbedienungsbetriebe (BEWEGUNG, SCHRITT, HANDRAD) kann der Bediener die Maschine manuell bedienen. D.h.: der Bediener kann die Werkzeugspitze von der Oberfläche der Bohrung wegziehen und das Werkzeug aus der Bohrung hinausziehen. Nach Rücktritt in den AUTOMATIKBETRIEB wird die Bearbeitung dann auf Start fortgesetzt.

Operation 7: bei G99: nach START Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: bei G99: erneuter Spindelstart: M3

Operation 9: bei G98: nach START Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: bei G98: erneuter Spindelstart: M3

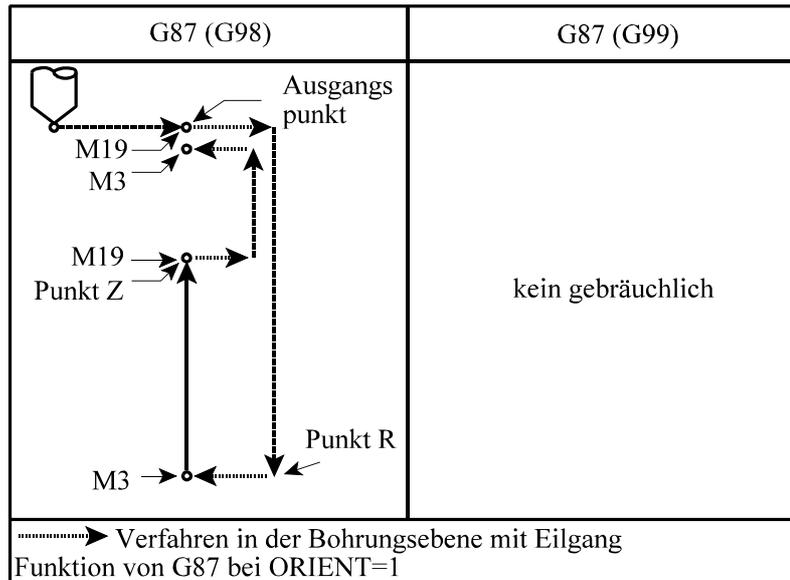


Abb. 18.1.12-2

B. Ausdrehen rückwärts mit automatischer Werkzeugrückstellung

Ist die Möglichkeit der Spindelorientierung in der Maschine eingebaut (Parameter *ORIENT1* = 1), arbeitet die Steuerung nach dem Fall B.

Die im Zyklus angewandten Zyklusvariablen sind:

G17 **G87** X_p Y_p C I J Z_p R F L_z

G18 **G87** Z_p X_p C K I Y_p R F L_z

G19 **G87** Y_p Z_p C J K X_p R F L_z

Beim Starten des Zyklus ist die Spindeldrehrichtung M3 einzugeben.

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: – Spindelorientierung

– Werkzeugverstellung in der angewählten Ebene um den Wert I, J, K im Eilgang

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

– Wiederstarten der Spindel in der Richtung M3

Operation 5: Ausdrehen bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: – Spindelorientierung: M19

– Werkzeugverstellung in der angewählten Ebene um den Wert I, J, K im Eilgang

Operation 7: -

Operation 8: -

Operation 9: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: – entgegengerichteter Werkzeugrückzug in der angewählten Ebene im Eilgang um den Wert I, J, bzw. K

– erneuter Spindelstart: M3

Aus dem Zyklus folgt, dass der Annäherungspunkt R tiefer als der Bohrungsgrund liegt. Diese Tatsache muss beim Programmieren der Bohrachse und der R-Adressen in Betracht gezogen

werden.

Da die Spindel orientiert wird und das Werkzeug vor dem Ausdrehen um den Wert I, J, bzw. K zurückgenommen wird, kann ein Werkzeugbruch vor dem Einfahren vermieden werden.

18.1.13 Bohrzyklus, Handbedienung nach einer Verweilzeit im Bohrungsgrund (G88)

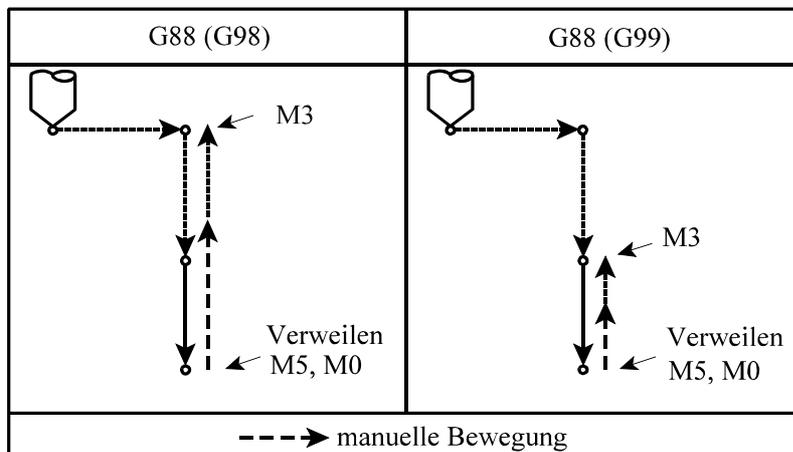


Abb. 18.1.13-1

Die im Zyklus angewandten Variablen sind:

G17 **G88** X_p Y_p C Z_p R P F L

G18 **G88** Z_p X_p C Y_p R P F L

G19 **G88** Y_p Z_p C X_p R P F L

Beim Starten des Zyklus ist die Spindeldrehrichtung M3 einzugeben.

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: – Verweilen gemäss dem Wert P

– Stillsetzen der Spindel: M5

– Die Steuerung tritt in den Stopzustand M0, nach Eintritt in einen der Handbedienungsbetriebe (BEWEGUNG, SCHRITT, HANDRAD) kann der Bediener die Maschine manuell bedienen. D.h.: der Bediener kann die Werkzeugspitze von der Oberfläche der Bohrung wegziehen und das Werkzeug aus der Bohrung hinausziehen. Nach Rücktritt in den AUTOMATIKBETRIEB wird die Bearbeitung dann auf Start fortgesetzt.

Operation 7: bei G99: nach START Rückzug bis zum Punkt R im Eilgang

Operation 8: bei G99: erneuter Spindelstart: M3

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: bei G98: erneuter Spindelstart: M3

Der Zyklus ist gleich wie der Fall A bei G87, nur erfolgt eine Verweilzeit vor dem Stillsetzen der Spindel.

18.1.14 Bohrzyklus mit Verweilen im Bohrungsgrund, Rückzug mit Vorschub (G89)

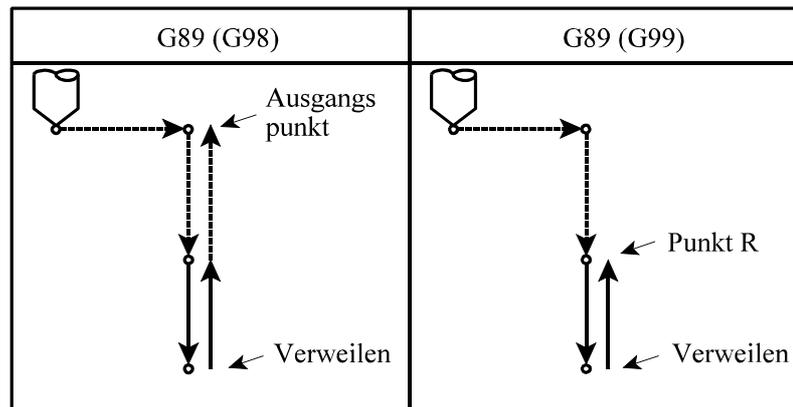


Abb. 18.1.14-1

Die im Zyklus angewandten Variablen sind:

G17 **G89** X_p Y_p C Z_p R P F L_z

G18 **G89** Z_p X_p C Y_p R P F L_z

G19 **G89** Y_p Z_p C X_p R P F L_z

Operationen des Zyklus:

Operation 1: Positionierung in der angewählten Ebene im Eilgang

Operation 2: -

Operation 3: Eilgangsbewegung bis zum Annäherungspunkt R

Operation 4: -

Operation 5: Bohren bis zum Bohrungsgrund mit Vorschub F

Operation 6: Verweilen mit dem unter P bestimmten Wert

Operation 7: Rückzug bis zum Punkt R mit Vorschub F

Operation 8: -

Operation 9: bei G98: Rückzug bis zum Ausgangspunkt im Eilgang

Operation 10: -

Mit Ausnahme der Verweilzeit ist der Zyklus gleich wie G85.

18.2 Anmerkungen zur Anwendung der Bohrzyklen

- Wenn in der Betriebsart Zyklus ein Satz ohne G-Code eine der Adressen X_p, Y_p, Z_p, C oder R enthält, wird der Bohrzyklus durchgeführt. Ohne diese Voraussetzung wird der Bohrzyklus nicht durchgeführt.
- Nach der Programmierung des Verweilsatzes G04 P in der Betriebsart Zyklus wird der Befehl gemäss dem programmierten P ausgeführt, die auf das Verweilen bezogene Zyklusvariable wird jedoch **nicht** gelöscht und **nicht** überschrieben.
- Die Werte für I, J, K, Q, E, P sind in einem Satz einzugeben, in dem das Bohren erfolgt, sonst werden diese Werte **nicht** abgespeichert.

Die besagten sollen durch das folgende Beispiel verdeutlicht werden:

G81	X_ C_ Z_ R_ F	(Der Bohrzyklus wird durchgeführt.)
	X_	(Der Bohrzyklus wird durchgeführt.)
	F_	(Der Bohrzyklus wird nicht ausgeführt, F wird überschrieben)
	M_	(Der Bohrzyklus wird nicht durchgeführt, der M-Code wird abgearbeitet.)
G4	P_	(Der Bohrzyklus wird nicht durchgeführt, das Verweilen wird realisiert, die Zyklusvariable des Verweilens wird nicht überschrieben.)
	I_ Q_	(Der Bohrzyklus wird nicht ausgeführt, die programmierten Werte werden als Zyklusvariablen nicht registriert.)

- Wird eine Funktion neben einem Bohrzyklus programmiert, wird die Funktion am Ende der ersten Operation, nach Beenden der Positionierung durchgeführt. Wurde im Zyklus auch L programmiert, wird die Funktion nur im ersten Umlauf durchgeführt.
- Im satzweisen Betrieb hält die Steuerung nach den Operationen 1, 3 und 10 innerhalb des Zyklus.
- In den Operationen 5, 6 und 7 der Zyklen G74, G84 ist die STOP-Taste unwirksam. Wird die STOP-Taste während dieser Operationen angedrückt, arbeitet die Steuerung weiter und hält erst am Ende der Operation 7 an.
- In den Operationen 5, 6 und 7 der Zyklen G84.1, G84, G84.2, G84.3 sind die Vorschub- und die Drehzahlkorrektur unabhängig von der Stellung der Korrekturschalter immer 100%.
- Wird in einem Zyklussatz Tnnmm programmiert, wird die neue Längenkorrektur sowohl bei der Positionierung in der Ebene als auch beim Bohren berücksichtigt.

19 Das Vieleckdrehen

Beim Vieleckdrehen wird das Werkzeug und das Werkstück im Vergleich zueinander mit einem bestimmten Drehzahlverhältnis gedreht. Wenn das Drehzahlverhältnis und die Zahl der Schnittkanten des umlaufenden Werkzeugs gewechselt wird, ergibt sich Vieleck mit verschiedener Seitenzahl. Das Produkt des Drehzahlverhältnis und der Zahl der Schnittkanten bestimmt die Seitenzahl des erhaltenen Vielecks. Wenn z.B. das Drehzahlverhältnis des Werkzeugs und des Werkstücks 2:1 ist und die Zahl der Schnittkanten des umlaufenden Werkzeugs 2 ist, kann Viereck, wenn die Zahl der Schnittkanten 3 ist, kann Sechseck gedreht werden. So kann z.B. Sechsfachkopfschraube oder Sechskantmutter einfach gedreht werden. Die Bearbeitung auf diese Weise ist viel schneller, als das Vieleck durch die Anwendung der Polarkoordinaten-Interpolation zu fräsen, die erhaltenen Seitenflächen sind aber nicht genau Ebenen.

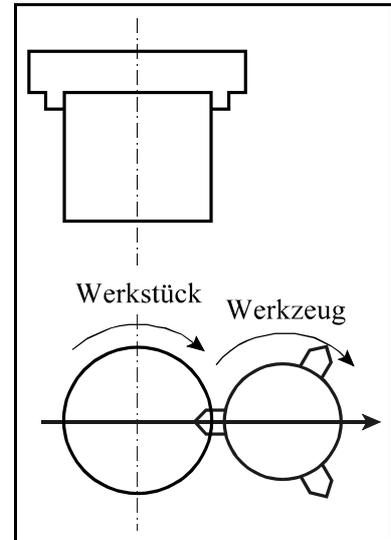


Abb. 19-1

19.1 Wirkungsweise des Vieleckdrehens

Die Wirkungsweise des Vieleckdrehens wird im Folgenden mitgeteilt.

Die Drehachse des Werkstücks soll auf der Koordinate $X=0, Y=0$ sein.

Die Drehachse des Werkzeugs soll der Punkt P_0 sein, dessen Koordinaten: $X=A, Y=0$ sind, d.h. der Abstand der Drehachse des Werkzeugs von der Drehachse des Werkstücks A ist.

Der Radius des umlaufenden Werkzeugs soll B sein. Die Spitze des Werkzeugs soll durch P_t gezeichnet werden. Die Koordinate der Werkzeugspitze ist $X=A-B; Y=0$ im Moment $t=0$.

Die Winkelgeschwindigkeit des Umlaufs des Werkstücks soll α , die des Umlaufs des Werkzeugs soll β sein.

Die Koordinaten der Werkzeugspitze $P_t(x_t; y_t)$ werden im Zeitpunkt t das Folgende sein:

$$x_t = A \cos \alpha t - B \cos(\beta - \alpha)t$$

$$y_t = A \sin \alpha t + B \sin(\beta - \alpha)t$$

Aufgenommen, dass das Drehzahlverhältnis des Werkzeugs und des Werkstücks 2:1 ist, dann ist $\beta=2\alpha$. In die obige Gleichung ist einzusetzen:

$$x_t = A \cos \alpha t - B \cos \alpha t = (A - B) \cos \alpha t$$

$$y_t = A \sin \alpha t + B \sin \alpha t = (A + B) \sin \alpha t$$

Die obigen Gleichungen sind die Gleichungen einer Ellipse, deren grosse Achse die Länge $A+B$ und deren kleine Achse die Länge $A-B$ hat.

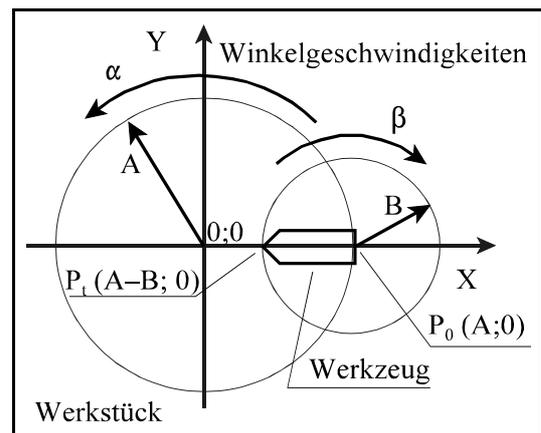


Abb. 19.1-1

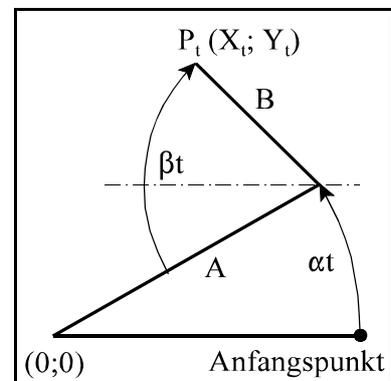


Abb. 19.1-2

Wenn die Werkzeuge symmetrisch im Vergleich zueinander in 180° stehen, kann Viereck, wenn in 120° , kann Sechseck gedreht werden, aufgenommen, dass das Drehzahlverhältnis des Werkzeugs und des Werkstückes 2:1 ist.

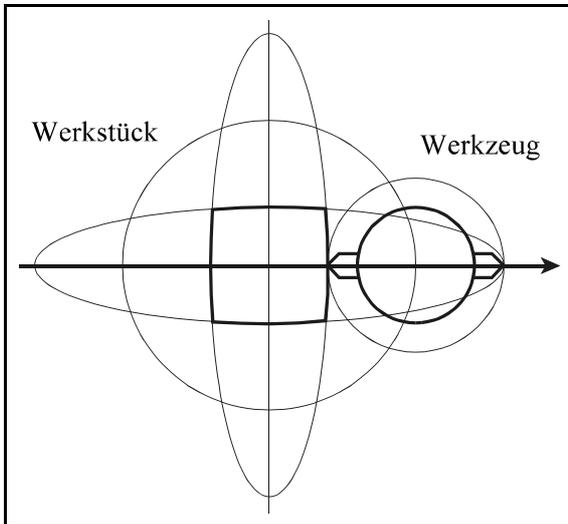


Abb. 19.1-3

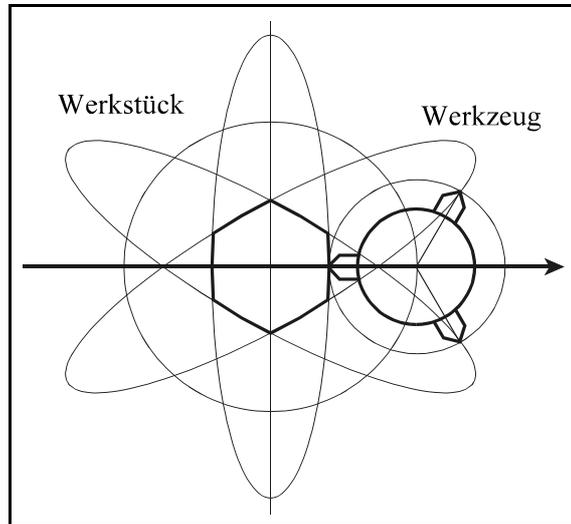


Abb. 19.1-4

Mit anderen Drehzahlverhältnissen werden die entstandenen Kurven keine Ellipse sein, mit denen können aber die Seiten der Vielecke eventuell gut angenähert werden.

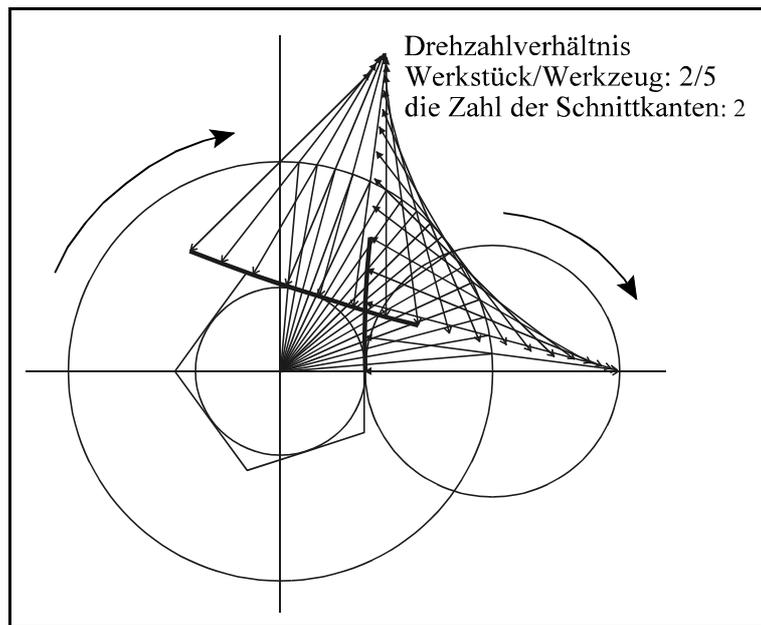


Abb. 19.1-5

19.2 Programmieren des Vieleckdrehens (G51.2, G50.2)

Die Anweisung

G51.2 P_ Q_

schaltet die Funktion Vieleckdrehen ein. Unter den Adressen P und Q kann das Drehzahlverhältnis des Werkstücks zum Werkzeug eingestellt werden. Wenn z.B. das Werkstück und das Werkzeug im Verhältnis 1:2 umlaufen soll, ist G51.2 P1 Q2 zu programmieren. Der Wertebereich der

Adressen P und Q:

$$P = 1 \dots 127$$

$$Q = -127 \dots +127$$

Unter der Adresse Q kann auch negative Zahl angegeben werden, dann wird die Drehrichtung der Werkzeugspindel entgegengesetzt sein.

Die Anweisung

G50.2

schaltet das Vieleckdrehen aus.

Die Anweisung G51.2 und G50.2 ist immer im separaten Satz anzugeben.

Zur Durchführung der Funktion Vieleckdrehen soll auch die zweite Spindel, die fähig ist, das Werkzeug zu drehen, an der Werkzeugmaschine zustandegebracht werden. Beide Spindel, sowohl die Werkstückspindel, als auch die Werkzeugspindel sind mit Inkrementalgeber auszurüsten. Wenn die Funktion eingeschaltet wird, quirlt NC die Werkzeugspindel zur Drehung, die sich aus dem für die Werkstückspindel programmierten Wert (Adresse S) und aus dem unter der Adresse P, Q programmierten Wert ergibt: $n_{\text{Werkzeugspindel}} = S \cdot (Q/P)$. Dann werden die Nullimpulse der zwei Inkrementalgeber synchronisiert. Dann wird die Werkzeugspindel aufgrund der Verdrehung vom Inkrementalgeber der Werkstückspindel gemäss dem programmierten Verhältnis Q/P gedreht. Die Wirkung des Synchronisierens ist ähnlich, wie die Wirkung des Nullimpulses der Spindel beim Gewindeschneiden. Bis das Werkstück aus dem Futter nicht ausgenommen wird und das Schlagmesser in der Werkzeugspindel in derselben Winkelposition gelassen wird, bleibt die Bewegung des Werkstücks und des Werkzeugs synchron, es kann auf derselben Fläche mehrmals durchlaufen, z.B. zum Zwecke Schruppens oder Schlichtens. Das Synchronisieren kann auch durch die Anweisung G50.2 ausgeschaltet werden, dann kann es nach dessen erneutem Einschalten auf der Fläche des vorherig gedrehten Vielecks ebenso durchlaufen, aufgenommen, dass das programmierte Drehzahlverhältnis dasgleiche ist, wie vorherig.

⚠ Achtung!

Im Laufe der Programmierung des Vieleckdrehens ist zu beachten, dass die für die Werkzeugspindel erhaltene Drehzahl $n_{\text{Werkzeugspindel}} = S \cdot (Q/P)$ die dafür zugelassene maximale Drehzahl nie überschreiten darf.

Der Synchronlauf wird durch

- Notstopp,
 - Servokreisfehler
- ausgeschaltet.

Musterbeispiel

G0 X120 Z5 T505	
S1000 M3	(Andrehen der Werkstückspindel 1000 Drehung/Minute)
G51.2 P1 Q2	(Einschalten des Vieleckdrehens, Drehung der Werkzeugspindel 2000 Drehung/Minute)
G0 X100	(Zustellung in Richtung X)
G1 Z-50 F0.01	(Drehen)
G4 P2	(Warten)
G0 X120	(Ausheben in X)
G50.2	(Ausschalten des Vielecksdrehens)

20 Messfunktionen

20.1 Messen beim Löschen des Restweges (G31)

Auf die Wirkung der Anweisung

G31 v (F) (P)

beginnt die Bewegung mit einer Geradeninterpolation zur Koordinate v. Die Bewegung dauert solange, bis ein externes Löschsingal (z.B. Signal von einem Messfühler) kommt, oder die Endposition mit der Koordinate v erreicht wird. Nach dem Signaleingang wird die Bewegung gebremst und gestoppt.

Die Steuerung hat 4 verschiedene Löschsingaleingänge. Man kann unter der Adresse P angeben, welches der 4 Signale während der Durchführung zu beachten ist:

P0: Löschsingal 1

P1: Löschsingal 2

P2: Löschsingal 3

P3: Löschsingal 4 .

Wenn Adresse P nicht angegeben wird, beachtet die Steuerung das Löschsingal 1. Der Befehl G31 wird nicht überliefert, er gilt nur in dem Satz, in dem er programmiert wurde. Wird in der Anweisung G31 ein Syntaxfehler gefunden, wird Fehlercode 3051 G22, G28, ... G31, G37 angezeigt.

Die Geschwindigkeit der Bewegung ist:

- der eingegebene oder geerbte F-Wert, wenn der Parameter *SKIPF*=0 ist;
- die im Parameter *G31FD* enthaltene Vorschubgeschwindigkeit, wenn der Parameter *SKIPF* = 1.

Im Moment des Signaleingangs werden die Achspositionen in den folgenden Systemvariablen abgespeichert:

#5061.....Position der Achse 1

#5062.....Position der Achse 2

.

.

#5068.....Position der Achse 8

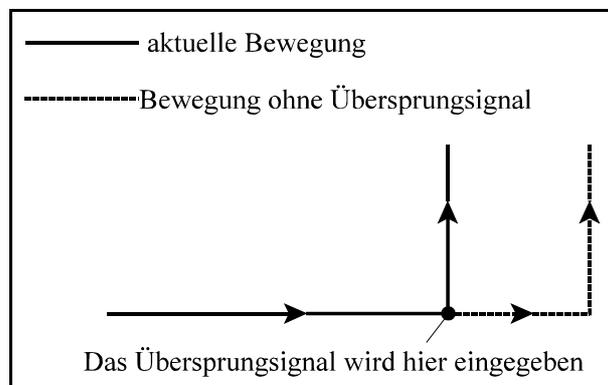


Abb. 20.1-1

Eine so abgespeicherte Position ist

- die beim Anstehen des Signals festgesetzte Position, wenn ein externes Signal angekommen war;
- die Endpunktposition des Satzes G31, wenn kein externes Signal angekommen ist;
- immer im aktuellen Werkstück-Koordinatensystem,
- mit Inbetrachtung der aktuellen Längenkorrektur zu verstehen.

Nach dem Eingang des externen Signals wird die Bewegung durch lineare Bremsung gestoppt. Die Endposition des Satzes G31 weicht in Abhängigkeit des im Satz angewandten Vorschubs von den Positionen ab, die beim Signaleingang in den Variablen #5061... abgespeichert wurden. Die Satzendpositionen sind in den Variablen #5001... zu finden. Der nächste Bewegungssatz wird ab diesen Endpositionen durchgeführt.

Die Satzbearbeitung ist nur im Zustand G40 möglich. Wird G31 im Zustand G41 oder G42 programmiert, wird die Fehleranzeige *3054 G31 IMFALSCHEN ZUSTAND* ausgelöst. Genauso wird dieser Fehlercode angezeigt, wenn die Zustände G95, G51, G51.1, G68 oder G16 gültig sind. Der für die v-Koordinate eingegebene Wert kann absolut oder inkremental sein. Ist die Koordinatenangabe für den nächstfolgenden Wegbefehl inkremental, wird der Verfahrenweg von dem Punkt des G31-Satzes an berechnet, in dem die Bewegung in dem vorangehenden Satz aufgehört hat. Beispielsweise:

```
N1 G31 G91 Z100
N2 X100 Z30
```

Im Satz N1 wird eine inkrementale Bewegung in der Richtung Z in Gang gesetzt. Steht das externe Signal nach Befahren eines Verfahrensweges bei $Z=86.7$ an, wird ein Inkrementalwert von 100 in Richtung X und 30 in Richtung Z, berechnet von diesem Punkt an, im Satz N2 zurückgelegt.

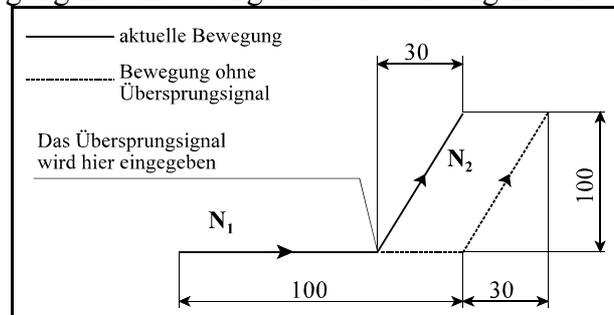


Abb. 20.1-2

Beim Programmieren einer absoluten Dateneingabe gestaltet sich der Bewegungsablauf wie folgt:

```
N1 G31 G90 Z200
N2 X200 Z300
```

Im Satz N1 wird eine Bewegung in der Z-Richtung bis zum Koordinatenpunkt $Z=200$ gestartet. Steht die Steuerung nach dem externen Signal im Koordinatenpunkt $Z=167$ an, wird der Verfahrenweg im Satz N2 $Z=300-167$, also $Z=133$ mm sein.

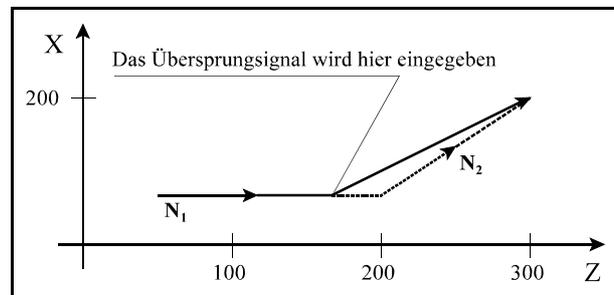


Abb. 20.1-3

20.2 Automatische Werkzeuglängenmessung (G36, G37)

Auf die Wirkung der Anweisung

G36 X__,
G37 Z__

beginnt die Bewegung mit Eilgangsgeschwindigkeit gemäss Koordinate X bei G36 und gemäss Koordinate Z bei G37 in der angegebenen Richtung. Die Werte X, Z werden immer als absolute Angaben interpretiert.

Die Bewegung läuft bis zur Position X - *RAPDISTX* bzw. Z - *RAPDISTZ* im Eilgang, wobei *RAPDISTX* und *RAPDISTZ* in Parametern eingestellte Werte sind.

Dann setzt sich die Bewegung mit einer im Parameter *G37FD* eingestellten Vorschubgeschwindigkeit fort, solange das Abtastsignal nicht ansteht, bzw. die Steuerung keinen Fehler anzeigt. Die Fehlermeldung *3103 AUSSER BEREICH* erfolgt, wenn das Abtastsignal ausserhalb der Radiusbereiche *ALADISTX*, *ALADISTZ* der unter der X- oder Z-Adresse programmierten Position (erwartete Messposition) ansteht.

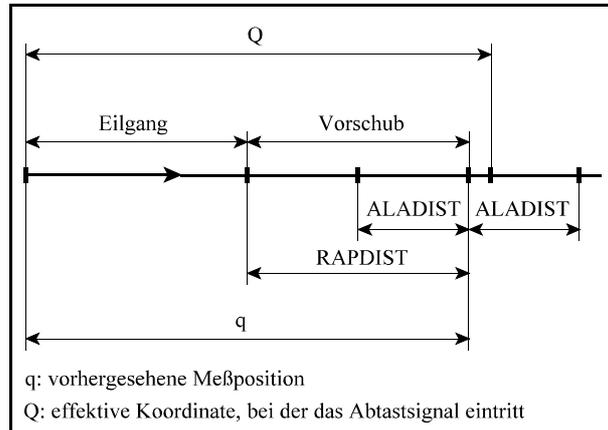


Abb. 20.2-1

Ist die Messung erfolgreich und steht das Abtastsignal im Koordinatenpunkt Q an,

- addiert die Steuerung die Differenz $Q-q$ (wenn Parameter *ADD=1*) dem Verschleißwert des aktuellen Korrekturregisters, oder
- zieht die Differenz vom Verschleißwert des aktuellen Korrekturregisters (wenn Parameter *ADD=0*) ab.

Vor dem Beginn der Messung ist der entsprechende Korrekturwert durch den Befehl *Tnnmm* abzurufen.

- Die Anweisungen G36, G37 sind von einmaliger Wirkung.
- Die Zyklen G36, G37 werden immer im aktuellen Werkstück-Koordinatensystem durchgeführt.
- Die Parameter *RAPDIST* und *ALADIST* sind immer positive Werte. Für beide Parameter muss die folgende Bedingung erfüllt werden: $RAPDIST > ALADIST$.
- Beim Vorliegen eines Syntaxfehlers wird der Fehlercode *3051 G22, G28, ... G31, G37* angezeigt.
- Der Korrekturwechsel (*Tnnmm*) kann in den Sätzen G36, G37 angegeben werden, sonst kommt es zur Fehleranzeige *3055 G31 IN INKORREKTEM ZUSTAND*.
- Derselbe Fehler wird angezeigt, wenn die Zustände G51, G51.1, G68 bestehen.

Die während der Durchführung der Funktionen G36, G37 vorkommenden Fehleranzeigen sind:

- *3103 AUSSER BEREICH*, wenn das Abtastsignal innerhalb der Radiusbereiche *ALADISTX* bzw. *ALADISTZ* der in den Sätzen G36, G37 programmierten Endpositionen nicht ansteht.

21 Sicherheitsfunktionen

21.1 Programmierbare Arbeitsraumabgrenzung (G22, G23)

Die Anweisung

G22 X Y Z I J K P

schaltet die Überwachung der Arbeitsraumabgrenzung ein. Durch diese Anweisung können die Verfahrenswege der Achsen abbegrenzt werden. Bedeutungen der Adressen der Anweisung:

- X: positive Grenze in der X-Achse
- I: negative Grenze in der X-Achse
- Y: positive Grenze in der Y-Achse
- J: negative Grenze in der Y-Achse
- Z: positive Grenze in der Z-Achse
- K: negative Grenze in der Z-Achse

Für die angegebenen Daten müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

$$X \geq I, Y \geq J, Z \geq K$$

Unter dieser Adresse kann bestimmt werden, ob der abgegrenzte Raum von aussen oder von innen gesperrt ist.

Bei P=0 ist der bestimmte Raum innen gesperrt.

Bei P=1 ist der bestimmte Raum aussen gesperrt.

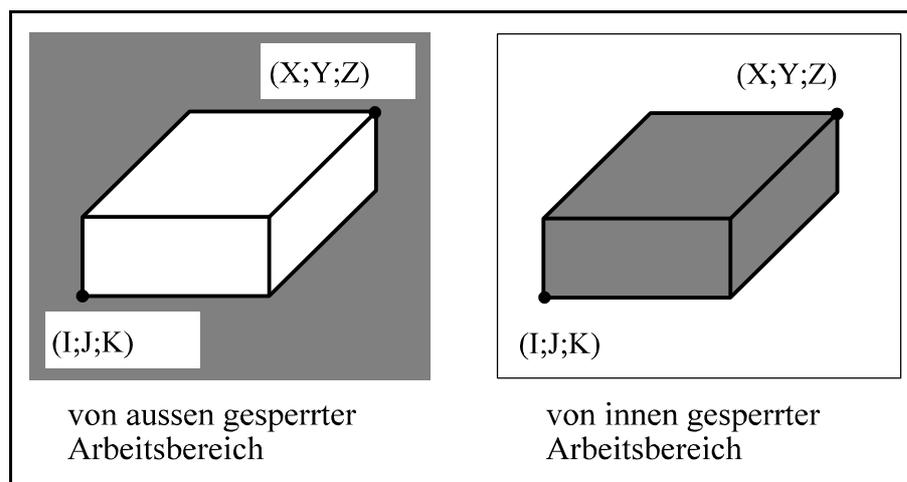


Abb. 21.1-1

Die Anweisung

G23

schaltet die Arbeitsraumüberwachung aus.

Die Anweisungen G22, G23 überschreiben die entsprechenden Elemente des Parameterfeldes unmittelbar.

Die Anweisung G22 setzt den Parameter *STRKEN* auf 1, die Anweisung G23 setzt ihn auf 0.

Die Anweisung G22 P0 setzt den Parameter *EXTER* auf 0, G22 P1 setzt ihn auf 1.

Die Koordinaten X, Y, Z in der Anweisung G22 überschreiben die den entsprechenden Achsen gehörigen Parameter *LIMP2n*, die Koordinaten I, J, K überschreiben die den entsprechenden Achsen gehörenden Parameter *LIMPN2n*.

Bevor die Koordinaten in der Anweisung G22 in die entsprechenden Parameter eingeschrieben

werden, werden ins Maschinen-Koordinatensystem so umberechnet, dass sie gleichzeitig auch die eingeschalteten Korrekturverschiebungen enthalten. Wurde z.B. die Längenkorrektur für die Z-Richtung beim Definieren der G22-Anweisung eingeschaltet, begrenzen die für diese Achse angegebenen abgrenzenden Koordinatenangaben die Verfahrwege so ab, dass die Werkzeugspitze diese Grenzen nicht überschreiten kann. Ist die Korrektur nicht eingeschaltet, kann der Bezugspunkt des Werkzeughalters ins Innere der gesperrten Zone nicht einfahren. Die Grenze der gesperrten Zone in der Koordinate, die in der Längsachse des Werkzeuges liegt, ist zweckmässigerweise für das längste Werkzeug einzustellen.

- Eine Arbeitsraumabgrenzung kann nur für die Hauptachsen angegeben werden.
- Die Anweisungen G22, G23 sind in selbständigen Sätzen anzugeben.
- Die Arbeitsraumabgrenzung ist erst nach Einschalten der Maschine und Aufnahme des Referenzpunktes wirksam.
- Wenn das Werkzeug nach erfolgter Referenzpunktaufnahme, oder auf die Wirkung des Programmierens von G22 in den gesperrten Arbeitsraum hineinfährt und die Zone von innen gesperrt ist, muss die Sperre durch Programmieren von G23 in Handbetrieb freigegeben werden. Das Werkzeug muss in traditioneller Weise aus dem Raum gebracht werden. Zum Schluss ist die Arbeitsraumüberwachung durch Programmieren von G22 wieder einzuschalten. Ist die Zone von aussen gesperrt, kann sie ähnlich wie beim Anfahren der Endstellungen verlassen werden.
- Wird die Grenze der gesperrten Zone im Laufe einer Bewegung erreicht, kann das Werkzeug im Handbetrieb durch traditionelles Fahren entfernt werden.
- Wenn $X=I$, $Y=J$, $Z=K$ und $P=0$, ist der ganze Raum freigegeben.
- Wenn $X=I$, $Y=J$, $Z=K$ und $P=1$, ist der ganze Raum gesperrt.
- Wenn der Arbeitsraum von innen gesperrt ist und die gesperrte Zone oder deren Grenzen angefahren werden, zeigt die Steuerung die Fehlermeldung *1400 INNERLICHER SCHUTZBEREICH* an.
- Ist der Arbeitsraum von aussen gesperrt, zeigt die Steuerung die Fehlermeldung *SCHUTZBEREICH t+* oder *SCHUTZBEREICH t-* an, wo "t" für die die gesperrte Zone anführende Achse steht.

21.2 Parametrierter Endschalter

Der Maschinenhersteller kann in den Steuerungsparametern den auf der gegebenen Maschine physisch möglichen Bewegungsbereich, also die Endstellungen bestimmen. Werden diese Grenzen angefahren, zeigt die Steuerung Fehler an, als würden die Endschalter angefahren.

- Die parametrierte Endpositionsüberwachung wird erst nach Aufnahme des Referenzpunktes wirksam.
- Die parametrierte Endpositionsüberwachung sperrt den Arbeitsraum stets von aussen.
- Die durch parametrierte Endpositionsüberwachung bzw. programmierte Arbeitsraumabgrenzung bestimmten Bereiche können sich überdecken.

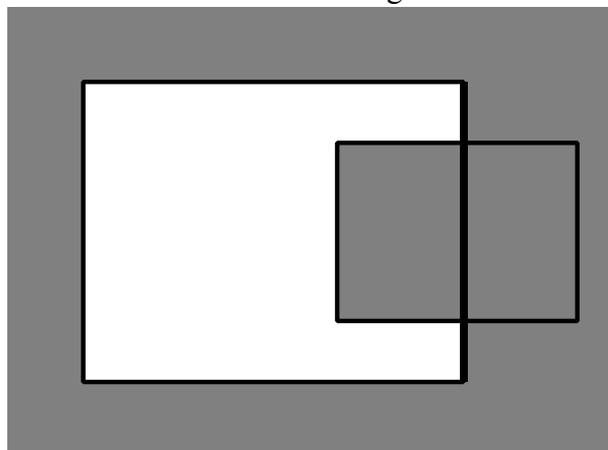


Abb. 21.2-1

21.3 Arbeitsraumüberwachung vor dem Anlassen einer Bewegung

Die Steuerung kann zwei gesperrte Zonen unterscheiden. Die erste Zone ist die Abgrenzung des physisch möglichen Bewegungsbereiches der Maschine. Die äussersten Positionen dieses Bereiches sind Endstellungen genannt. Im Laufe einer Bewegung lässt die Steuerung diese Grenzen nicht überfahren. Die Endpositionen werden durch den Maschinenhersteller eingestellt und sie dürfen vom Anwender nicht modifiziert werden.

Die andere gesperrte Zone, die programmierbare Arbeitsraumabgrenzung wird vom Anwender festgestellt. Dies kann durch Programmieren der Anweisung G22, oder durch Überschreiben der Parameter erfolgen.

Ist der Parameter *CHBFMOVE* im Parameterfeld auf 1 gesetzt,

überprüft die Steuerung vor dem Anlassen der Achsbewegungen, ob der programmierte Endpunkt des betreffenden Satzes nicht in einer gesperrten Zone liegt.

Liegt der Endpunkt ausserhalb des Bereiches der Endpositionen, wird der Fehlercode 3056 *GRENZE* angezeigt. Liegt der Endpunkt innerhalb der programmierten gesperrten Zone, erfolgt die Fehleranzeige 3057 *SCHUTZBEREICH*. So kann die Bewegung praktisch nicht in Gang gesetzt werden.

Da die Steuerung vor dem Start eines Satzes nur kontrolliert, ob der Endpunkt des Satzes in keiner gesperrten Zone liegt, erfolgt die Fehleranzeige bei den in den Abbildungen gezeigten Fällen erst nach erfolgter Bewegung.

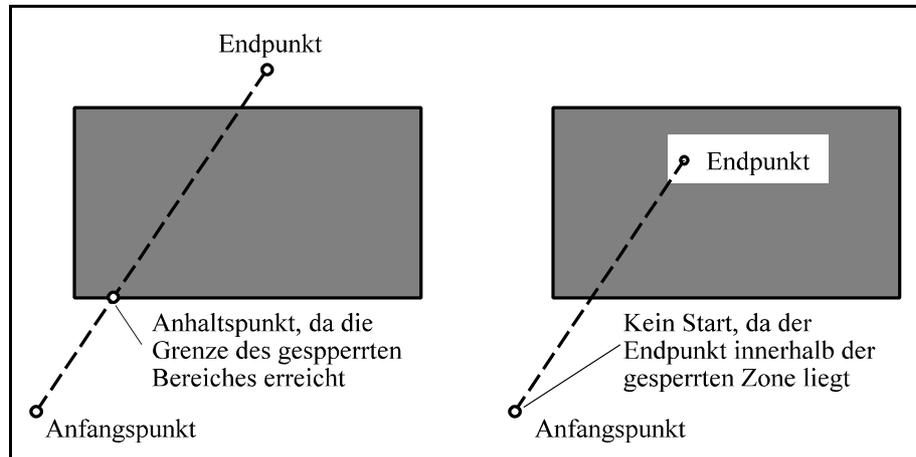


Abb. 21.3-1

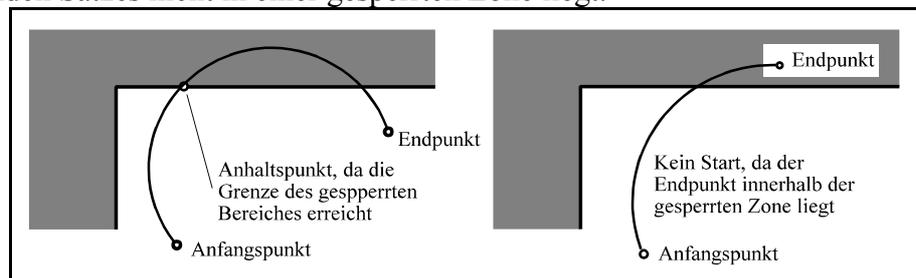


Abb. 21.3-2

22 Kundenmakros

22.1 Einfaches Abrufen eines Makros (G65)

Auf den Befehl

G65 P(Programmnummer) L(Wiederholungszahl) <Bezeichnung des Argumentes>
wird ein unter der P-Adresse (Programmnummer) angegebenes Makroprogramm so viele Male wiederholt aufgerufen, wie es unter der L-Adresse angegeben ist.

Einem Makroprogramm können Argumente übergeben werden. Die Argumente sind für bestimmte Adressen gegebene konkrete Zahlenwerte, die während des Aufrufes des Makros in entsprechenden lokalen Variablen abgespeichert werden. Das Makroprogramm kann diese lokalen Variablen benutzen. Also ist das Aufrufen eines Makroprogrammes eine spezielle Art von Aufrufen eines Unterprogrammes, bei dem das Hauptprogramm Variablen (Parameter) dem Unterprogramm übergeben kann.

In einer G65-Anweisung sind zweierlei Argumentenbezeichnungen möglich:

Adressen der Argumentenbezeichnung 1:

A B C D E F H I J K M Q R S T U V W X Y Z

Unter den Adressen **G, L, N, O, P** können keine Werte für des Makroprogramm übergeben werden, also können diese Adressen für Argumentenbezeichnung in der G65-Anweisung nicht angewandt werden. Die Adressen können in beliebiger Reihenfolge ausgefüllt werden, eine alphabetische Reihenfolge ist nicht nötig.

Adressen der Argumentenbezeichnung 1:

A B C I1 J1 K1 I2 J2 K2 ... I10 J10 K10

Ausser den A-,B- und C-Adressen können höchstens 10 Argumente für die I-,J- und K-Adressen bezeichnet werden. Die Reihenfolge der Ausfüllung ist beliebig. Wurden mehrere Argumente denselben Adressen zugeordnet, so nehmen sie die entsprechenden Werte in der Reihenfolge der Zuordnung an.

<i>l. V.</i>	<i>1.Arg.</i>	<i>2. Arg.</i>
#1	A	A
#2	B	B
#3	C	C
#4	I	I1
#5	J	J1
#6	K	K1
#7	D	I2
#8	E	J2
#9	F	K2
#10	(G)	I3
#11	H	J3

<i>l. V.</i>	<i>1. Arg.</i>	<i>2. Arg.</i>
#12	(L)	K3
#13	M	I4
#14	(N)	J4
#15	(O)	K4
#16	(P)	I5
#17	Q	J5
#18	R	K5
#19	S	I6
#20	T	J6
#21	U	K6
#22	V	I7

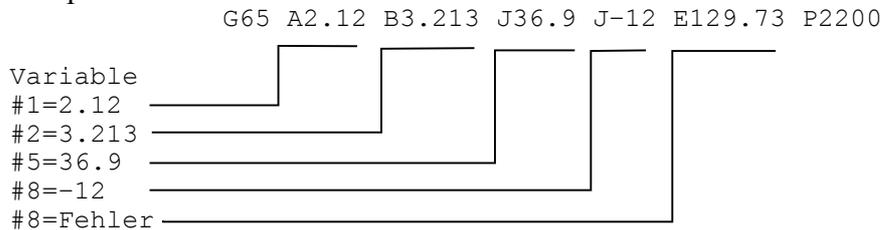
<i>l. V.</i>	<i>1. Arg.</i>	<i>2.Arg.</i>
#23	W	J7
#24	X	K7
#25	Y	I8
#26	Z	J8
#27	–	K8
#28	–	I9
#29	–	J9
#30	–	K9
#31	–	I10
#32	–	J10
#33	–	K10

– **Abkürzungen:** *l. V.*: lokale Variable, *1.Arg.*: Argumentenbezeichnung 1, *2.Arg.*: Argumentenbezeichnung 2.

Die Indizes nach den Adressen I, J, K zeigen die Reihenfolge der Argumentenbezeichnungen an.

Innerhalb eines Satzes können die Argumentenbezeichnungen 1 und 2 gleichzeitig vorkommen, die Steuerung nimmt es an. Fehler wird angezeigt, wenn auf eine Variable zweimal Bezug genommen wird.

Beispielsweise:



In diesem Beispiel wurde #8 bereits ein Wert durch die zweite J-Adresse (-12) zugeordnet. Da auch der Wert der E-Adresse der Variable #8 zugeordnet ist, zeigt die Steuerung Fehler 3064 *FALSCHER MAKROAUSDRUCK* an.

Der Grenzwert der Adressen für Argumente ist gleich mit dem Grenzwert bei ihrer normaler Anwendung. Auch Kommas, Vorzeichen und I-Operatoren können unter den Adressen angegeben werden, soweit dies auch in normalen Programmen möglich ist.

22.2 Erblisches Aufrufen von Makros

22.2.1 Aufrufen eines Makros nach jedem Fahrbefehl (G66)

Auf den Befehl

G66 P(Programmnummer) L(Wiederholungszahl) <Bezeichnung des Argumentes>
wird ein unter der P-Adresse (Programmnummer) angegebenes Makroprogramm so viele Male nach Abarbeiten jedes Fahrbefehls wiederholt aufgerufen, wie es unter der L-Adresse angegeben ist. Die Auslegung der P- und L-Adressen, sowie die Regel für die Argumentenbezeichnung sind gleich wie die bei der Anweisung G65.

Das gewählte Makro wird solange aufgerufen, bis der Löschbefehl

G67

für die Makroübertragung nicht programmiert wird.

Beispiel: Auf einem Segment des Teileprogrammes ist nach jedem Verfahrensweg eine Bohrung zu machen:

Hauptprogram

```

...
G66 P1250 Z-100 R-1 X2 F130      (Z=Basispunkt der Bohrung
                                R=Annäherungspunkt X=Wartezeit F=Vorschub)
G91 G0 X100 _____
Y30 _____
X150 _____
...
G67

```

Es wird nach jeder Positionierung gebohrt

Makroprogramm

```

%O1250
G0 Z#18 (Eilgangspositionierung in Richtung Z auf den unter
          der R-1 Adresse bestimmten Punkt)
G1 Z#26 F#9 Bohren bis zum unter der Z-Adresse angegebenen Basis-
           punkt mit dem unter der F-Adresse angegebenen Vor-
           schub)
G4 P#24 (Verweilzeit im Lochgrund bis zum unter der X- Adres-
         se angegebenen Wert)
G0 Z-[#18+#26] (Werkzeugrückzug auf den Ausgangspunkt)
M99 (Rückkehr in das Aufrufprogramm)
%
```

22.2.2 Aufrufen von Makros aus jedem Satz (G66.1)

Auf den Befehl

G66.1 P(Programmnummer) L(Wiederholungszahl) <Argumentenbezeichnung>

versteht die Steuerung alle nachfolgenden Sätze, als wären sie Argumentenbezeichnungen, und sie ruft das Makro der unter der P-Adresse angegebenen Nummer. Dieses Makro wird dann so viele Male wiederholt, wie es unter der L-Adresse angegeben ist.

Der Befehl hat die selbe Wirkung, als wenn jeder Satz ein Makroaufruf G65 wäre:

```

G66.1 P L
X Y Z _____] = [_____ G65 P L X Y Z
M S _____] = [_____ G65 P L M S
X _____] = [_____ G65 P L X
G67
```

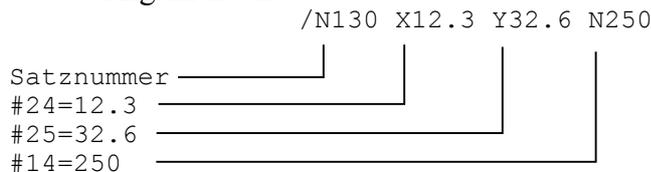
Das gewählte Makro wird solange weitergetragen, bis der Löschbefehl

G67

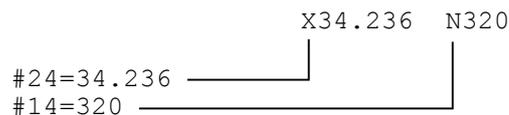
nicht programmiert wird.

Regeln für die Argumentenbezeichnung:

1. Im einschaltenden Satz (in dem G66.1 programmiert wurde):
Die bei der Argumentenbezeichnung anwendbaren Adressen sind die gleichen, wie bei einem G65-Befehl.
2. In den G66.1 folgenden Sätzen:
L: #12,
P: #16,
G: #10 mit der Bedingung, dass die Steuerung nur eine Bezugnahme auf eine G-Adresse annimmt. Werden mehrere G-Adressen programmiert, wird der Fehler *3005 ILLEGALER G Code* angezeigt.
N: #14 Steht eine N-Adresse am Satzanfang (höchstens die Adresse des bedingten Satzes / steht vor ihr), nimmt die Steuerung die zweite N-Adresse als ein Argument an:



Befindet sich die N-Adresse mitten eines Satzes (steht eine von / abweichende Adresse vor ihr), wird sie als Argument ausgelegt:



Wurde die N-Adresse bereits einmal als Argument eingegeben, kommt es bei der nächsten Bezugnahme auf die N-Adresse zur Fehleranzeige *3064 FALSCHER MAKROAUSDRUCK*.

Regeln die Satzabarbeitung bei G66.1:

Das gewählte Makro wird bereits im Satz aufgerufen, in dem der Code G66.1 angegeben worden ist, mit Betracht auf die Regeln der Argumentenbezeichnung im Punkt 1. Entsprechend den Regeln der Argumentenbezeichnung im Punkt 2 führt jeder NC-Satz von dem den Code G66.1 enthaltenden Satz bis zum den Code G67 enthaltenden Satz zu einem Makroaufruf. Das Makro wird nicht aufgerufen, wenn die Steuerung einen leeren Satz, z.B. N1240 findet, in dem die N-Adresse nur einmal angegeben worden ist. Genauso wird das Makro aus einem eine Makroanweisung enthaltenden Satz nicht aufgerufen.

22.3 Aufruf von Kundenmakros durch G-Codes

Im Parameterfeld können höchstens 10 G-Codes für Makroaufrufe bezeichnet werden. In diesem Fall ist anstelle der Anweisungszeile

Nn G65 Pp <Argumentenbezeichnung>

die Anweisungszeile

Nn **Gg** <Argumentenbezeichnung>

einzugeben. Im Parameterfeld ist anzugeben, welche Programmnummer der entsprechende G-Code aufrufen soll. Der Code G67 kann für diesen Zweck nicht angegeben werden.

G(9010): es ist der G-Code, der das Programm Nr. O9010 aufruft.

G(9011): es ist der G-Code, der das Programm Nr. O9011 aufruft.

:

G(9019): es ist der G-Code, der das Programm Nr. O9019 aufruft.

Wird im Parameterfeld ein negativer Wert angegeben, generiert der aktuelle G-Code einen modalen Aufruf. Z.B.: ist G(9011)=-120, generiert G120 einen erblichen Aufruf im Programm. Der Typ des Aufrufes wird durch die Parameter

MODGEQU=0 (Der Aufruf ist vom Typ G66)

MODGEQU=1 (Der Aufruf ist vom Typ G66.1)

bestimmt. Ist der Parameter auf 0 gesetzt, wird das Makro am Ende eines jeden Verfahrssatzes aufgerufen. Hat der Parameter den Wert 1, wird das Makro bei jedem Satz aufgerufen.

Wird ein standardisierter G-Code (z.B. G01) für den benutzerdefinierten Aufruf gewählt, und erfolgt eine wiederholte Bezugnahme auf diesen Code im Makro selbst, generiert diese Bezugnahme keinen weiteren Makroaufruf. Die Steuerung legt diesen Code als einen gewöhnlichen G-Code aus und führt ihn dementsprechend durch.

Steht im Makro bei einem Benutzeraufruf wiederholt eine Bezugnahme auf den aufrufenden G-Code, und ist dieser Code kein Standardcode, zeigt die Steuerung den Fehler *3005 ILLEGALER G Code* an.

- Das Aufrufen von benutzerdefinierten M, S, T, A, B, C aus einem benutzerseitigen Aufrufen eines G-Codes,
- das Aufrufen eines benutzerseitigen G-Codes aus dem Aufrufen von benutzerdefinierten M,

S, T, A, B, C

sind in Abhängigkeit der Parametereinstellung zugelassen:

FGMAC=0: nicht zugelassen (sie werden als gewöhnliche M-,S-,...G-Codes durchgeführt),

FGMAC=1: zugelassen, also erfolgt ein neues Aufrufen.

Argumentenbestand der benutzerseitigen G-Codes:

– Für die Codes vom Typ G65 oder G66 gelten die den G65 zugeordneten Argumente, sowie P und L.

– Ist der Code vom Typ G66.1, gelten die bei diesem Code geschilderten Argumente.

Ein erbliches Aufrufen wird durch die Anweisung G67 gelöscht.

22.4 Aufruf von Kundenmakros durch M-Codes

Im Parameterfeld können höchstens 10 verschiedene M-Codes für Makroaufruf bezeichnet werden. In diesem Fall ist die Anweisungszeile

Nn **Mm** <Argumentenangabe>

einzugeben. In diesem Fall wird der M-Code der PLC nicht übergeben, sondern das Makro mit der entsprechenden Nummer wird aufgerufen.

Im Parameterfeld ist die durch das Makro aufzurufende Programmnummer einzustellen.

M(9020): dieser M-Code ruft das Programm Nr. 09020 auf.

M(9021): dieser M-Code ruft das Programm Nr. 09021 auf.

:

M(9029): dieser M-Code ruft das Programm Nr. 09029 auf.

Durch einen M-Code wird immer ein nicht erblicher Aufruf vom Typ G65 bestimmt.

Wird im Makro bei einem benutzerseitigen Aufrufen wiederholt auf denselben M-Code Bezug genommen, wird das Makro nicht von neuem aufgerufen, sondern der M-Code wird der PLC übergeben.

Wenn im Makro ein benutzerseitiges Aufrufen von G,S,T,A,B,C oder ein anderes Aufrufen von M erfolgt:

FGMAC=0: nicht zugelassen (sie werden als gewöhnliche M-,S-,...G-Codes durchgeführt),

FGMAC=1: zugelassen, also erfolgt ein neues Aufrufen.

Einem im Parameterfeld bezeichneten, einen Makroaufruf einleitenden M-Code können nur die Adressen / und N vorangehen.

In einem Satz, der einen Makroaufruf durch M-Code enthält, kann nur ein M-Code stehen.

Dessen Argumentenbestand 1:

A B C D E F G H I J K L P Q R S T U V W X Y Z

Bei einer M-Funktion kann der Argumentenbestand 2 auch benutzt werden.

22.5 Aufrufen von Unterprogrammen durch M-Codes

Im Parameterfeld können höchstens 10 M-Codes für Unterprogrammaufrufe angegeben werden können. Anstelle der Anweisung

Nn Gg Xx Zz M98 Pp

kann hier die folgende Anweisung eingegeben werden:

Nn Gg Xx Zz **Mm**.

Der angegebene M-Code wird der PLC nicht übergeben, sondern das entsprechende Unterprogramm wird aufgerufen.

Im Parameterfeld ist anzugeben, welche Programmnummer der entsprechende M-Code aufrufen soll.

M(9000): es ist der M-Code, der das Programm Nr. O9000 aufruft.

M(9001): es ist der M-Code, der das Programm Nr. O9001 aufruft.

:

M(9009): es ist der M-Code, der das Programm Nr. O9009 aufruft.

Erfolgt beim Aufruf eine wiederholte Bezugnahme auf den aufrufenden M-Code im Unterprogramm, wird das Unterprogramm nicht wieder aufgerufen, sondern der M-Code wird der PLC übergeben.

Wenn im Unterprogramm ein benutzerseitiges Aufrufen von G,S,T,A,B,C oder ein anderes Aufrufen von M erfolgt:

FGMAC=0: nicht zugelassen (sie werden als gewöhnliche M-,S-,...G-Codes durchgeführt),

FGMAC=1: zugelassen, also erfolgt ein neues Aufrufen.

22.6 Aufrufen von Unterprogrammen durch T-Codes

Ein T-Wert, der beim Parameterwert T(9034)=1 ins Programm eingegeben wird, wird der PLC nicht übergeben, sondern er veranlasst das Aufrufen des Unterprogrammes Nr. O9034.

Dabei ist der Satz

Gg Xx Zz Tt

mit den folgenden zwei Sätzen equivalent:

#199=t

Gg Xx Zz M98 P9034.

Der unter der T-Adresse angegebene Wert wird als Argument der globalen Variablen #199 übergeben.

Erfolgt eine erneute Bezugnahme auf die T-Adresse in dem durch den T-Code gestarteten Unterprogramm, wird das Unterprogramm nicht von neuem aufgerufen, stattdessen wird der Wert der T-Adresse der PLC übergeben.

Wenn im Unterprogramm ein benutzerseitiges Aufrufen von G,M,S,A,B,C erfolgt:

FGMAC=0: nicht zugelassen (sie werden als gewöhnliche M-,S-,...G-Codes durchgeführt),

FGMAC=1: zugelassen, also erfolgt ein neues Aufrufen.

22.7 Aufrufen von Unterprogrammen durch S-Codes

Ein S-Wert, der neben dem Parameterwert S(9033)=1 ins Programm eingegeben wird, wird der PLC nicht übergeben, sondern er veranlasst das Aufrufen des Unterprogrammes Nr. O9033.

Dabei ist der Satz

Gg Xx Zz Ss

mit den folgenden zwei Sätzen equivalent:

#198=s

Gg Xx Zz M98 P9033.

Der unter der S-Adresse angegebene Wert wird als Argument der globalen Variablen #198 übergeben.

Erfolgt eine erneute Bezugnahme auf die S-Adresse in dem durch den S-Code gestarteten Unterprogramm, wird das Unterprogramm nicht von neuem aufgerufen, stattdessen wird der Wert der S-Adresse der PLC übergeben.

Wenn im Unterprogramm ein benutzerseitiges Aufrufen von G,M,T,A,B,C erfolgt:

FGMAC=0: nicht zugelassen (sie werden als gewöhnliche M-,S-,...G-Codes durchgeführt),

FGMAC=1: zugelassen, also erfolgt ein neues Aufrufen.

22.8 Aufrufen von Unterprogrammen durch A-, B-, C-Codes

Werden die bei den Parameterwerten A(9030)=1 oder B(9031)=1 oder C(9032)=1 ins Programm eingegebenen A-,B- oder C-Werte der PLC nicht übergeben, veranlasst der A-, B- oder C-Code das Aufrufen des Unterprogrammes O9030, O9031 oder O9032.

In diesem Fall ist z.B. der Satz

Gg Xx Zz Cc

mit den folgenden zwei Sätzen equivalent:

#197=c

Gg Xx Zz M98 P9032.

Der für die A-, B- und C-Adresse eingegebenen Werte werden jeweilig den globalen Variablen #195, #196, bzw. #197 übergeben.

Erfolgt eine erneute Bezugnahme auf die selbe Adresse in dem durch den A-, B- oder C-Code gestarteten Unterprogramm, wird das Unterprogramm nicht wieder gestartet, sondern der Wert der Adresse wird der PLC übergeben.

Wenn im Unterprogramm ein benutzerseitiges Aufrufen von G,M,S,T, erfolgt:

FGMAC=0: nicht zugelassen (sie werden als gewöhnliche M-,S-,...G-Codes durchgeführt),

FGMAC=1: zugelassen, also erfolgt ein neues Aufrufen.

22.9 Unterschied zwischen einem Unterprogramm- und einem Makroaufruf

- Ein Makroaufruf kann Argumente enthalten, ein Unterprogrammaufruf nicht.
- Im Gegensatz zum Makroaufruf verzweigt sich ein Unterprogrammaufruf erst nach der Abarbeitung der im Satz programmierten anderen Befehle.
- Ein Makroaufruf verändert die Schachtelungstiefe der globalen Varianten, ein Unterprogrammaufruf nicht. Z.B. der Wert von #1 ist vor dem Aufrufen von G65 anders als im Makro. Vor einem M98 ist der Wert von #1 derselbe, wie der von #1 im Unterprogramm.

22.9.1 Mehrstufiger Aufruf

Von einem Makro aus kann ein anderes Makro aufgerufen werden. Das Aufrufen von Makros ist bis zu einer vierfachen Schachtelungstiefe möglich, die einfachen und die erblichen Makroaufrufe inbegriffen. Samt den Unterprogrammaufrufen kann die maximale Schachtelungstiefe achtfach sein.

Bei mehrmaligem Aufrufen von Makros des Typs G66 wird nach Abarbeiten jedes Bewegungssatzes zuerst das zuletzt definierte Makro aufgerufen und von diesem Makro aus werden die vorher definierten Makros in umgekehrter Reihenfolge aufgerufen. Beispiel:

```

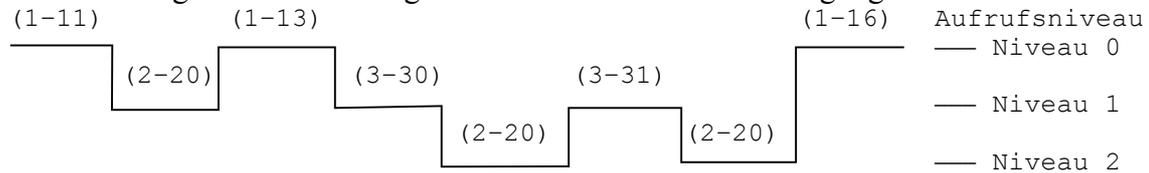
%O0001
:
N10 G66 P2
N11 G1 G91 Z10          (1-11)
N12 G66 P3
N13 Z20                (1-13)
N14 G67                (Löschen des Aufrufes G66 P3)
N15 G67                (Löschen des Aufrufes G66 P2)
N16 Z-5                (1-16)
%

%O0002
N20 X4                (2-20)
N21 M99
%
```

```

%O0003
N30 Z2                (3-30)
N31 Z3                (3-31)
N32 M99
%
```

Die Reihenfolge der Abarbeitung bei Inbetrachtung der Bewegungssätze allein:



Die erste der zwischen Klammern stehenden Zahlen bedeutet die Nummer des gerade laufenden Programmes. Die zweite Zahl ist die Nummer des gerade unter Abarbeitung stehenden Satzes. Die im Satz N14 angegebene Anweisung G67 löscht das im Satz N12 definierte Makro (O0002) und die Anweisung im Satz N15 löscht das Makro im Satz N10 (O0003).

Bei mehrmaligem Aufrufen von Makros des Typs G66.1 wird das zuletzt definierte Makro beim Einlesen eines jeden Satzes aufgerufen, wobei die Adressen des jeweiligen Satzes als Argumente betrachtet werden. Nach Einlesen der Sätze des Makroprogrammes, wobei die Adressen der Makrosätze als Argumente betrachtet werden, wird das vorher angegebene Makro aufgerufen. Wird von einem Makro aus wiederum ein Makro aufgerufen, kommen mit den neuen Makrostufen auch neue Stufen der lokalen Variablen hinzu.

Hauptprogramm	Makro	Makro	Makro	Makro
Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
	O_____	O_____	O_____	O_____
G65	G65 P	G65 P	G65 P	
	M99	M99	M99	M99
lokale Variablen				
Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
#1	#1	#1	#1	#1
	:	:	:	:
#33	#33	#33	#33	#33

Beim Anrufen des ersten Makros werden die lokalen Variablen #1 bis #33 des Hauptprogrammes abgespeichert und auf der Stufe 1 nehmen die lokalen Variablen die beim Anrufen angegebenen Argumentenwerte an. Beim erneuten Makroanruf von der ersten Stufe aus werden die lokalen Variablen der ersten Stufe von #1 bis #33 abgespeichert und auf der zweiten Stufe nehmen die lokalen Variablen die beim Anrufen angegebene Argumentenwerte an. Bei mehrmaligem Anrufen werden die lokalen Variablen der vorangehenden Stufe abgespeichert und auf der nächsten Stufe nehmen die lokalen Variablen die beim Anrufen angegebenen Argumentenwerte an. Bei M99, wenn die Steuerung aus dem aufgerufenen Makro in das aufrufende Programm zurückkehrt, werden die abgespeicherten lokalen Variablen der vorangehenden Stufe in den Zustand wiederhergestellt, in dem sie beim Aufrufen abgespeichert worden sind.

22.10 Format des Kundenmakros

Das Format eines Benutzermakros ist gleich mit dem der Unterprogramme:

```
O(Programmnummer)
:
Befehle
:
M99
```

Die Programmnummer kann beliebig sein, aber die Programmnummern von O9000 bis O9034 sind für spezielle Aufrufe reserviert.

22.11 Variablen der Programmiersprache

Im Hauptprogramm, den Unterprogrammen und den Makros können Variablen anstelle konkreter Zahlenwerte den einzelnen Adressen gegeben werden. Die Variablen können mit Werten innerhalb der zugelassenen Grenzen behaftet sein. Durch die Anwendung der Variablen wird das Programmieren flexibler.

In den Haupt- und Unterprogrammen können die entsprechenden Massangaben durch die Anwendung von globalen Variablen parametrisiert werden, so müssen keine neuen Programme für ähnliche aber unterschiedlich dimensionierte Werkstücke erstellt werden, durch Überschreiben der globalen Variablen kann ein neues Werkstück bearbeitet werden.

Durch die Anwendung der Variablen ist ein Makro viel flexibler, als ein traditionelles Unterprogramm. Während ein Unterprogramm keine Parameter übernehmen kann, können die Makros Argumente oder Parameter über die lokalen Variablen übernehmen.

22.11.1 Identifizierung der Variablen

Zahlreiche Variablen können angewandt werden. Jede Variante wird durch ihre Nummer identifiziert. Eine Bezugnahme auf eine Variable wird durch das Zeichen # eingeleitet. Die darauffolgende Zahl bestimmt die Nummer der Variablen. Beispielsweise:

```
#12
#138
#5106
```

Die Bezugnahme auf eine Variable kann auch durch eine Formel erfolgen: #[<Formel>]

Beispielsweise:

#[#120] bedeutet: die Nummer der bezogenen Variablen befindet sich in der Variable Nr. 120.

#[#120-4] bedeutet: Die Nummer der bezogenen Variablen ergibt sich, wenn von dem in der Variablen Nr. 120 befindlichen Zahlenwert 4 abgezogen wird.

22.11.2 Bezugnahme auf eine Variable

In den Wörtern eines Programmsatzes können die verschiedenen Adressen nicht nur Zahlenwerte, sondern auch Werte von Variablen aufnehmen. Bei einer Bezugnahme auf eine Variable kann auch das Minuszeichen "-", bzw. der I-Operator nach der Adresse benutzt werden, wenn es bei Zahlenwerten zugelassen ist. Beispielsweise:

G#102 wenn #102=1.0, ist diese Bezugnahme gleichwertig mit G1.

XI-#24, wenn #24=135.342, ist diese Bezugnahme gleichwertig mit XI-135.342.

– Nach den Adressen O einer Programmnummer, N einer Satznummer und / eines bedingten Sat-

- zes ist eine Bezugnahme auf eine Variable nicht zugelassen. Die N-Adresse wird als eine Satznummer betrachtet, wenn ihr höchstens die /-Adresse vorangeht.
- Die Nummer einer Variablen kann durch keine Variable ersetzt werden, d.h. ##120 kann nicht geschrieben werden. Die richtige Angabe lautet: #[#120].
 - Wird eine Variable nach einer Adresse benutzt, kann der Wert der Variable die Grenzen des für die Adresse zugelassenen Wertbereiches nicht überschreiten. Beispielsweise löst die Bezugnahme M#112 eine Fehleranzeige aus, wenn #112=5630 ist.
 - Wird eine Variable hinter einer Adresse benutzt, wird der Wert der Variablen auf den der Adresse entsprechenden Zahlenwert auf-, bzw. abgerundet. Beispiel:
 bei #112=1.23 wird M#112=M1
 bei #112=1.6 wird M#112=M2.

22.11.3 Leere Variablen

Der Wert einer Variablen, auf die noch keine Bezugnahme erfolgte, ist leer. Der Wert der Variable #0 ist immer leer:

#0=<leer>

22.11.4 Zahlenmässige Darstellung von Variablen

Die Variablen werden auf eine 32-Bit-Mantisse und einer 8-Bit-Charakteristik dargestellt:

$$\text{Variable} = M \cdot 2^C$$

Darstellung einer **leeren** Variable: M=0, C=0

Darstellung einer Variable des Wertes **0**: M=0, C= -128

Vergleich zwischen einer leeren Variable und einer Variable des Wertes 0:

Verweis auf eine **leere** Variable in einer Adresse:

```
wenn #1=<leer>
  G90 X20 Y#1
  ↓
  G90 X20
```

```
wenn #1=0
  G90 X20 Y#1
  ↓
  G90 X20 Y0
```

Eine **leere** Variable in einer *wertgebenden* Anweisung:

```
wenn #1=<leer>
  #2=#1
  ↓
  #2=<leer>
  #2=#1*3
  ↓
  #2=0
  #2=#1+#1
  ↓
  #2=0
```

```
wenn #1=0
  #2=#1
  ↓
  #2=0
  #2=#1*3
  ↓
  #2=0
  #2=#1+#1
  ↓
  #2=0
```

Unterschied zwischen **leeren** Variablen und denen vom Wert **0** bei *Bedingungsüberprüfung*:

<pre>wenn #1=<leer> #1 EQ #0 ↓ erfüllt #1 NE 0 ↓ erfüllt #1 GE #0 ↓ erfüllt #1 GT 0 ↓ erfüllt</pre>	<pre>wenn #1=0 #1 EQ #0 ↓ nicht erfüllt #1 NE 0 ↓ nicht erfüllt #1 GE #0 ↓ nicht erfüllt #1 GT 0 ↓ nicht erfüllt</pre>
---	--

22.12 Typen der Variablen

Nach der Anwendungsart und den Eigenschaften sind die Variablen in lokale und globale Variablen und Systemvariablen gruppiert. Die entsprechende Gruppe ist durch die Nummer der Variable bezeichnet.

22.12.1 Lokale Variablen: #1 - #33

Eine lokale Variable ist eine Variable, die von einem Makroprogramm an einer gegebenen Stelle, lokal benutzt wird. Wenn das Makro A das Makro B aufruft, und eine Bezugnahme auf die lokale Variable #i sowohl im Makro A als auch im B erfolgt, geht der Wert der lokalen Variablen #i auf der Ebene von Makro A nach dem Aufrufen des Makros B nicht verloren und er wird nicht überschrieben, obwohl auch im Makro B eine Bezugnahme auf #i erfolgt. Die lokalen Variablen werden zum Übertragen von Argumenten benutzt. Die Äquivalenz zwischen den Argumentenadressen und den lokalen Variablen ist in der Tabelle im Kapitel Einfaches Aufrufen von Makros (G65) zu sehen.

Eine lokale Variable, deren Adresse in der Argumentenbezeichnung nicht angegeben ist, ist leer und frei anwendbar.

22.12.2 Globale Variablen: #100 - #199, #500 - #599

Im Gegensatz zu den lokalen Variablen sind die globalen Variablen nicht nur auf den gleichen Ebenen der Programmaufrufe, sondern über das gesamte Programm gleich, unabhängig davon, ob sie sich im Hauptprogramm, in einem Unterprogramm, oder einem Makro und in welcher Stufe eines Makros befinden. Wurde #i in einem Makro benutzt und mit einem Wert behaftet, bewahrt sie diesen Wert auch in anderen Makros, solange sie nicht überschrieben wird. Die globalen Variablen spielen keine spezielle Rolle und sie sind frei anwendbar.

- Die globalen Variablen von #100 bis #199 werden beim Ausschalten und beim Reset gelöscht.
- Der Wert der globalen Variablen von #500 bis #599 wird auch nach einem Ausschalten der Steuerung aufbewahrt.

Die Makrovariablen von #500 bis #599 können mit Hilfe der Parameter *WRPROT1* und *WRPROT2* schreibgeschützt gemacht werden. In den Parameter *WPROT1* wird das erste Element, in den *WPROT2* das letzte Element des zu schützenden Blocks eingegeben. Sollen z.B. die Variablen von #530 bis #540 schreibgeschützt werden, sind die Parameter auf *WPROT1*=530, bzw. *WPROT2*=540 zu stellen.

22.12.3 Systemvariablen

Die Systemvariablen sind gebundene Variablen, die Informationen über den Systemzustand liefern.

Interface-Eingangssignale: #1000 - #1015, #1032

Über die Systemvariablen von #1000 bis #1015 können 16 Interface-Eingangssignale einzeln abgefragt werden:

Bezeichnung der Systemvariablen	Interface-Eingänge laut Auslegung des PLC-Programmes
#1000	I [CONST+000]
#1001	I [CONST+001]
#1002	I [CONST+002]
#1003	I [CONST+003]
#1004	I [CONST+004]
#1005	I [CONST+005]
#1006	I [CONST+006]
#1007	I [CONST+007]
#1008	I [CONST+010]
#1009	I [CONST+011]
#1010	I [CONST+012]
#1011	I [CONST+013]
#1012	I [CONST+014]
#1013	I [CONST+015]
#1014	I [CONST+016]
#1015	I [CONST+017]

wobei $CONST = I_LINE * 10$ und I_LINE ein Parameter ist. So können zwei beliebige Interface-Eingangsbytes abgefragt werden. Die Werte der obigen Variablen:

- 0: wenn der Kontakt am Eingang offen ist,
- 1: wenn der Kontakt am Eingang geschlossen ist.

Auf der Variable #1032 können die obigen 16 Eingänge gleichzeitig abgefragt werden. Der abgefragte Wert beträgt in der Abhängigkeit der den einzelnen Abfragen zugeordneten Systemvariablen:

$$\#1032 = \sum_{i=0}^{15} \#[1000+i] * 2^i$$

Ist also 24V an die Eingänge #1002 und #1010 gelegt und sind die anderen Eingänge offen, beträgt der Wert der Variable #1032:

$$\#1032 = 1 * 2^2 + 1 * 2^{10} = 1028$$

Die Variablen der Interface-Eingänge sind nur lesbar und sie können nicht an der linken Seite eines arithmetischen Ausdruckes stehen.

Interface-Ausgangssignale: #1100 — #1115, #1132

Über die Systemvariablen von #1100 bis #1115 können 16 Interface-Ausgangssignale einzeln ausgegeben werden:

Bezeichnung der Systemvariablen	Interface-Ausgänge laut Auslegung des PLC-Programmes
#1100	Y[CONST+000]
#1101	Y[CONST+001]
#1102	Y[CONST+002]
#1103	Y[CONST+003]
#1104	Y[CONST+004]
#1105	Y[CONST+005]
#1106	Y[CONST+006]
#1107	Y[CONST+007]
#1108	Y[CONST+010]
#1109	Y[CONST+011]
#1110	Y[CONST+012]
#1111	Y[CONST+013]
#1112	Y[CONST+014]
#1113	Y[CONST+015]
#1114	Y[CONST+016]
#1115	Y[CONST+017]

wobei $CONST=O_LINE*10$ und O_LINE ein Parameter ist. So können zwei beliebige Interface-Ausgangsbytes abgefragt werden. Die Werte der obigen Variablen:

- 0: wenn der Kontakt am Ausgang offen ist,
- 1: wenn der Kontakt am Ausgang geschlossen ist.

Auf der Variable #1132 können die obigen 16 Ausgänge gleichzeitig abgefragt werden. Der abgefragte Wert beträgt in der Abhängigkeit der den einzelnen Abfragungen zugeordneten Systemvariablen:

$$\#1132 = \sum_{i=0}^{15} \#[1100+i] * 2^i$$

Werden also die Ausgänge #1102 und #1109 eingeschaltet und bleiben die anderen Ausgänge offen, ist der folgende Wert auf der Variable #1132 auszugeben:

$$\#1132 = 1 * 2^2 + 1 * 2^9 = 516$$

Werkzeugkorrekturwerte: #10001 — #19999

Die Werkzeugkorrekturwerte können an den Variablen #10001 — #19999 abgelesen, bzw eingegeben werden.

N	X		Y		Z		R		Q
	Verschl.	geom.	Verschl.	geom.	Verschl.	geom.	Verschl.	geom..	
1	#10001	#15001	#14001	#19001	#11001	#16001	#12001	#17001	#13001
2	#10002	#15002	#14002	#19002	#11002	#16002	#12002	#17002	#13002
...
99	#10099	#15099	#14099	#19099	#11099	#16099	#12099	#17099	#13099

Werkstücknullpunkt-Verschiebungen: #5201 — #5328

Die Werte der Werkstücknullpunkt-Verschiebungen können an den Variablen #5201—#5326 abgelesen, bzw. eingegeben werden.

Nummer der Variablen	Wert der Variablen	Werkstück-Koordinatensystem
#5201 #5202 : #5208	gemeinsame Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 gemeinsame Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : gemeinsame Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	gültig für alle Werkstück-Koordinatensysteme
#5221 #5222 : #5228	Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	G54
#5241 #5242 : #5248	Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	G55
#5261 #5262 : #5268	Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	G56
#5281 #5282 : #5288	Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	G57
#5301 #5302 : #5308	Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	G58
#5321 #5322 : #5328	Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 1 Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 2 : Werkstücknullpunkt-Verschiebung Achse 8	G59

Die Nummerierung der Achsen bedeutet die physische Achsnummer. Der Zusammenhang zwischen der Achsnummer und der Achsbenennung wird von dem Maschinenhersteller über die Parametergruppen *AXIS1* - *AXIS6* bestimmt. Im allgemeinen sind die Achse 1 der X-Adresse, die Achse 2 der Z-Adresse und die Achse 3 der C-Adresse zugeordnet, aber davon abweichende Angaben sind möglich.

Fehleranzeige: #3000

Durch die Angabe

#3000 = nnn(FEHLERANZEIGE)

können nummerierte (nnn: max. drei Ziffern) und/oder textliche Fehleranzeigen definiert werden. Ein Text muss zwischen runden Klammern (,) stehen. Die Länge einer Fehleranzeige kann höchstens 25 Charaktere betragen.

Wird ein Fehler in einem Makro während der Programmabarbeitung wahrgenommen, d.h. läuft das Programm in eine Abzweigung, in der die Variable #3000 einen Wert hat, wird das Programm bis zum vorangehenden Satz abgearbeitet, dann wird die Abarbeitung eingestellt und auf dem Bildschirm erscheint die zwischen Klammern angegebene Fehleranzeige bzw. der Code der Anzeige in der Form 4nnn, d.h. 4000 wird zur unter #3000 angegebenen nnn-Nummer addiert. Wurde keine Nummer angegeben, so wird der Code der Anzeige 4000 sein. Wurde kein Text angegeben, so erscheint nur der Code. Der Fehlerzustand kann durch die RESET-Taste beseitigt werden.

Millisekunden-Zeitmessung: #3001

Der Wert der Variable #3001 kann eingegeben und abgelesen werden.

Ein Zeitraum zwischen zwei Zeitpunkten kann in Millisekunden, mit einer Genauigkeit von ca. 20 ms gemessen werden. Der Zähler #3001 überläuft bei 65536. Beim Einschalten wird von 0 an aufwärts gezählt. Bei eingeschalteter Steuerung wird stetig gezählt.

Messung der Zerspanungszeit: #3002

Der Wert der Variable #3001 kann eingegeben und abgelesen werden.

Ein Zeitraum zwischen zwei Zeitpunkten kann in Minuten, mit einer Genauigkeit von ca. 20 ms gemessen werden. Beim Einschalten startet der Wert der Variable #3002 mit dem beim Ausschalten gültigen Wert. Das Zählen erfolgt aufwärts.

Die Zeitmessung erfolgt bei leuchtender START-Lampe, d.h. beim Start-Zustand der Steuerung. Diese Variable befindet sich im Zeitmesser *CUTTING2* des Parameterspeichers.

Unterdrücken der satzweisen Abarbeitung: #3003

Wenn #3003=1, wird die satzweise Abarbeitung am Ende eines Satzes solange nicht gestoppt, bis der Wert dieser Variable nicht 0 annimmt.

Nach dem Einschalten der Steuerung und durch RESET zum Programmanfang erhält die Variable den Wert 0.

#3003	satzweise Abarbeitung
0	nicht unterdrückt
1	unterdrückt

Vorschub Halt, Vorschubkorrektur, Genauhalt unterdrücken: #3004

Beim Unterdrücken der Funktion Vorschub Halt hält der Vorschub nach dem Andrücken der Stop-Taste an, wenn das Unterdrücken gelöst wird.

Beim Unterdrücken der Vorschubkorrektur wird der Vorschubkorrekturwert zu 100% angenommen, solange das Unterdrücken nicht gelöst wird.

Beim Unterdrücken der Funktion genauer Halt führt die Steuerung keine Überprüfung aus, solange das Unterdrücken nicht gelöst wird.

Beim Einschalten und durch RESET zum Programmanfang wird die Variable auf 0 gesetzt.

#3004	Genauer	Halt	Vorschubkorrektur	Vorschub	Halt
0	0		0		0
1	0		0		1
2	0		1		0
3	0		1		1
4	1		0		0
5	1		0		1
6	1		1		0
7	1		1		1

0: die Funktion ist wirksam
 1: die Funktion ist unterdrückt

Halt mit Anzeige: #3006

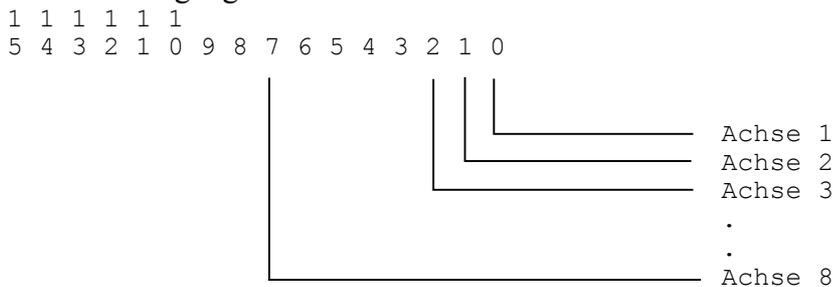
Auf die Wirkung einer Werteingabe für
 #3006=nnn(ANZEIGE)

wird die Programmabarbeitung unterbrochen und auf dem Bildschirm erscheinen die Nachricht in runden Klammern bzw. der Code der Anzeige in der Form 5nnn, d.h. 5000 wird zur auf dem Wert #3006 angegebene nnn-Nummer addiert. Wurde keine Nummer angegeben, so wird der Code der Anzeige 5000 sein. Wurde kein Text angegeben, so erscheint nur der Code. Die Programmabarbeitung wird auf Andrücken der Start-Taste fortgesetzt und die Anzeige wird vom Bildschirm gelöscht. Die Länge der Anzeige kann höchstens 25 Charaktere betragen. Diese Anweisung ist sehr nützlich in dem Fall, wenn ein bedienerseitiger Eingriff während der Programmabarbeitung erforderlich ist.

Spiegelung: #3007

Durch Ablesen der Variable #3007 kann festgestellt werden, für welche physische Achse ein gültiger Spiegelungsbefehl besteht. Diese Variable ist nur lesbar.

Binäre Auslegung der Variable:



Auslegung der einzelnen Bites:

0: keine Spiegelung
 1: Spiegelung eingeschaltet

Beträgt der Wert der Variablen z.B. 5, ist die Spiegelung an den Achsen 1 und 3 eingeschaltet. Die Achsnummer steht für die physische Achse. Die Zuordnung der Achsnamen zu den physischen Achsnummern ist durch Parameter bestimmt.

Anzahl der Fertigstücke, Anzahl der zu verfertigenden Werkstücke: #3901, #3902

Die Steuerung sammelt die Anzahl der bearbeiteten Werkstücke im Zähler #3901. Bei Durchführen jeder M02-, M30- oder durch Parameter bestimmten M-Funktion wird der Zählerinhalt um 1 erhöht. Nachdem die Anzahl der bearbeiteten Werkstücke die nötige Stückzahl erreicht hat (Zähler #3902), bekommt die PLC eine Nachricht über einen Flag.

Anzahl der bearbeiteten Werkstücke #3901

Anzahl der zu verfertigenden Werkstücke #3902

Der Zähler #3901 ist am Parameter *PRTTOTAL*, der Zähler #3902 am Parameter *PRTREQRD* des Parameterspeichers zu finden.

Erbliche Informationen: #4001 — #4130, #4201 — #4330

Die im vorangehenden Satz gültigen erblichen Befehle können durch Ablesen der Systemvariablen #4001 — #4130 bestimmt werden.

Die für die momentan abzuarbeitenden Satz gültigen erblichen Befehle können durch das Ablesen der Variablen #4201 — #4330 bestimmt werden.

Systemvariablen	erbliche Informationen des vorangehenden Satzes	Systemvariablen	erbliche Informationen des in der Abarbeitung befindlichen Satzes
#4001	G-Codes Gruppe 1	#4201	G-Codes Gruppe 1
:	:	:	:
#4020	G-Codes Gruppe 20	#4220	G-Codes Gruppe 20
#4101	A-Code	#4301	A-Code
#4102	B-Code	#4302	B-Code
#4103	C-Code	#4303	C-Code
#4107	D-Code	#4307	D-Code
#4108	E-Code	#4308	E-Code
#4109	F-Code	#4309	F-Code
#4111	H-Code	#4311	H-Code
#4113	zuerst eingelesener M-Code	#4313	zuerst eingelesener M-Code
#4114	Satznummer: N	#4314	Satznummer: N
#4115	Programmnummer: O	#4315	Programmnummer: O
#4119	S-Code	#4319	S-Code
#4120	T-Code	#4320	T-Code
#4150		#4350	
#4151	2. Codegruppe M: M11, M12, ..., M18	#4351	2. Codegruppe M: M11, M12, ..., M18
#4152	3. Codegruppe M: M03, M04, M05, M19	#4352	3. Codegruppe M: M03, M04, M05, M19
	4. Codegruppe M: M07, M08, M09		4. Codegruppe M: M07, M08, M09

Positionsinformationen: #5001 — #5106**Positionen an Satzenden**

System-variable	Positionsinformation	Einlesen während einer Bewegung
#5001	Position der Achse 1 am Satzende	möglich
#5002	Position der Achse 2 am Satzende	
:	:	
#5008	Position der Achse 8 am Satzende	

Die Position am Satzende wird

- im aktuellen Werkstück-Koordinatensystem,
- bei Inbetrachtung der Koordinatenverschiebungen,
- in rechtwinkligen Koordinaten,
- mit Ignorieren aller Korrekturen (Längen- u. Radienkorrekturen, Werkzeugverschiebungen) der Variable übergeben.

Momentanpositionen im Maschinen-Koordinatensystem

System-variable	Positionsinformation	Einlesen während einer Bewegung
#5021	Momentanposition der Achse 1 (G53)	unmöglich
#5022	Momentanposition der Achse 2 (G53)	
:	:	
#5028	Momentanposition der Achse 8 (G53)	

Die Momentanposition (G53) wird

- im Maschinen-Koordinatensystem,
- mit Inbetrachtung der Längenkorrektur der Variable übergeben.

Momentanpositionen im Werkstück-Koordinatensystem

System-variable	Positionsinformation	Einlesen während einer Bewegung
#5041	Momentanposition der Achse 1	unmöglich
#5042	Momentanposition der Achse 2	
:	:	
#5048	Momentanposition der Achse 8	

Die Momentanposition wird

- im aktuellen Werkstück-Koordinatensystem,
- bei Inbetrachtung der Koordinatenverschiebungen,
- in rechtwinkligen Koordinaten,
- bei Inbetrachtung aller Korrekturen (Längen- u. Radienkorrekturen, Werkzeugverschiebungen) der Variable übergeben.

Abtastpositionen

System-variable	Positionsinformation	Einlesen während einer Bewegung
#5061	Abtastposition der Achse 1 (G31)	möglich
#5062	Abtastposition der Achse 2 (G31)	
:	:	
#5068	Abtastposition der Achse 8 (G31)	

Die Position im Satz G31, in der das Abtastsignal ansteht, wird

- im aktuellen Werkstück-Koordinatensystem,
- bei Inbetrachtung der Koordinatenverschiebungen,
- in rechtwinkligen Koordinaten,
- bei Inbetrachtung aller Korrekturen (Längen- u. Radienkorrekturen, Werkzeugverschiebungen)

der Variable übergeben.

Steht das Abtastsignal nicht an, nehmen die obigen Variablen die im G31-Satz programmierte Endposition an.

Werkzeuflängen-Korrekturen

System-variable	Positionsinformation	Einlesen während einer Bewegung
#5081	für die Achse 1 eingegebene Längenkorrektur	unmöglich
#5082	für die Achse 2 eingegebene Längenkorrektur	
:	:	
#5088	für die Achse 8 eingegebene Längenkorrektur	

Die ablesbare Werkzeuflängen-Korrektur ist die für den in Abarbeitung befindlichen Satz gültige Längenkorrektur.

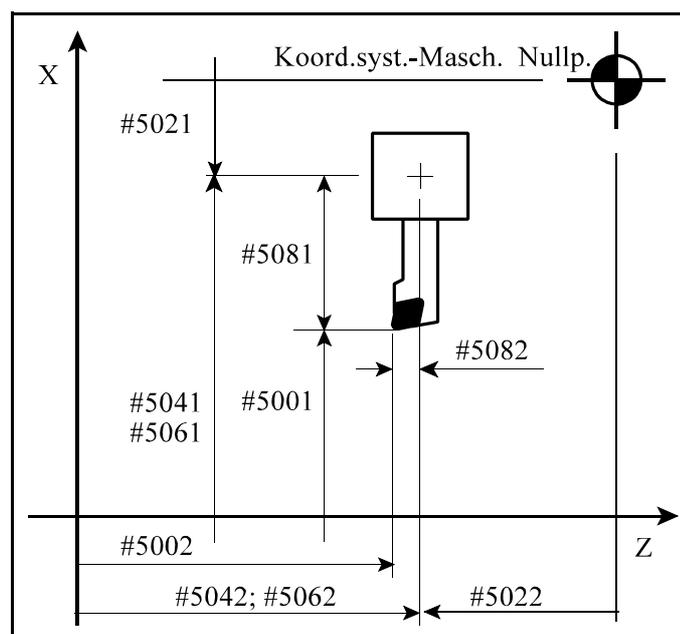


Abb. 21.12.3-1

Schleppabstand

System- variable	Positionsinformation	Einlesen während einer Bewegung
#5101	Schleppabstand in der Achse 1	unmöglich
#5102	Schleppabstand in der Achse 2	
:		
#5108	Schleppabstand in der Achse 8	

22.13 Anweisungen der Programmiersprache

Bei der Beschreibung wird der Ausdruck

$$\#i = \langle \text{Formel} \rangle$$

benutzt. Eine $\langle \text{Formel} \rangle$ kann arithmetische Operationen, Funktionen, Variablen und Konstanten enthalten.

Im allgemeinen erfolgt die Bezugnahme auf die Variablen $\#j$ und $\#k$.

Eine $\langle \text{Formel} \rangle$ kann nicht nur an der rechten Seite einer wertgebenden Anweisung stehen, in einem NC-Satz können auch die verschiedenen Adressen eine Formel anstatt eines konkreten Zahlenwertes oder einer Variable annehmen.

22.13.1 Die wertgebende Anweisung: $\#i = \#j$

Der Code der Anweisung ist: =

Auf diese Anweisung nimmt die Variable $\#i$ den Wert der Variablen $\#j$ an, d.h. der Wert der Variablen $\#j$ wird $\#i$ übergeben.

22.13.2 Arithmetische Operationen und Funktionen

Operationen mit einem Operanden

Minus mit einem Operanden: $\#i = -\#j$

Operationscode: -

Als Ergebnis der Operation nimmt die Variable $\#i$ den Absolutwert von $\#j$, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen an.

Arithmetische Negation: $\#i = \text{NOT } \#j$

Operationscode: NOT

Auf die Wirkung der Operation wird die Variable $\#j$ zuerst in eine 32-Bit-Zahl mit festem Dezimalpunkt umgewandelt. Kann die so umgewandelte Zahl auf 32 Bits nicht dargestellt werden, erfolgt die Fehleranzeige *3091 FALSCHER OPERATION MIT #*. Dann werden alle 32 Bits dieser Festpunktzahl negiert und die so entstandene Zahl wird wiederum in eine Zahl mit schwebendem Dezimalpunkt umgewandelt und in der Variable $\#i$ abgelegt.

Additive arithmetische Operationen

Addition: $\#i = \#j + \#k$

Operationscode: +

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable $\#i$ die Summe der Werte der Variablen $\#j$ und $\#k$ an.

Subtraktion: $\#i = \#j - \#k$

Operationscode: $-$

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable $\#i$ die Differenz der Werte der Variablen $\#j$ und $\#k$ an.

Arithmetisches ODER: $\#i = \#j \text{ OR } \#k$

Operationscode: **OR**

Auf die Wirkung der Operation wird die logische Summe der Variablen $\#j$ und $\#k$ bitweise in die Variable $\#i$, für alle 32 Bits übergeben. An die Stelle, an der die beiden Zahlen mit 0 belegt sind, wird 0 als Resultat eingeschrieben, ansonsten 1.

Arithmetisches ausschliessliches ODER: $\#i = \#j \text{ XOR } \#k$

Operationscode: **XOR**

Bei dieser Operation werden die gleichen Stellenwerte der Variablen $\#j$ und $\#k$ verglichen. An den Stellen, wo gleiche Zahlen gefunden werden, erhält die Variable $\#i$ eine 0, an den ungleichen Stellen erhält sie 1.

Multiplikative arithmetische Operationen

Multiplikation: $\#i = \#j * \#k$

Operationscode: $*$

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable $\#i$ das Produkt der Werte der Variablen $\#j$ und $\#k$ an.

Division: $\#i = \#j / \#k$

Operationscode: $/$

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable $\#i$ den Quotienten der Werte der Variablen $\#j$ und $\#k$ an. Der Wert von $\#k$ kann nicht 0 sein, sonst erfolgt die Fehleranzeige *3092 DIVISION DURCH 0 #*.

Modulbildung: $\#i = \#j \text{ MOD } \#k$

Operationscode: **MOD**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable $\#i$ den Rest der Dividierung der Variablen $\#j$ und $\#k$ an. Der Wert von $\#k$ kann nicht 0 sein, sonst erfolgt die Fehleranzeige *3092 DIVISION DURCH 0 #*. Beispiel: $\#120 = 27 \text{ MOD } 4$. Der Wert der Variablen $\#120$ wird 3.

Arithmetisches UND: $\#i = \#j \text{ AND } \#k$

Operationscode: **AND**

Auf die Wirkung der Operation erhalten alle 32 Bits der Variablen $\#i$ das logische Produkt der bitweisen Werten der Variablen $\#j$ und $\#k$. Sind die gleichen Stellen mit 1 belegt, dann ist das Resultat 1, sonst 0.

Funktionen

Quadratwurzel: $\#i = \text{SQRT } \#j$

Funktionscode: **SQRT**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable $\#i$ die Quadratwurzel der Variable $\#j$ an. Der Wert der Variable $\#j$ kann nicht negativ sein.

Sinus: #i = SIN #j

Funktionscode: **SIN**

Die Variable #i nimmt den Sinus von #j an. Der Wert von #j versteht sich stets in Grad.

Kosinus: #i = COS #j

Funktionscode: **COS**

Die Variable #i nimmt den Cosinus von #j an. Der Wert von #j versteht sich stets in Grad.

Tangente: #i = TAN #j

Funktionscode: **TAN**

Die Variable #i nimmt die Tangente der Variable #j an. Der Wert von #j versteht sich stets in Grad. Der Wert von #j kann nicht $(2n+1)*90^\circ$ sein, wobei $n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Arkussinus: #i = ASIN #j

Funktionscode: **ASIN**

Die Variable #i nimmt den Arkussinus von #j an. Die Bedingung $-1 \leq \#j \leq 1$ soll sich erfüllen. Das Resultat, d.h. der Wert von #i liegt zwischen $+90^\circ$ und -90° .

Arkuskosinus: #i = ACOS #j

Funktionscode: **ACOS**

Die Variable #i nimmt den Arkuskosinus von #j an. Die Bedingung $-1 \leq \#j \leq 1$ soll sich erfüllen. Das Resultat, d.h. der Wert von #i liegt zwischen 0° und 180° .

Arkustangente: #i = ATAN #j

Funktionscode: **ATAN**

Die Variable #i nimmt die Arkustangente von #j an. Das Resultat, d.h. der Wert von #i liegt zwischen $+90^\circ$ und -90° .

Exponential: #i = EXP #j

Funktionscode: **EXP**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable #i den Wert der #j-ten Potenz einer natürlichen Zahl (e).

Natürlicher Logarithmus: #i = LN #j

Funktionscode: **LN**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable #i den natürlichen Logarithmus der Zahl #j an. Der Wert von #j kann nicht negativ oder 0 sein.

Absolutwert: #i = ABS #j

Funktionscode: **ABS**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable #i den Absolutwert der Variable #j an.

Umwandeln von Binärzahlen in binär codierte Dezimalform: #i = BCD #j

Funktionscode: **BCD**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable #i den BCD-Wert der Variable #j an. Der Wertbereich der Variable #j erstreckt sich von 0 bis 99999999.

Umwandeln einer binär codierten Dezimalzahl in Binärform: #i = BIN #jFunktionscode: **BIN**

Auf die Wirkung der Operation nimmt die Variable #i den binären Wert der Variable #j an. Der Wertbereich der Variable #j erstreckt sich von 0 bis 99999999. Die Zahlen in den Tetraden der Variable #j können nicht grösser als 9 sein.

Abrunden im Absolutwert: #i = FIX #jFunktionscode: **FIX**

Die Operation lässt den Bruchteil der Variable #j weg und übergibt den Ganztteil der Variable #i.

Beispielsweise:

```
#130 = FIX 4.8 = 4
#131 = FIX -6.7 = -6
```

Aufrunden im Absolutwert: #i = FUP #jFunktionscode: **FUP**

Die Operation lässt den Bruchteil der Variable #j weg und addiert dem Ganztteil 1 in Absolutwert.

Beispiel:

```
#130 = FUP 12.1 = 13
#131 = FUP -7.3 = -8
```

Abarbeitungsreihenfolge zusammengesetzter arithmetischer Operationen

Die oben aufgeführten arithmetischen Operationen und Funktionen können miteinander kombiniert werden. Die Präzedenzregel, d.h. die Reihenfolge der Abarbeitung der Operationen ist folgend:

Funktionen — multiplikative arithmetische Operationen — additive arithmetische Operationen.
Beispielsweise:

```
#110 = #111 + #112 * COS #113
          _____ 1 _____
                _____ 2 _____ Reihenfolge der Operationen
          _____ 3 _____
```

Ändern der Abarbeitungsreihenfolge von Operationen

Durch die Anwendung der eckigen Klammern [und] kann die Reihenfolge der Durchführung der Operationen abgeändert werden. Die Klammerung kann fünffach geschachtelt werden. Bei einer grösseren Schachteltiefe zeigt die Steuerung den Fehlercode *3064 FALSCHER MAKROAUSDRUCK* an.

Beispiel für eine dreifache Schachtelung:

```
#120 = COS [ [ [ [#121 - #122] * #123 + #125] * #126]
          _____ 1 _____
                _____ 2 _____
          _____ 3 _____
                _____ 4 _____
          _____ 5 _____
```

Die Zahlen zeigen die Abarbeitungsreihenfolge der Operationen an. Es ist ersichtlich, dass für die Abarbeitungsreihenfolge der Operationen zwischen Klammern auf der gleichen Tiefe die oben erwähnte Präzedenzregel gilt.

22.13.3 Bedingte Ausdrücke

Die Programmiersprache kennt die folgenden bedingten Ausdrücke:

gleich:	#i EQ #j
ungleich:	#i NE #j
größer als:	#i GT #j
kleiner als:	#i LT #j
größer oder gleich:	#i GE #j
kleiner oder gleich:	#i LE #j

An den beiden Seiten eines bedingten Ausdrucks können die Variablen durch eine Formel ersetzt werden. Die obengenannten bedingten Ausdrücke können einer der bedingungsprüfenden Anweisungen IF oder WHILE folgen.

☞ *Anmerkung:* Da im Hintergrund der obigen bedingten Ausdrücke Addition und Subtraktion stehen, müssen die möglichen Fehler berücksichtigt werden.

22.13.4 Unbedingter Sprung: GOTO_n (GEHE)

Auf die Wirkung der Anweisung **GOTO_n** setzt sich die Programmabarbeitung am n-ten Satz desselben Programmes, ohne Bedingung fort. Die Zahl n kann durch eine Variable, oder eine Formel ersetzt werden. Die Satznummer, auf die durch die Anweisung GOTO gesprungen wird, muss am Satzanfang stehen. Findet die Steuerung die Satznummer nicht, zeigt sie den Fehlercode *3070 KEINE SATZNUMMER* an.

22.13.5 Bedingter Sprung: IF[<Bedingung>] GOTO_n (WENN[<.>] GEHE)

Wird die unbedingte zwischen eckigen Klammern stehende [<Bedingung>] erfüllt, setzt die Steuerung die Programmabarbeitung am n-ten Satz desselben Programmes fort.

Wird die [<Bedingung>] nicht erfüllt, setzt sich die Programmabarbeitung mit dem nächstfolgenden Satz fort.

Erfolgt keine Bedingungsprüfung nach IF, zeigt die Steuerung den Fehlercode *3091 FALSCHER OPERATION MIT #* an. Wird ein Syntaxfehler bei der Bedingungsprüfung gefunden, zeigt die Steuerung den Fehlercode *3064 FALSCHER MAKROAUSDRUCK* an.

22.13.6 Bedingte Anweisung: IF[<Bedingung>] (THEN)Anweisung (WENN[<.>]DANN)

Wird die [<Bedingung>] erfüllt, wird die Anweisung hinter THEN durchgeführt.

Wird die [<Bedingung>] nicht erfüllt, setzt sich die Programmabarbeitung mit dem nächstfolgenden Satz fort.

THEN kann in der Anweisung weggelassen werden, die Durchführung der Anweisungszeile IF[<Bedingung>] Anweisung

bleibt dabei unverändert.

22.13.7 Zyklusorganisation: WHILE [<Bedingung>] DO_m (SOLANGE[<.>],TUE) ... END_m (ENDE)

Bis zur Erfüllung der [<Bedingung>] werden die Sätze nach DO m bis zum Satz END m wiederholt durchgeführt. D.h. die Steuerung überprüft, ob die Bedingung erfüllt ist. Ist die Bedingung erfüllt, wird der Programmteil zwischen DO m und END m durchgeführt, dann kehrt das Programm auf die Wirkung der Anweisung END m zum erneuten Überprüfen der nach WHILE

stehenden Bedingung zurück.

Wird die [<Bedingung>] nicht erfüllt, setzt sich die Programmabarbeitung mit dem nächstfolgenden Satz fort.

Wird der Ausdruck WHILE [<Bedingung>] weggelassen, d.h. der Zyklus nur durch die Anweisungen DO m ... END m beschrieben wird, wird der Programmteil zwischen DOm und ENDM unendlich viele Male durchgeführt.

Mögliche Werte von m sind: 1, 2, 3. Bei der Angabe davon abweichender Werte zeigt die Steuerung den Fehlercode *3091 FALSCHER OPERATION MIT #* an.

Erfolgt nach WHILE keine Bedingungsprüfung, erfolgt die Fehleranzeige *3091 FALSCHER OPERATION MIT #*. Besteht ein Syntaxfehler in der Bedingungsprüfung, erfolgt die Fehleranzeige *3064 FALSCHER MAKROAUSDRUCK*.

Regeln der Zyklusorganisierung:

- Die Anweisung DO m muss vor der Anweisung END m angegeben werden:

```

:
END 1
:
:
:
DO1
FALSCH

```

- Die Anweisungen DO m und END m müssen paarweise angegeben werden:

```

:
DO1
:
DO1
FALSCH
:
END1
:
oder
:
DO1
:
END1
FALSCH
:
END1
:

```

- Die selbe Identifizierungsnummer kann mehrfach benutzt werden:

```

:
DO1
:
END1
:
:
RICHTIG
:
DO1
:
END1
:

```

– Die DOM - ENDM-Paare können dreifach ineinander geschachtelt werden:

```
:
DO1
:
DO2
:
DO3
:
:           RICHTIG
:
END3
:
END2
:
END 1
:
```

– Die DOM - ENDM-Paare dürfen einander nicht überlappen:

```
:
DO1
:
DO2
:
:           FALSCH
:
END1
:
END2
```

– Von einem Zyklus aus kann nach aussen gesprungen werden:

```
:
DO1
:
GOTO150
:
:           RICHTIG
:
END1
:
N150
:
```

– Von Aussen kann in einen Zyklus nicht gesprungen werden:

```

:
GOTO150
:
DO1
:
:           FALSCH
:
N150
:
END
:
oder
:
DO1
:
N150
:
:           FALSCH
:
END1
:
GOTO150
:

```

– Von einem Zyklus aus kann ein Unterprogramm, oder ein Makro aufgerufen werden. Innerhalb eines Unterprogrammes oder Benutzermakros können die Zyklen wiederum dreifach ineinander geschachtelt werden:

```

:
DO1
:
M98...      RICHTIG
:
G65...      RICHTIG
:
G66...      RICHTIG
:
G67...      RICHTIG
:
END1
:

```

22.13.8 Datenausgabebefehle

Die Steuerung kennt die folgenden Datenausgabebefehle:

POPEN	Eröffnen einer Peripherie
BPRNT	Datenausgabe binär
DPRNT	Datenausgabe dezimal
PCLOS	Schliessen einer Peripherie

Diese Befehle können zur Ausgabe der Werte von Charakteren und Variablen benutzt werden. Die Ausgabe kann in den Speicher der Steuerung und durch die seriellen Schnittstelle auf ein externes Datenspeichergerät erfolgen.

Eröffnen einer Peripherie: POPENn

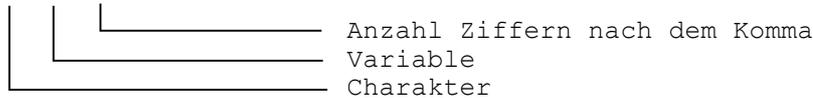
Vor der Ausgabe von Daten muss das entsprechende Peripheriegerät, über das die Datenausgabe erfolgen soll, eröffnet werden. Die Peripherie wird durch die entsprechende Zahl n erwählt:

n = 1	RS-232C serielle Interface-Linie
n = 31	Memorie der Steuerung

Beim Eröffnen einer Peripherie wird auch der Charakter % der Peripherie zugesandt, d.h. jede Datenausgabe beginnt mit dem Charakter %.

Datenausgabe binär: BPRNT[...]

BPRNT[a #b [c] ...]



Der Befehl sendet die Charaktere ISO- oder ASCII-codiert (abhängig von dem Parameterzustand), die Variablen binär aus.

- Die Charaktere werden ISO- oder ASCII-codiert ausgegeben. Die sendbaren Charaktere sind:
 - Alphabetische Charaktere: A, B, ..., Z
 - numerische Charaktere: 1, 2, ..., 0
 - Sondercharaktere: *, /, +, -
 - Anstelle des Charakters * sendet die Steuerung den ISO-Code der Leerstelle (Space, A0h) aus.
- Die Werte der Variablen werden auf 4 Byte, d.h. auf 32 Bits, beginnend vom Byte mit dem grössten Stellenwert ausgegeben. Nach der Nummer der Variablen ist die Anzahl der Dezimalstellen zwischen eckigen Klammern anzugeben. Darauf wandelt die Steuerung den Wert mit schwebendem Dezimalpunkt in einen Wert mit festem Dezimalpunkt um, in dem die Anzahl der wertigen Dezimalstellen dem zwischen den eckigen Klammern [] angegebenen Wert entspricht. Mögliche Werte für c: 1, 2, ..., 8. Beispielsweise:
 - wenn #120 = 258.647673 und [3] — dann wird 258648=0003F258h ausgegeben.
- Eine leere Variable wird mit dem Binärcode 00000000h ausgegeben.
- Am Ende der Datenausgabe gibt die Steuerung automatisch den Charakter für Zeilenschaltung (LineFeed) aus.

Beispiel:

```
BPRNT [ C*/ X#110 [3] Y#120 [3] M#112 [0] ]
#110=318.49362      _____  318494=0004DC1Eh
#120=0.723415      _____  723=000002D3h
#112=23.9          _____  24=00000018h
```

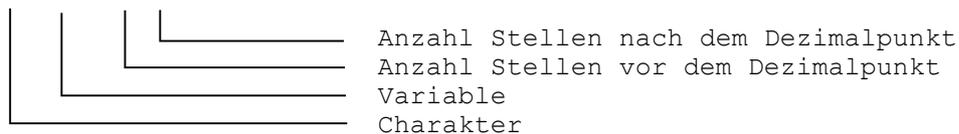
Die auszugebenden Charaktere sind:

```

 7 6 5 4 3 2 1 0
-----
1 1 0 0 0 0 1 1  --- C
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (Space)
1 0 1 0 1 1 1 1  --- /
1 1 0 1 1 0 0 0  --- X
0 0 0 0 0 0 0 0  --- 00
0 0 0 0 0 1 0 0  --- 04
1 1 0 1 1 1 0 0  --- DC
0 0 0 1 1 1 1 0  --- 1E
0 1 0 1 1 0 0 1  --- Y
0 0 0 0 0 0 0 0  --- 00
0 0 0 0 0 0 0 0  --- 00
0 0 0 0 0 0 1 0  --- 02
1 1 0 1 0 0 1 1  --- D3
0 1 0 0 1 1 0 1  --- M
0 0 0 0 0 0 0 0  --- 00
0 0 0 0 0 0 0 0  --- 00
0 0 0 0 0 0 0 0  --- 00
0 0 0 1 1 0 0 0  --- 18
0 0 0 0 1 0 1 0  --- Zeilenschaltung (Line Feed)
```

Datenausgabe dezimal: DPRNT[...]

```
DPRNT[ a #b [ c d ] ... ]
```



Alle Charaktere und Ziffern werden (abhängig von dem Parameterzustand) in ISO- oder ASCII-Code ausgegeben.

- Die Regeln für die Ausgabe der Charaktere siehe bei der Anweisung **BPRNT**.
- Bei der Ausgabe der Werte von Variablen sind die Anzahl der ganzen Stellen und der Dezimalstellen zwischen eckigen Klammern anzugeben. Bei der Angabe der Ziffern muss die Bedingung $0 < c + d < 9$ erfüllt werden. Die Ausgabe der Zahlen erfolgt von dem höchsten Stellenwert an. Sowohl das negative Vorzeichen (-) als auch der Dezimalpunkt (.) werden in ISO-Code ausgegeben. Ist der Parameter *PRNT* vom Wert $PRNT=0$, werden das Vorzeichen + und die führenden Nullen mit Leerstellen (Space) ausgegeben. Nach dem Dezimalpunkt werden alle Nullen (wenn es solche gibt) mit 0-Code ausgegeben. Wenn $PRNT=1$, werden das Vorzeichen + und die führenden Nullen nicht ausgegeben. Ist der Dezimalpunkt definiert, werden die nachfolgenden Nullen ausgegeben. Ist der Dezimalpunkt nicht definiert, werden weder der Dezimalpunkt noch die Nullen ausgegeben.

- Wenn d=0, wird der Dezimalpunkt ausgegeben. Ist nur c angegeben, wird auch der Dezimalpunkt nicht ausgegeben.
- Eine leere Variable wird mit dem 0-Code ausgegeben.
- Am Ende der Datenausgabe gibt die Steuerung automatisch eine Zeilenschaltung (LF-Code) aus.

Beispiel:

```
DPRNT [ X#130 [53] Y#500 [53] T#10 [2] ]
      #130=35.897421  _____  35.897
      #500=-150.8   _____ -150.8
      #10=214.8     _____   15
```

Datenausgabe bei PRNT=0

```
  7 6 5 4 3 2 1 0
  ---
1 1 0 1 1 0 0 0  --- X
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
0 0 1 1 0 0 1 1  --- 3
0 0 1 1 0 1 0 1  --- 5
0 0 1 0 1 1 1 0  --- Dezimalpunkt (.)
1 0 1 1 1 0 0 0  --- 8
0 0 1 1 1 0 0 1  --- 9
1 0 1 1 0 1 1 1  --- 7
0 1 0 1 1 0 0 1  --- Y
0 0 1 0 1 1 0 1  --- negatives Vorzeichen (-)
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
1 0 1 1 0 0 0 1  --- 1
0 0 1 1 0 1 0 1  --- 5
0 0 1 1 0 0 0 0  --- 0
0 0 1 0 1 1 1 0  --- Dezimalpunkt (.)
1 0 1 1 1 0 0 0  --- 8
0 0 1 1 0 0 0 0  --- 0
0 0 1 1 0 0 0 0  --- 0
1 1 0 1 0 1 0 0  --- T
1 0 1 0 0 0 0 0  --- Leerstelle (space)
1 0 1 1 0 0 0 1  --- 1
0 0 1 1 0 1 0 1  --- 5
0 0 0 0 1 0 1 0  --- Zeilenschaltung (LF)
```

Datenausgabe bei PRNT=1

```

 7 6 5 4 3 2 1 0
-----
1 1 0 1 1 0 0 0 --- X
0 0 1 1 0 0 1 1 --- 3
0 0 1 1 0 1 0 1 --- 5
0 0 1 0 1 1 1 0 --- Dezimalpunkt (.)
1 0 1 1 1 0 0 0 --- 8
0 0 1 1 1 0 0 1 --- 9
1 0 1 1 0 1 1 1 --- 7
0 1 0 1 1 0 0 1 --- Y
0 0 1 0 1 1 0 1 --- negatives Vorzeichen (-)
1 0 1 1 0 0 0 1 --- 1
0 0 1 1 0 1 0 1 --- 5
0 0 1 1 0 0 0 0 --- 0
0 0 1 0 1 1 1 0 --- Dezimalpunkt (.)
1 0 1 1 1 0 0 0 --- 8
0 0 1 1 0 0 0 0 --- 0
0 0 1 1 0 0 0 0 --- 0
1 1 0 1 0 1 0 0 --- T
1 0 1 1 0 0 0 1 --- 1
0 0 1 1 0 1 0 1 --- 5
0 0 0 0 1 0 1 0 --- Zeilenschaltung (LF)

```

Abschliessen einer Peripherie: PCLOSn

Die durch den Befehl POPEN geöffnete Peripherie ist mit dem Befehl PCLOS abzuschliessen. Nach dem Befehl PCLOS ist die Nummer der abzuschliessenden Peripherie anzugeben. Die Steuerung sendet am Ende noch den Charakter % aus, d.h. jede Datenausgabe wird mit % abgeschlossen.

Anmerkungen:

- Die Reihenfolge der Datenausgabebefehle ist gebunden. Die entsprechende Peripherie wird zuerst mit dem Befehl POPEN eröffnet, dann folgt die Datenausgabe durch den Befehl BPRINT oder DPRINT, zuletzt ist die Peripherie durch die Anweisung PCLOS abzuschliessen.
- Das Eröffnen und das Abschliessen einer Peripherie kann an beliebiger Stelle des Programmes erfolgen. Beispielsweise kann eine Peripherie am Programmanfang eröffnet und am Programmende abgeschlossen werden, wobei Datenausgaben an beliebigen Stellen des Programmes, zwischen den beiden Anweisungen erfolgen können.
- Ein M30- oder M2-Befehl, der während einer Datenausgabe ausgegeben wird, unterbricht die Datenübertragung. Um es zu vermeiden, muss während einer Datenübertragung, vor der Abarbeitung des M30-Befehls verzögert werden.
- Auf die Parameter einer eröffneten Peripherie (Baud-Rate, Anzahl Stop-Bites, usw.) muss geachtet werden. Diese Parameter können in der Gruppe SERIAL des Parameterfeldes eingestellt werden.

22.14 NC- und Makroanweisungen

In der Programmiersprache unterscheidet man NC- und Makrosätze.

NC-Sätze sind die durch die gewöhnlichen Codes wie G, M, usw. beschriebenen Sätze selbst in dem Fall, wenn die einzelnen Adressen nicht nur numerische Werte, sondern die Form von Variablen oder Formeln annehmen.

Als Makroanweisungen werden die folgenden Sätze betrachtet:

- Wertgebende Sätze: #i=#j
 - Sätze, die eine bedingte oder zyklusorganisierende Anweisung enthalten: IF, WHILE
 - Sätze mit Kontrollanweisungen: GOTO, DO, END
 - Sätze mit Makroaufrufe: G65, G66, G66.1, G67, oder die G- oder M-Codes, die einen Makroaufruf auslösen.
 - Unterprogramm aufrufe (durch M98 P oder A, B, C, S, T, M gestartete Unterprogramme)
- Hinsichtlich der Programmdurchführung wird der Makrosatz im eingeschalteten Zustand der Berechnung der Werkzeugradienkorrektur in der Ebene nicht als Funktionssatz und auch nicht als Bewegungen ausserhalb der angewählten Ebene beinhaltenden Satz betrachtet.

22.15 Abarbeitung der Makrosätze

Die Makrosätze können durch die Steuerung parallel mit der Abarbeitung der NC-Sätze oder danach durchgeführt werden. Der die Abarbeitung der NC- und der Makrosätze regelnde Parameter ist 9161 SBSTM. Ist der Parameter

=0: werden die NC- und Makrosätze in der im Programm beschriebenen Reihenfolge durchgeführt.

=1: werden die Makroanweisungen während der Abarbeitung der NC-Sätze durchgeführt.

Beispiel:

SBSTM=0

```
%O1000
...
N10 #100=50
N20 #101=100
N30 G1 X#100 Y#101
N40 #100=60 (Definition nach N30)
N50 #101=120 (Definition nach N30)
N60 G1 X#100 Y#101
```

Die in den Sätzen N40 und N50 beschriebenen Wertangaben werden nach der Abarbeitung des Satzes N30 durchgeführt.

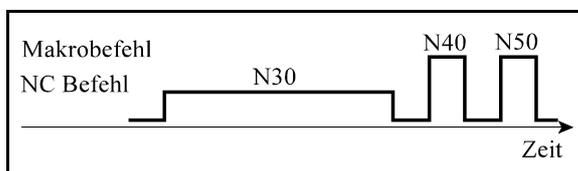


Abb. 22.15-1

☞ Folgen:

- Die Abarbeitung des Satzes ist langsamer.
- Wenn die Abarbeitung des Satzes N30 unterbrochen und dann die Bearbeitung neugestartet wird, kann die Bearbeitung einfach fortgesetzt werden, da der Satz N40, N50 die Variablen des Satzes N30 noch nicht umgeschrieben hat.

SBSTM=1

```
%O1000
...
N10 #100=50
N20 #101=100
N30 G1 X#100 Y#101
N40 #100=60 (Def. während N30)
N50 #101=120 (Def. während N30)
N60 G1 X#100 Y#101
```

Die in den Sätzen N40 und N50 beschriebene Wertangaben werden während der im Satz N30 laufenden Bewegung durchgeführt.

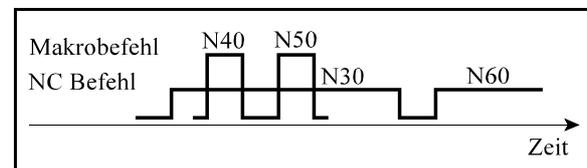


Abb. 22.15-2

☞ Folgen:

- Die Abarbeitung des Programmes ist schneller.
- Wenn die Abarbeitung des Satzes N30 unterbrochen und dann die Bearbeitung neugestartet wird, kann die Bearbeitung nicht fortgesetzt werden, nur wenn eine Satzsuche für den Satz N30 gestartet wird, da der Satz N40, N50 die Variablen des Satzes N30 schon umgeschrieben hat.

22.16 Anzeigen von Makros und Unterprogrammen im Automatikbetrieb

Im Automatikbetrieb können die Sätze der Makros und Unterprogramme angezeigt werden. Ist der Parameter *MD8* auf 0 gesetzt, werden die Sätze der von 8000 bis 8999 nummerierten Unterprogramme und Makros bei der Abarbeitung nicht aufgelistet. Ist der Parameter *MD8* auf 1 gesetzt, werden auch diese Sätze angezeigt.

Ist der Parameter *MD9* auf 0 gesetzt, werden die Sätze der von 9000 bis 9999 nummerierten Unterprogramme und Makros bei der Abarbeitung nicht aufgelistet.

Ist der Parameter *MD9* auf 1 gesetzt, werden auch diese Sätze angezeigt.

22.17 Benutzung der STOP-Taste bei der Abarbeitung einer Makroanweisung

Das Andrücken der STOP-Taste, d.h. die Einstellung der Programmabarbeitung wird immer nach der Beendigung der in der Abarbeitung befindlichen Makroanweisung wirksam.

Notizen

Stichwortverzeichnis

Abarbeitungsfolge	74, 75	nachgesetzte Nullen	38
Adressen		Parameter	
von Bohrzyklen	158	ADD	184
Adressenkette	8	ALADIST	184
Anfangspunkt	158	ANGLAL	110, 113
Annäherungspunkt	156	CDIR6	70
Anwahl der Ebene	59	CHBFMOVE	187
Arbeitsraumabgrenzung	185	CLEG83	160, 167
Ausgangspunkt	156	CORNANGL	49
Beibehaltung des Vektors	102	CORNOVER	49
Bohrachse	156	DECDIST	49
Bohrzyklen	156	DELTV	109
Dezimalpunkt	38, 218	EXTER	185
Ebene	65	FEED	44
Wechsel	65	G CODES	22, 23, 37, 44, 66
Eckbogen	103	G31FD	182
Ecke		G37FD	184
innere	49, 90, 92, 94, 97, 98, 112	INDEX_C1	70
Endstellun	187	INDEX1	70, 169
Endstellung	186	INTERFER	110
parametriert	56, 186	LIMP2n	185
Genauhalt	48	M_NUMB1	70
Gesperrte Zone	187	ORIENT1	69, 164, 174, 175
Hauptachse	66	POSCHECK	22
Hauptebene	65	RADDIF	26
Hauptspindel	69	RAPDIST	184
Inkrementensystem	39, 45, 82	RAPID6	70
Innerer Kreisbogen	50	REFPOS	57
Interferenzprüfung	110	RETG73	160, 162
Kodes		SECOND	55
von Bohrzyklen	157	SKIPF	182
Konfigurieren		STRKEN	185
der Bohrzyklen	157	TAPDWELL	163, 168
Konturfahren	104	TEST FEED	29
Koordinatenangaben	38	Paraméter	
Koordinatensysteme	59	ACCn	54
Kreis änderliches Radius	26, 107, 108	CRITFDIFn	52
Maschinen-Koordinatensystem	59	Positionierebene	156
Masstabieren	115	Programm anfang	9
Vergrößerung	115	Programm ende	9
Verkleinerung	115	Programm name	9
Massystem	38, 39, 45, 82	Programm nummer	9
Messen	182	R-Punkt	156
Messfunktionen	182	Referenzpunkt	56, 57
Metrisch	38	Richtung	

des Konturfahrens	<u>100</u>
Satz	<u>9</u>
Sicherheitsfunktionen	<u>185</u>
Spiegelung	<u>116</u>
Störung	
des Konturfahrens	<u>110</u>
Transformationen	<u>114</u>
Unterprogramm	<u>10, 74, 76, 77, 104</u>
Vollkreis	<u>26, 108</u>
Vorangestellte Nullen	<u>38</u>
Vorschubreduzierung	<u>49, 50</u>
Wartezeit	<u>55</u>
Werkzeuglängenmessung	<u>184</u>
Werkzeugradienkorrektur	
in der Ebene	<u>58, 65, 86</u>
räumlich	<u>58</u>
Werkzeugverwaltung	<u>73</u>
Wertgrenze	<u>45</u>
Wort	<u>8</u>
Zoll-Systems	<u>38</u>