

Unverändert: Schwarz

Neue Zyklen/Messen: Blau

Veränderte Zyklen: Grün

Wegbefehle

G00	Linearinterpolation im Eilgang
G01	Linearinterpolation im Vorschub
G02	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn
G03	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn
G04	Verweilzeit
G05	Setzen der Verschleißkorrekturwerte
G06	Modale Adressen der Werkzeugwechsellpunktanfahrt
G07	Elementarer Messbefehl im Abschnitt In-Prozess-Messen
G08	Elementare Messzyklen im Abschnitt In-Prozess-Messen
G09	Genauhalt
G10	Linearinterpolation im Eilgang in Polarkoordinaten
G11	Linearinterpolation im Vorschub in Polarkoordinaten
G12	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten
G13	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten
G14	Konfigurierten Werkzeugwechsellpunkt mit Zwischenpunkten anfahren
G15	Bearbeitungsebenenwahl
G16	Inkrementelle Drehung der aktuellen kartesischen Bearbeitungsebene
G17	Kreisbogen-Interpolationsebenenwahl
G18	Kreisbogen-Interpolationsebenenwahl
G19	Kreisbogen-Interpolationsebenenwahl
G20	belegt beim Fräsen
G21	belegt beim Fräsen
G22	Unterprogrammaufruf
G23	Programmteilwiederholung
G24	belegt beim Fräsen
G25	noch frei
G26	Mess-Taster-Kalibrierzyklus im Abschnitt In-Prozess-Messen
G27	Modale Zyklusadressen Messen im Abschnitt In-Prozess-Messen
G28	Toleranzwertadressen im Abschnitt In-Prozess-Messen
G29	Bedingte/unbedingte Programmsprünge
G30	Umspannen/Gegenspindelübernahme/Reitstockposition
G31	Gewindezyklus
G32	Gewindebohrzyklus
G33	Gewindestrehlgang
G34	belegt beim Fräsen
G35	belegt beim Fräsen
G36	belegt beim Fräsen
G37	belegt beim Fräsen
G38	belegt beim Fräsen
G39	belegt beim Fräsen
G40	Abwahl der Fräser-/Schneidenradiuskorrektur
G41	Anwahl der Fräser-/Schneidenradiuskorrektur links
G42	Anwahl der Fräser-/Schneidenradiuskorrektur rechts
G43	noch frei

G45	Lineares tangenciales An-/Abfahren an eine Kontur
G46	Tangenciales An-/Abfahren an eine Kontur in einem Viertelkreis
G47	Tangenciales An-/Abfahren an eine Kontur in einem Halbkreis
G48	Gravier-/Beschriftungszyklus
G49	belegt beim Fräsen: Konturfräsen
G50	Aufheben von inkrementellen Nullpunktverschiebungen und Drehungen
G51	Einstellbare Nullpunkte setzen
G52	Satzweise Anwahl des Maschinenkoordinatensystems
G53	Anwahl Maschinenkoordinatensystem
G54 - G57	Anwahl eines Einstellbaren Nullpunkts
G58	Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung in Polarkoordinaten und Drehung
G59	Absolute/inkrementelle Nullpunktverschiebung und Drehung
G60	noch frei
G61	Linearinterpolation für Konturzüge
G62	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge
G63	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge
G64	Zyklus Nuten-Stoßen
G65	Makro-Aufruf im Abschnitt Parameterprogrammierung
G66	Spiegeln
G67	Skalieren
G68	noch frei
G69	belegt beim Fräsen: Mehrkantfräsen
G70	Umschalten auf Maßeinheit Zoll (inch)
G71	Umschalten auf Maßeinheit Millimeter (mm)
G72 – G79	belegt beim Fräsen
G80	Abschluss einer Kontur bei Zyklen
G81	Längsschruppzyklus
G82	Planschruppzyklus
G83	Konturparalleler Schruppzyklus
G84	Tieflochbohrzyklus
G85	Freistichzyklus
G86	Radialer Einstechzyklus
G87	Radialer Konturstechzyklus
G88	Axialer Einstechzyklus
G89	Axialer Konturstechzyklus
G90	Absolutmaßangabe
G91	Kettenmaßangabe
G92	Werkstückspindel-Drehzahlbegrenzung
G93	noch frei
G94	Millimetervorschub mm/min
G95	Umdrehungsvorschub mm/U
G96	Konstante Schnittgeschwindigkeit
G97	Konstante Drehzahl

M-Befehle

M01 Bedingter Halt

M06 Werkzeugwechsel mit M06

Mehrkanalprogrammierung und Werkstückhandhabung Werkstückhandhabung mit Robotern

M-Befehle

- G98 WAIT- und NOWAIT-Synchronisationsmarken
- G99 Kanalwechsel im Mehrkanalprogramm

In-Prozess-Messen

- G07 Elementarer Messbefehl für eine Berührungspositionsmessung
- G08 Elementare Messzyklen
- G26 Mess-Taster-Kalibrierzyklus für Kalibrierringe und Kalibrierkugeln
- G27 Modale Zyklusadressen Messen
- G28 Toleranzwertadressen für Form- und Lageabweichungen
- MSG Message-Befehl zur Konsol-Anzeige der Messergebnisse

Parameterprogrammierung

Allgemeine Grundlagen

Systemparameter

Rechenoperationen

Arithmetische und Logische Ausdrücke

Logische Anweisungen – Verzweigungen und Schleifen

- G65 Makro-Aufruf (Macro call)

Einrichteblattsyntax-Erweiterungen für Werkstückhandhabung:
Erweiterung um Werkstückmagazine für Rohteile und Fertigteile

Einrichteblatterweiterungen

Einrichteblattsyntax-Erweiterungen für Werkstückhandhabung:
Erweiterung um Werkstückmagazine für Rohteile und Fertigteile

Übersicht elementare DIN-Befehle nach DIN 66025

G0	Verfahren im Eilgang
G1	Linearinterpolation im Arbeitsgang
G2	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn
G3	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn
G4	Verweildauer
G5	Setzen der Verschleißkorrekturwerte
G7	Elementarer Messbefehl
G9	Genauhalt
G10	Eilgang in Polarkoordinaten
G11	Linearinterpolation im Arbeitsgang in Polarkoordinaten
G12	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten
G13	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten
G14	Konfigurierten Werkzeugwechsellpunkt anfahren
G15	Sonderbearbeitungsebene anwählen
G17	Stirnseitenbearbeitungsebenen
G18	Drehbearbeitungsebenenwahl
G19	Mantelflächen/Sehnenflächenbearbeitungsebenenwahl
G20	Linearinterpolation im Eilgang in G15
G21	Linearinterpolation im Arbeitsgang in G15
G22	Unterprogrammaufruf
G23	Programmteilwiederholung
G29	Bedingte Programmsprünge
G30	Umspannen/Gegenspindelübernahme/Reitstockpositionierung
G33	Gewindestrehlgang
G40	Abwahl der Schneidenradiuskorrektur (SRK)
G41/G42	Schneidenradiuskorrektur (SRK) links/rechts von der Kontur
G45	Lineares tangentialen An- oder Abfahren an eine Kontur in G18
G46	Tangentialen An- oder Abfahren an eine Kontur im Viertelkreis in G18
G47	Tangentialen An- oder Abfahren an eine Kontur im Halbkreis in G18
G50	Aufheben der inkrementellen Nullpunktverschiebungen und Drehungen
G51	Einstellbare Nullpunkte setzen
G53	Alle Nullpunktverschiebungen und Drehungen aufheben
G54 - G57	Einstellbare absolute Nullpunkte

G58	Inkrementelle Nullpunktverschiebung polar und Drehung
G59	Inkrementelle Nullpunktverschiebung kartesisch und Drehung
G61	Linearinterpolation für Konturzüge
G62	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge
G63	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge
G70	Umschaltung auf Maßeinheit Zoll (Inch)
G71	Umschaltung auf Maßeinheit Millimeter (mm)
G90	Absolutmaßangabe einschalten
G91	Kettenmaßangabe einschalten
G92	Drehzahlbegrenzung
G94	Vorschub in Millimeter pro Minute
G95	Vorschub in Millimeter pro Umdrehung
G96	Konstante Schnittgeschwindigkeit
G97	Konstante Drehzahl
G98	WAIT- und NOWAIT-Synchronisationsmarken
G99	Kanalwechsel im Mehrkanalprogramm

PAL Drehbearbeitungszyklen (Ebene G18)

Übersicht aller vorhandenen Zyklen

G31	Gewindezyklus
G32	Gewindebohrzyklus
G33	Gewindestrehlzyklus/-gang
G64	Nuten-Stoß-Zyklus
G80	Abschluss einer Bearbeitungszyklus-Konturbeschreibung
G81	Konturschruppzyklus längs
G82	Konturschruppzyklus plan
G83	Konturschruppzyklus konturparallel
G84	Bohrzyklus
G85	Freistichzyklus
G86	Stechzyklus radial
G87	Konturstechzyklus radial
G88	Stechzyklus axial
G89	Konturstechzyklus axial

G0 Linearinterpolation im Eilgang

Das Werkzeug verfährt im Eilgang mit größtmöglicher Geschwindigkeit mit Linearinterpolation auf die mit Z, X und Y programmierten Zielkoordinaten. Der Eilgang endet mit einem Genauhalt.

Optional können auch in der Maschine als NC-Achsen vorhandene Rund- oder Dreh-Achsen A, B und C sowie eine vorhandene Linearachse Y mit G0 programmiert werden (man beachte die wichtigen Programmierhinweise hierzu).

G0 Z /ZI /ZA X /XI /XA F S M TC TR TZ TX Y /YI /YA (A /AI /AA B /BI /BA C /CI /CA)

Optional:

Z /ZI /ZA	Z-Koordinate des Zielpunktes (1. Geometrieachse G18)
Z	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
ZA	absolute Koordinate
X /XI /XA	X-Koordinate des Zielpunktes (2. Geometrieachse G18)
X	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
XA	absolute Koordinate
F	Vorschub
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen
TC	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuskorrektur
TX	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur in X
TZ	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur in Z
	Programmierung von Y nur, wenn Y als NC-Achse oder als interpolierte Achse in den Bearbeitungsebenen IP1 und IP3 vorhanden ist.
Y /YI /YA	Y-Koordinaten des Zielpunktes (3. Geometrieachse G18)
Y	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
YA	absolute Koordinate
	Programmierung einer Rundachse nur wenn diese als NC-Achse vorhanden ist, Angabe aller Rundachswerte in Winkelgrad
A /AI /AA	Rundachse mit Drehung um die X-Achse, (G90/G91) / inkrementell / absolut
B /BI /BA	Rundachse mit Drehung um die Y-Achse, (G90/G91) / inkrementell / absolut
C /CI /CA	Rundachse mit Drehung um die Z-Achse, (G90/G91) / inkrementell / absolut

Programmierhinweise:

Mit dem Befehl G0 können **alle NC-Achsen** zusammen in einem Satz programmiert werden. Voreinstellung für alle NC-Achs-Adressen ist der jeweils aktuelle Wert (Selbsthaltfunktion).

Bei der Eilgangbewegung werden **alle** Koordinatenachsen interpolierend verfahren, so dass alle Achsen gleichzeitig ihre Zielkoordinate erreichen. Dadurch erfolgt die Steuerung der Eilgangbewegung durch die Achse, welche die längste Zeit für ihren Achsverfahrweg benötigt.

Werden im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung TC, TR, TZ, TX, ein Vorschub und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese Werte zuerst in die Steuerungsregister eingetragen und dann auf die Zielkoordinaten verfahren.

Für die Behandlung der M-Maschinenbefehle gibt es gesonderte Einstellungen für das Aktivieren am Satzanfang oder Satzende.

Die Y-Achse darf nur programmiert werden, wenn sie in der Maschine auch als NC-Achse vorhanden ist oder durch Interpolation mit der C-Achse in den Bearbeitungsebenen IP1 oder IP3 gebildet wird.

Bei Langdrehern wird die standardmäßig vorhandene Y-Achse des Werkzeug-Linearschlittens zur Durchführung der Werkzeugwechsel durch einen Korrekturwertwechsel und nachfolgender Anfahrt von Y0 zur Einstellung der Spitzenhöhe verwendet.

Eine Rundachse darf nur nach sorgfältiger Prüfung in G0 programmiert werden, da dies im Allgemeinen zu bedeutenden Veränderungen in der aktiven Bearbeitungsebene vor allem beim Fräsen als auch beim Drehen (Schwenken der B-Achse) oder zu Fehlermeldungen der Steuerung (Programmierung des C-Achswerts einer mit M3/4 rotierenden Werkstückspindel) führt.

Die Programmierung der Rundachsen in G0 und G1 ist für die Programmierung in Polarkoordinaten und Spiralen auf der Stirnfläche sowie die Programmierung in Zylinderkoordinaten und Wendelnuten auf der Mantelfläche erforderlich.

G1 Linearinterpolation im Vorschub

Das Werkzeug verfährt mit dem programmierten Vorschub mit Linearinterpolation auf den mit einer Auswahl der programmierten Koordinaten Z, X und der Adressen D und AS berechneten Endpunkt der Strecke und berücksichtigt dabei eine programmierte Verrundung oder Fase zum nächsten Verfahrensweg.

Optional können auch in der Maschine als NC-Achsen vorhandene Rund- oder Dreh-Achsen A, B und C sowie eine vorhandene Linearachse Y mit G0 programmiert werden (man beachte die wichtigen Programmierhinweise hierzu).

G1 *Z/ZI/ZA X/XI/XA D AS RN H F E S M TC TR TZ TX
Y/YI/YA (A/AI/AA B/BI/BA C/CI/CA) FW*

Optional:

Z /ZI /ZA	Z-Koordinate des Zielpunktes (1. Geometrieachse G18)
Z	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
ZA	absolute Koordinate
X /XI /XA	X-Koordinate des Zielpunktes (2. Geometrieachse G18)
X	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
XA	absolute Koordinate
D	Länge der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene (D positiv)
AS	Anstiegswinkel der Verfahrstrecke in der ZX-Bearbeitungsebene bezogen auf die positive, erste Geometrieachse (G18:Z)
RN	[0] Übergangselement zum nächsten Konturelement RN+ Verrundungsradius RN- Fasenbreite
H	[1] Lösungsauswahl Winkelkriterium (falls D aber nicht AS programmiert ist) H1 kleiner Winkel zur positiven ersten Geometrieachse H2 großer Winkel zur positiven ersten Geometrieachse
F	Vorschub
E	Feinkonturvorschub für Übergangselemente
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen
TC	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuskorrektur
TX	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur in X
TZ	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur in Z
	Programmierung von Y nur, wenn Y als NC-Achse oder als interpolierte Achse in den Bearbeitungsebenen IP1 und IP3 vorhanden ist.
Y /YI /YA	Y-Koordinaten des Zielpunktes (3. Geometrieachse G18)
Y	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
YA	absolute Koordinate
	Programmierung einer Rundachse nur wenn diese als NC-Achse vorhanden ist, Angabe aller Rundachswerte in Winkelgrad
A /AI /AA	Rundachse mit Drehung um die X-Achse, (G90/G91) / inkrementell / absolut
B /BI /BA	Rundachse mit Drehung um die Y-Achse, (G90/G91) / inkrementell / absolut
C /CI /CA	Rundachse mit Drehung um die Z-Achse, (G90/G91) / inkrementell / absolut
FW	[720] Vorschub der Winkeleinstellung auf dem Großkreis in Winkelgrad/min FW ist nicht selbsthaltend und hat die Vorbelegung Eilgang in allen Rundachsen

Programmierhinweise:

Mit dem Befehl G0 können **alle NC-Achsen** zusammen in einem Satz programmiert werden. Voreinstellung für alle NC-Achs-Adressen ist der jeweils aktuelle Wert (Selbthaltefunktion).

Es können maximal zwei der vier Geometrieadressen 1. Geometrieachse; 2. Geometrieachse, AS und D programmiert werden. Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunktkoordinate nur dann verwendet, wenn als Geometrieadresse nur die andere Endpunktkoordinate programmiert wurde. Winkel, Längen, Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene eingefügt (d. h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt). Die Winkel für das Winkelkriterium mit H werden in positiver Orientierung zur positiven 1. Geometrieachsrichtung gemessen (Winkelwerte zwischen 0° und +360°).

Werden im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung TC, TR, TZ, TX ein Vorschub und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene eingefügt (d. h. beim Fräsen werden Bewegungen in der Zustellachse bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt).

Bei der Bewegung werden alle Koordinaten gesteuert durch den programmierten Vorschub des linearen Bewegungsanteils interpolierend verfahren.

Enthält der Verfahrssatz **keinen linearen Bewegungsanteil (Startpunkt = Endpunkt)** wird die aktuelle Werkzeugrichtung in die neu programmierte Werkzeugrichtung so eingeschwenkt, dass alle Zwischenrichtungen in der vom Startrichtungs- und Endrichtungsvektor aufgespannten Richtungsebene liegen (Bewegung entlang eines Großkreises auf der Kugeloberfläche der normierten Richtungsvektoren), wobei die Endrichtung mit dem **kleineren** der beiden Winkelintervalle des Großkreises in der Richtungsebene angefahren wird. In diesem Fall wird die Winkeländerung in der Richtungsebene mit dem Winkelvorschub FW eingestellt. Dabei wird der Winkelvorschub von der Lageregelung der Steuerung reduziert, wenn der Winkelvorschub in einer beteiligten Rundachse dabei größer als der konfigurierte maximale Winkelvorschub dieser Rundachse werden würde.

Ein Spindelhalt M5 und das Ausschalten des Kühlmittels M9 werden erst am Ende des Verfahrssatzes ausgeführt. Ein Einschalten der Spindel oder des Kühlmittels erfolgt am Satzanfang.

Die Y-Achse darf nur programmiert werden, wenn sie in der Maschine auch als NC-Achse vorhanden ist oder durch Interpolation mit der C-Achse in den Bearbeitungsebenen IP1 oder IP3 gebildet wird.

Bei Langdrehern wird die standardmäßig vorhandene Y-Achse des Werkzeug-Linearschlittens zur Durchführung der Werkzeugwechsel durch einen Korrekturwertwechsel und nachfolgender Anfahrt von Y0 zur Einstellung der Spitzenhöhe verwendet.

Eine Rundachse darf nur nach sorgfältiger Prüfung in G1 programmiert werden, da dies im Allgemeinen zu bedeutenden Veränderungen in der aktiven Bearbeitungsebene vor allem beim Fräsen als auch beim Drehen (Schwenken der B-Achse) oder zu Fehlermeldungen der Steuerung (Programmierung des C-Achswerts einer mit M3/4 rotierenden Werkstückspindel) führt.

Die Programmierung der Rundachse C mit G0 und G1 ist bei Drehmaschinen für die Programmierung in Polarkoordinaten und Spiralen auf der Stirnfläche sowie die Programmierung in Zylinderkoordinaten und Wendelnuten auf der Mantelfläche erforderlich.

Programmierhinweise:

Bei der Programmierung des Kreismittelpunktes ist zu beachten, dass eine nicht programmierte Mittelpunktkoordinate den inkrementellen Wert null als Vorbelegung erhält. Die Programmierung des Kreisbogenmittelpunkts und nur einer Endpunktkoordinate ist zulässig. In diesem Fall gibt es zwei, eine oder keine Lösung. Im Fall von zwei Lösungen kann eine mit Hilfe des Bogenkriteriums der Adresse O ausgewählt werden. Wird dabei auch die zweite Endpunktkoordinate programmiert, so muss deren Wert zu genau einer der möglichen Lösungen passen, andernfalls gibt es die Kreisformfehlermeldung (Überbestimmung der Kreisbogenprogrammierung durch die 4 Koordinatenangaben des Mittel- und des Endpunkts). Das Bogenlängenkriterium ist dann ohne Bedeutung.

Bei der Programmierung des Kreisradius erfolgt die Lösungsauswahl mit dem Bogenlängen-kriterium über das Vorzeichen des Radiuswertes. Die Programmierung von O wird in diesem Fall ignoriert.

Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunktkoordinate der Bearbeitungsebene nur dann verwendet, wenn dies für die Bestimmung des Konturelements mit AO oder R notwendig ist.

Die Selbthaltefunktion für beide Endpunktkoordinaten der Bearbeitungsebene erzeugt bei der Programmierung des Mittelpunktes eine Vollkreisbewegung und bei der Programmierung des Kreisradius oder des Öffnungswinkels ohne Mittelpunktkoordinaten eine Nullbewegung.

Je nach Ebenenanwahl können nur die zu dieser Bearbeitungsebene gehörenden Mittelpunktkoordinaten programmiert werden.

Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene eingefügt (d. h. beim Fräsen werden Bewegungen in der Zustellachse bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt).

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Hinweis Fräsbearbeitung:

Wird bei angetriebenen Fräsworkzeugen außerdem noch ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse der Fräsbearbeitungsebene G17 oder G19 programmiert, der vom Ausgangswert des Startpunktes abweicht, so verfährt das Werkzeug in der sogenannten Schraubenlinieninterpolation (Helix). Hierbei wird beim Abfahren des Kreisbogens in der Bearbeitungsebene eine lineare Vorschubbewegung in der Zustellrichtung überlagert.

Programmierhinweise:

Bei der Programmierung des Kreismittelpunktes ist zu beachten, dass eine nicht programmierte Mittelpunktkoordinate den inkrementellen Wert null als Vorbelegung erhält. Die Programmierung des Kreisbogenmittelpunkts und nur einer Endpunktkoordinate ist zulässig. In diesem Fall gibt es zwei, eine oder keine Lösung. Im Fall von zwei Lösungen kann eine mit Hilfe des Bogenkriteriums der Adresse O ausgewählt werden. Wird dabei auch die zweite Endpunktkoordinate programmiert, so muss deren Wert zu genau einer der möglichen Lösungen passen, andernfalls gibt es die Kreisformfehlermeldung (Überbestimmung der Kreisbogenprogrammierung durch die 4 Koordinatenangaben des Mittel- und des Endpunkts). Das Bogenlängenkriterium ist dann ohne Bedeutung.

Bei der Programmierung des Kreisradius erfolgt die Lösungsauswahl mit dem Bogenlängen-kriterium über das Vorzeichen des Radiuswertes. Die Programmierung von O wird in diesem Fall ignoriert.

Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunktkoordinate der Bearbeitungsebene nur dann verwendet, wenn dies für die Bestimmung des Konturelements mit AO oder R notwendig ist.

Die Selbthaltefunktion für beide Endpunktkoordinaten der Bearbeitungsebene erzeugt bei der Programmierung des Mittelpunktes eine Vollkreisbewegung und bei der Programmierung des Kreisradius oder des Öffnungswinkels ohne Mittelpunktkoordinaten eine Nullbewegung.

Je nach Ebenenanwahl können nur die zu dieser Bearbeitungsebene gehörenden Mittelpunktkoordinaten programmiert werden.

Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene eingefügt (d. h. beim Fräsen werden Bewegungen in der Zustellachse bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt).

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Hinweis Fräsbearbeitung:

Wird bei angetriebenen Fräsworkzeugen außerdem noch ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse der Fräsbearbeitungsebene G17 oder G19 programmiert, der vom Ausgangswert des Startpunktes abweicht, so verfährt das Werkzeug in der sogenannten Schraubenlinieninterpolation (Helix). Hierbei wird beim Abfahren des Kreisbogens in der Bearbeitungsebene eine lineare Vorschubbewegung in der Zustellrichtung überlagert.

G4 Verweildauer

Die Werkzeugbewegung wird für die angegebene Verweilzeit unterbrochen.

G4 U O

U		Verweilzeit
<i>Optional:</i>		
O	[1]	Verweilzeiteinheit
		O1 Sekunden
		O2 Umdrehungen

Der Befehl G4 wird zum Spanbruch, Freischneiden des Werkzeuges oder Entspänen programmiert.

G5 Setzen der Verschleißkorrekturwerte

Mit diesem Befehl kann für ein Werkzeug T und dessen Korrekturwert TC eine Verschleißkorrektur gesetzt werden und ein Schwesterwerkzeug aktiviert werden.

G5 T TC VR VX VY VZ RK XK YK ZK IT IN

T		Werkzeugnummer
<i>Optional:</i>		<i>Inkrementell wirkende Verschleißkorrekturwerte</i>
TC	[1]	Verschleißkorrekturwertsatznummer
VR	[0]	Radius-Verschleißkorrekturwert
VX	[0]	X-Verschleißkorrekturwert
VY	[0]	Y-Verschleißkorrekturwert
VZ	[0]	Z-Verschleißkorrekturwert
RK	[0]	maximal zulässiger Betrag des Radius-Verschleißkorrekturwerts bei Fräswerkzeugen
XK	[0]	maximal zulässiger Betrag des X-Verschleißkorrekturwerts
YK	[0]	maximal zulässiger Betrag des Y-Verschleißkorrekturwerts (Drehen in Z-Y)
ZK	[0]	maximal zulässiger Betrag des Z-Verschleißkorrekturwerts
IT	[0]	Parameternummer des Parameters mit der Werkzeugnummer des den Verschleiß erzeugenden Werkzeugs (Werkzeugaufruf mit T=P(IT))
IN	[0]	Werkzeugnummer des Schwesterwerkzeugs zum Werkzeug T=P(IT) (Schwesterwerkzeugaufruf durch die Parameterwertänderung P(IT)=IN)

Inkrementelle Verschleißkorrekturwerte:

Mit G5 werden die programmierten Verschleißkorrekturwerte zu den aktuellen Verschleißkorrekturwerten hinzuaddiert. Beim Einrichten werden die Verschleißkorrekturen auf null gesetzt.

Schwesterwerkzeugsteuerung:

Eine automatische Schwesterwerkzeugsteuerung setzt voraus, dass der Werkzeugaufruf parametrisiert, d. h. über eine Parameterwertsteuerung T=P(NR) mit einer Parameternummer NR, erfolgt, sodass mit einer Änderung des Parameterwertes des Parameters P(NR) durch den Werkzeugaufruf T=P(NR) ein anderes Werkzeug als Schwesterwerkzeug aufgerufen wird.

Im Fall, dass der Betrag des Verschleißes beim Fräsen in R oder in Z die Betragsmaxima RK oder ZK bzw. beim Drehen in Z und X die Betragsmaxima ZK oder XK übersteigt wird vom Zyklus G5 für IT > 0 und IN > 0 ein Schwesterwerkzeug für das verschlissene Werkzeug T=P(IT) durch Änderung des Parameterwertes P(IT) in P(IT)=IN definiert.

Damit wird bei einem erneuten Werkzeugaufruf mit T=P(IT) = IN das Schwesterwerkzeug mit der Werkzeugnummer IN aufgerufen.

Programmierhinweise:

Die Verschleißkorrekturen in Z sind beim Fräsworkzeugen in Z-Richtung stets wirksam. Die Radius-Verschleißkorrektur ist jedoch nur bei eingeschalteter Fräserradiuskompensation G41/G42 wirksam.

Bei Drehwerkzeugen werden die Verschleißkorrekturen in Z und X berücksichtigt, jedoch wird kein Schneidenradiusverschleiß berechnet.

Beim Einrichten eines neuen Werkzeugs werden die Verschleißkorrekturen auf null gesetzt.

Beispiel: Werkzeug T2 habe das Schwesterwerkzeug unter T11. Mit den frei wählbaren Parameternummern 1002 und 1011 setzen wir: P1002=2 und P1011=11 und das Werkzeug T2 wird im NC-Programm aufgerufen mit T=P1002. Soll das Schwesterwerkzeug T11 statt T2 verwendet werden setzt G5 den Wert von P1002=11 und bei **weiteren Aufrufen** von T=P1002 wird somit Werkzeug T11 eingewechselt.

G6 Modale Adressen der Werkzeugwechsellpunktanfahrt

Zu den Koordinaten des in der Maschinenkonfiguration festgelegten Werkzeugwechsellpunktes in absoluten Maschinenkoordinaten können mit diesem G-Befehl zusätzlich ein Zwischenpunkt und zwei Werkzeug-Magazin-Wechsellpunkte in Maschinenkoordinaten als weitere Maschinenkonfigurationsgrößen definiert werden. Einfachste Anwendung beim Fräsen mit einem Werkzeugmagazin ist die Übereinstimmung der linearen Koordinaten des Werkzeug-Magazin-Wechsellpunkts mit denen des in der Maschine konfigurierten Werkzeugwechsellpunkts.

Die einzelnen Linear- und Rundachswerte dieser drei Punkte können zur Festlegung einer Bewegungsabfolge zur Anfahrt auf den Werkzeug-Magazin-Wechsellpunkt mit G14 einzeln oder beliebig zusammengefasst in einem vom Anwender frei programmierbaren globalen Unterprogramm mit der Programmnummer LO angefahren werden. Auf diese Weise kann auch die Anfahrt auf den konfigurierten Maschinen-Werkzeugwechsellpunkt in beliebigen Koordinatenreihenfolge vorgegeben werden.

Die Anfahrt erfolgt nach den inkrementellen Freifahrbewegungen von G14 durch Aufruf des vom Benutzer vorgegebenen Unterprogramms L=LO mit bereits angewähltem Maschinenkoordinatensystem G53 in der Standardbearbeitungsebene ohne Werkzeugkorrekturwertregister (TC0). Die Anfahrt des Werkzeug-Magazinwechsellpunkts steht im Unterprogramm L=LO ab Satznummer N1000 oder die optionale Rückfahrt auf den Zwischenpunkt nach dem Werkzeugwechsel ab Satznummer N2000. Beim Aufruf von G6 muss dieses Unterprogramm L=LO bereits als globale Unterprogrammdatei existieren - entweder als leeres Programm oder mit einem bereits zuvor erfolgten Eintrag der Zuweisung aller Adresswerte der Werkzeugwechsellpunktanfahrt an Parameterwerte beginnend mit P(KO)=LO und weiter in P(KO+KN), $0 < KN \leq 46$ für die weiteren Achskoordinaten und Magazinzuordnungswerte.

Die Anweisung G6 **ergänzt** das leere Unterprogramm L=LO durch den Eintrag aller nachstehenden Achskoordinatenwerte der Werkzeug-Magazin-Wechsellpunktanfahrt in Parameter beginnend mit der Parameternummer KO **oder überschreibt** die im Unterprogramm L=LO bereits enthaltenen Parameterwertzuweisungen durch die aktuell mit G6 definierten Werte.

Zusätzlich werden werkzeuggrößenabhängige inkrementelle Freifahrbewegungskordinaten XT, YT, ZT für die aktuellen Bearbeitungsebene vor der eigentlichen Anfahrt des Werkzeugwechsellpunktes **als maschinenspezifische Voreinstellwerte** für G14 vorgegeben.

G6 KO LO *XT YT ZT AT BT CT DT HT IT JT KT XO YO ZO VO AO BO CO DO*
XP YP ZP AP BP CP XW YW ZW AW BW CW

		Diese Vorgabewerte müssen maschinenspezifisch gesetzt werden.
KO		Parameternummern-Offset für die Achswertspeicherung
LO		Nummer des maschinenspezifischen Unterprogramms, gespeichert in P(KO) Mit dem Parameter P(KO) beginnt der Speicherbereich P(KO+KN), KN = 1, 2, 3, ..., mit den Werten der nachstehenden Adressen zur Werkzeugwechsellpunktanfahrt
Optional:		Inkrementelle Freifahrbewegungen in X, Y und Z in den Werkstückkoordinaten der aktuellen Bearbeitungsebene
XT	[100]	KN=1: Drehen: Inkrementelle Freifahrlänge in X (max. Auskraglänge in X bei eingewechseltem Außenbearbeitungsdreh-WZ oder vertikalem Fräs-Z)
	[0]	Fräsen (G17): Inkrementelle Freifahrlänge in X
YT	[0]	KN=2: Drehen und Fräsen (G17): Inkrementelle Freifahrlänge in Y
ZT	[180]	KN=3: Drehen: Inkrementelle Freifahrlänge in Z (max. Auskraglänge in Z bei eingewechseltem Innenbearbeitungsdreh-WZ oder horizontalem Fräs-Werkzeug oder beim Fräsen (G17) maximale Werkzeuglänge oder Auskraglänge in Z bei Fräs-Werkzeugen – je nachdem, ob auch das WZ-Spannfutter bei der Bearbeitung in das Werkstück eintaucht.)

Adressen der Werkzeug-Magazin-Wechselpunktanfahrt

Werkzeugnummernzuordnung zu WZ-Magazin 1

AT	[1]	KN=11: Anfangs-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 1
BT	[999]	KN=12: End-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls (alle WZ in Mag 1)
CT	[0]	KN=13: Anfangs-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 1
DT	[0]	KN=14: End-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 1

Werkzeugnummernzuordnung zu WZ-Magazin 2

HT	[0]	KN=15: Anfangs-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 2
IT	[0]	KN=16: End-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 2
JT	[0]	KN=17: Anfangs-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 2
KT	[0]	KN=18: End-WZ-Nummer eines WZ-Nummern-Intervalls für Magazin 2

Maschinenkoordinaten der Werkzeug-Magazin-Wechselpunkte

1. Anfahr-Zwischenpunkt (Voreinstellung speziell für Fräsen/Plandrehen)

XO	[**]	KN=21: X-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes,
YO	[**]	KN=22: Y-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes,
ZO	[**]	KN=23: Z-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes,
AO	[**]	KN=24: A-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes,
BO	[**]	KN=25: B-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes,
CO	[**]	KN=26: C-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes,
VO	[**]	KN=27: V-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes (Gegenspindel-Z-Achse)
DO	[**]	KN=28: D-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes (Gegenspindel-C-Achse),

** Voreinstellung Achswerte: aktuelle Achsposition beim Aufruf von G14

Werkzeugwechsellpunkt von WZ-Magazin 1

XP	[**]	KN=31: X-Wert des Magaz-1-WZ-Wechsellpunktes,
YP	[**]	KN=32: Y-Wert des Magaz-1-WZ-Wechsellpunktes,
ZP	[**]	KN=33: Z-Wert des Magaz-1-WZ-Wechsellpunktes,
AP	[**]	KN=34: A-Wert des Magaz-1-WZ-Wechsellpunktes,
BP	[**]	KN=35: B-Wert des Magaz-1-WZ-Wechsellpunktes,
CP	[**]	KN=36: C-Wert des Magaz-1-WZ-Wechsellpunktes,

Werkzeugwechsellpunkt von WZ-Magazin 2 für Maschinen mit 2 WZ-Magazinen

XW	[**]	KN=41: X-Wert des Magaz-2-WZ-Wechsellpunktes,
YW	[**]	KN=42: Y-Wert des Magaz-2-WZ-Wechsellpunktes,
ZW	[**]	KN=43: Z-Wert des Magaz-2-WZ-Wechsellpunktes,
AW	[0]	KN=44: A-Wert des Magaz-2-WZ-Wechsellpunktes,
BW	[0]	KN=45: B-Wert des Magaz-2-WZ-Wechsellpunktes,
CW	[0]	KN=46: C-Wert des Magaz-2-WZ-Wechsellpunktes,

** Voreinstellung **Fräsmaschine**: **maximaler Z-Wert** des Verfahrbereichs
maximaler Y-Wert des Verfahrbereichs
minimaler X-Wert des Verfahrbereichs
Mittelwert in Z des Verfahrbereichs
Y=0

** Voreinstellung **Drehmaschine** = **maximaler X-Wert** des Verfahrbereichs
Mittelwert in Z des Verfahrbereichs
Y=0

Programmierhinweise:

Diese Parameter können in diesem Unterprogramm L=LO vom Benutzer zum Erstellen einer Werkzeugwechselpunktanfahrt mit der Fallunterscheidung Werkzeugmagazin 1 oder Werkzeugmagazin 2 in beliebiger Reihenfolge und beliebiger Achsauswahl verwendet werden, die seiner Maschine entspricht.

Da das globale Unterprogramm L=LO im CNC-maschinen-spezifischen NC-Programmverzeichnis liegt, kann die Anpassung der Werkzeugwechselpunktanfahrt für jede CNC-Maschine bestehend aus CNC-Steuerung und Maschine individuell angepasst werden.

Wichtiger Hinweis: Beim Programmstart werden die in den Konfigurations-Befehlen G6 und G24 vorgegebenen Adresswerte automatisch aktiviert. Daher müssen diese G-Befehle nur bei Veränderungen aufgerufen werden.

G9 Genauhalt

Wird in einem NC-Satz G9 ergänzend zu G1, G2, G3 programmiert, so wird die Vorschubgeschwindigkeit vor dem Erreichen des programmierten Zielpunktes so reduziert, dass alle Achsbewegungen im Zielpunkt zum Stehen kommen.

G9

Da NC-Programme kontinuierlich und nur mit kleinen Vorschubreduzierungen an Konturelementübergängen abgearbeitet werden, führt dies durch den physikalisch bedingten Schleppfehler zum Brechen von Kanten.

Sollen die Koordinaten exakt angefahren werden, so muss der Befehl G9 programmiert werden.

Eine Eilgangbewegung wird mit Genauhalt abgeschlossen.

G10 Linearinterpolation im Eilgang in Polarkoordinaten

Das Werkzeug verfährt mit größtmöglicher Geschwindigkeit mit Linearinterpolation zum programmierten Zielpunkt. Der Endpunkt wird mit Polarkoordinaten angegeben. Die Eilgangbewegung endet mit einem Genauhalt.

G10 RP AP/AI *K/KA I/IA F S M TC TR TZ TX*

RP	Polarradius
AP	Polarwinkel bezogen auf die positive 1. Geometrieachse (Z in G18)
AI	inkrementeller Polarwinkel, Winkel zwischen den Strecken Pol-Startpunkt und Pol-Endpunkt.

Optional:

K /KA	[*]	Z-Koordinate des Pols (1. Geometrieachse)
	K	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
	KA	absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
I /IA	[*]	X-Koordinate des Pols (2. Geometrieachse)
	I	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
	IA	absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
		* Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition
F		Vorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR		inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuswertes
TZ		inkrementelle Veränderung Werkzeugkorrektur in Z
TX		inkrementelle Veränderung Werkzeugkorrektur in X

Programmierhinweise:

Bei der Eilgangbewegung werden **alle** Koordinatenachsen interpolierend verfahren.

Werden im gleichen NC-Satz eine Werkzeugkorrekturspeicherveränderung TC, TR, TZ, TX, **TY** ein Vorschub und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese Werte zuerst in die Steuerungsregister eingetragen und dann auf die Zielkoordinaten verfahren.

Für die Behandlung der M-Maschinenbefehle gibt es gesonderte Einstellungen für das Aktivieren am Satzanfang oder Satzende.

G11 Linearinterpolation im Vorschub in Polarkoordinaten

Das Werkzeug verfährt mit dem aktiven Vorschub mit Linearinterpolation zum programmierten Endpunkt. Der Endpunkt wird mit Polarkoordinaten angegeben und berücksichtigt dabei eine programmierte Verrundung oder Fase zum nächsten Verfahrenweg.

G11 RP AP/AI *K/KA I/IA RN E F S M TC TR TZ TX*

RP	Polarradius
AP	Polarwinkel bezogen auf die positive 1. Geometrieachse (Z in G18)
AI	inkrementeller Polarwinkel, Winkel zwischen den Strecken Pol-Startpunkt und Pol-Endpunkt.

Optional:

K /KA	[*]	Z-Koordinate des Pols (1. Geometrieachse)
	K	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
	KA	absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
I /IA	[*]	X-Koordinate des Pols (2. Geometrieachse)
	I	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
	IA	absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
		* Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition
RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement
	RN+	Verrundungsradius
	RN-	Fasenbreite
E		Feinkonturvorschub für Übergangselemente
F		Vorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR		inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuswertes
TZ		inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur in Z
TX		inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur in X

Programmierhinweise:

Bei der Bewegung werden alle Koordinaten interpolierend verfahren. Werden im gleichen NC-Satz eine Werkzeugkorrekturspeicherveränderung TC, TR, TZ, TX ein Vorschub und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Ein Spindelhalt M5 und das Ausschalten des Kühlmittels M9 werden erst am Ende des Verfahrensatzes ausgeführt. Ein Einschalten der Spindel oder des Kühlmittels erfolgt am Satzanfang.

G12 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten

Das Werkzeug verfährt mit dem aktiven Vorschub auf einem Kreisbogen im Uhrzeigersinn zum in Polarkoordinaten programmierten Endpunkt und berücksichtigt dabei eine programmierte Verrundung oder Fase zum nächsten Verfahrensweg. Der Kreisbogen-Mittelpunkt ist mit dem Pol identisch. Der Polarradius ergibt sich aus dem Abstand des Startpunktes zum Pol/Mittelpunkt.

G12 AP/AI *K/KA I/IA RN E F S M*

AP Polarwinkel bezogen auf die positive 1. Geometrieachse (Z in G18)
AI inkrementeller Polarwinkel, Winkel zwischen den Strecken Pol-Startpunkt und Pol-Endpunkt.

Optional:

K /KA [*] Z-Koordinate des Pols (1. Geometrieachse)
K inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
KA absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
I /IA [*] X-Koordinate des Pols (2. Geometrieachse)
I inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
IA absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
* Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition
RN [0] Übergangselement zum nächsten Konturelement
RN+ Verrundungsradius
RN- Fasenbreite
E Feinkonturvorschub für Übergangselemente
F Vorschub
S Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Werden im gleichen NC-Satz ein Vorschub und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

G13 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten

Das Werkzeug verfährt mit dem aktiven Vorschub auf einem Kreisbogen entgegen dem Uhrzeigersinn zum in Polarkoordinaten programmierten Endpunkt und berücksichtigt dabei eine programmierte Verrundung oder Fase zum nächsten Verfahrensweg. Der Kreisbogen-Mittelpunkt ist mit dem Pol identisch. Der Polarradius ergibt sich aus dem Abstand des Startpunktes zum Pol/Mittelpunkt.

G13 AP/AI *K/KA I/IA RN E F S M*

AP Polarwinkel bezogen auf die positive 1. Geometrieachse (Z in G18)
AI inkrementeller Polarwinkel, Winkel zwischen den Strecken Pol-Startpunkt und Pol-Endpunkt

Optional:

K /KA [*] Z-Koordinate des Pols (1. Geometrieachse)
K inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
KA absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
I /IA [*] X-Koordinate des Pols (2. Geometrieachse)
I inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
IA absolute Koordinate in Werkstückkoordinaten
* Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition
RN [0] Übergangselement zum nächsten Konturelement
RN+ Verrundungsradius
RN- Faserbreite
E Feinkonturvorschub für Übergangselemente
F Vorschub
S Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M Zusatzfunktionen
TC Anwahl der Korrekturwertspeichernummer

Programmierhinweise:

Werden im gleichen NC-Satz ein Vorschub und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

G14 Konfigurierten Werkzeugwechsellpunkt mit Zwischenpunkten anfahren

Mit G14 besteht die Möglichkeit die Anfahrt des Werkzeugwechsellpunkts an unterschiedliche Maschinen anzupassen. Dazu kann mit G6 für jede Maschine ein **Zwischenpunkt** und **Werkzeugmagazin-Wechsellpunkte** in **allen** NC-Achsen vorgeben werden, die mit dem Systemparameter PLO in Parameterwerten des maschinenspezifischen Unterprogramms L=PLO gespeichert werden.

Diese Achswerte kann er zur Programmierung von Bewegungsbahnen ausgehend von der aktuellen Werkzeugposition in einzelnen oder mehreren zusammengefassten Achsbewegungen über einen Zwischenpunkt hin zu jedem der Magazin-Werkzeugwechsellpunkte beliebig verwenden.

G14 [H] [XT] [YT] [ZT] [Q] ([T] [TC]) / [M]

Optional:

H	[0]	Anfahrsteueradresse inkrementellen Koordinaten XT, YT, ZT
	H0	Inkrementelle Bewegung auf XT, YT, ZT in allen Achsen gleichzeitig.
	H1	Inkrementelle Bewegung, erst in den Koordinaten XT, YT und dann in ZT
	H2	Inkrementelle Bewegung, erst in der Koordinate ZT und dann in XT, YT
		Rückzugspunktkoordinaten in der aktuellen Bearbeitungsebene
XT	[*]	Inkrementeller X-Rückzugswert
YT	[*]	Inkrementeller Y-Rückzugswert
ZT	[*]	Inkrementeller Z-Rückzugswert (* Vorbelegungswerte aus G6)
		Steueradresse
Q	[1]	Steueradresse für das Unterprogramm L=LO
	Q1	Werkzeugsetzpunkt/-spindel steht am Werkzeugübernahmepunkt
	Q2	Anfahrt des Zwischenpunktes nach dem Werkzeugwechsel
		Bei einem Werkzeugmagazin mit 2 Werkzeugwechsellpunkten muss mit T oder M ein Werkzeugwechsel programmiert werden
		(T oder M dann obligat)
T		Werkzeugwechsellaufruf mit der neuen T-Nummer
TC		Korrekturwertregisternummer
M		Einwechseln des Werkzeugs mit M6, wenn das neue Werkzeug bereits vorausgewählt wurde, optional andere M-Werte

Befehlsablauf G14 in Abhängigkeit vom Unterprogramm L=LO:

Wenn es **kein** globales Unterprogramm LO gibt (oder das Unterprogramm LO keine NC-Sätze enthält), wird G14 mit dem Erreichen der Rückfahrposition XT, YT, ZT beendet.

- Bei Standard-G17-Fräsbearbeitungszentren mit den Dreh-/Schwenkachsen im Maschinentisch erfolgt nach der Rückzugsbewegung erst mit dem T-Befehl für eine neues Werkzeug die Anfahrt auf den Werkzeugwechsellpunkt.
- Der Vorteil einer in G14 programmierbaren Rückfahrposition beim Drehen gegenüber einem festen Werkzeugwechsellpunkt ist die mögliche Anpassung an Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung und die Berücksichtigung der Werkstücklängen bei kleinen Verfahrbereichen durch Verändern der Rückfahrlängen in G6.

Mit einem Unterprogramm LO und den mit G6 definierten Zwischenpunkten und werkspezifischen Magazin-Wechsellpunkten kann die Anfahrt des Werkzeugwechsellpunkts maschinenspezifisch angepasst werden:

- Bei Dreh- oder Fräsbearbeitungszentren mit schwenkbaren Werkzeugköpfen und Werkzeugmagazinen kann mit dem globalen Unterprogramm L=LO und den in G6 definierten Zwischenpunkten eine maschinenspezifische Werkzeugwechsellpunktanfahrt vom Anwender selbst programmiert werden.

Bei komplexen Werkzeugsystemen mit getrennten Ablage- und Aufnahmepositionen muss dabei die neue Werkzeugnummer und/oder der Einwechselbefehl M6 mit programmiert werden.

- Dies erfordert gegebenenfalls die erneute Programmierung der Bearbeitungsebenenwahl nach dem Werkzeugwechsel, falls die Positionen der Dreh-/Schwenkachsen verändert wurden.

Programmierhinweise:

Eine Schwenkachse im Werkzeugspindelkopf wird nach dem Rückzug auf die Position XT, YT, ZT mit der Anwahl der Standardbearbeitungsebene in die Standardeinstellung geschwenkt. Hierbei kann es bei engen Verfahrbereichen jedoch noch zu Kollisionen kommen.

Die Bearbeitungsebene muss nach G14 wieder angewählt werden, wenn bei der Anfahrt des Werkzeugwechsellpunkts im Unterprogramm L=LO die Drehachswerte einer Einstellachse der Bearbeitungsebene verändert werden.

Grund für diese Erweiterungen:

Die in der praktischen CNC-Ausbildung geforderte Übersetzung der PAL-Programme in steuerungsspezifische Programme benötigt eine Anpassung bei der Anfahrt des Werkzeugwechsellpunktes an die unterschiedlichen Maschinen, insbesondere bei der Verwendung moderner Produktionsmaschinen in der Ausbildung.

G15 Drehebeneanwahl

Funktion Mit dem Befehl G18 G15 TURN wird die ZX-Ebene als Drehbearbeitungsebene mit der 1. Geometrieachse Z und der 2. Geometrieachse X festgelegt, zwischen denen die Kreisinterpolation stattfindet. Die Werkstücknullpunkte bleiben erhalten. Eine rotierende Werkzeugspindel wird angehalten. Die S- und M-Adressen für Drehzahl und Drehrichtung wirken nach der Anwahl der Drehebene auf die angewählte Werkstückspindel.

Mit der Anwahl der Drehbearbeitungsebene aus einer Fräsbearbeitungsebene wird der Einschaltzustand für die angewählte Werkstückspindel (insbesondere S0, F0.0 und M05) aktiviert.

Die einstellbaren Nullpunkte und den Werkstücknullpunkt gibt es jeweils für Haupt- und Gegenspindel.

NC-Satz G18 G15 TURN *DIA/RAD/DRA HS/GS/GSU*

Oligates Schlüsselwort TURN

Optional: DIA/RAD/DRA Maßinheit der X-Achse für programmierte Zielpunkte und Kreismittelpunkte
DIA Alle X-Koordinaten im Durchmessermaß
RAD Alle X-Koordinaten im Radiusmaß
DRA Die Eingabe der absoluten Koordinaten XA, IA erfolgt im Durchmessermaß.
Die Eingabe der inkrementellen Koordinaten XI, I erfolgt im Radiusmaß.
Für die Adresse X hängt die Interpretation als Radius- oder Durchmessermaß von G90/G91 ab:.
G90 X im Durchmessermaß
G91 X im Radiusmaß
DRA ist die Voreinstellung
HS/GS/GSU Anwahl der Werkstückspindel
HS Hauptspindelbearbeitung
GS Gegenspindelbearbeitung mit der gleichen Z-Richtung wie auf der Hauptspindel
GSU Gegenspindelbearbeitung mit Drehung des XYZ-Koordinatensystems um 180 Grad um die X-Achse (damit ist in der ZX-Ebene die Z-Achse gespiegelt und in G19 das ZY-Ebenenkoordinatensystem um 180 Grad gedreht) ohne Veränderung der Werkzeugquadranten [Aktuelle Anwahl bzw. Einschaltzustand]
(Damit entspricht die Gegenspindelprogrammierung einer vormittigen Programmierung der Hauptspindel)

G15 Allgemeine Fräs-Bearbeitungsebenenwahl für Mehrseitenbearbeitung und Sonderbearbeitungsebenen für Polar-, Zylinderkoordinaten- und Mantelflächen-Programmierung & Direkte Programmierung aller NC-Achsen für Positionieraufgaben

Der PAL2007-G15-Befehl der freien Programmierung aller NC-Achsen wird erweitert zu **einem** universellen Bearbeitungsebenenwahlbefehl für alle Bearbeitungsebenen beim Fräsen **und** beim Drehen.

G15 IP0	Direkte Programmierung aller NC-Achsen, z. B. Realisierung von Polar-, und Zylinderkoordinaten mit einer Rundachse
G15 IP1 bis IP4	Kartesische Mantelflächen- und Stirnseiten-Programmierung
G15 (IP5) ...	Standard- und Mehrseiten-Bearbeitungsebenenwahl in der aktiven Kreisbogen-Interpolationsebene G17 oder G18 oder G19

IP5 ist der Voreinstellungswert.

Der Befehl G15 hebt alle programmierten Drehungen des Koordinatensystems und alle Nullpunktverschiebungen in den vorhandenen Drehachsen A, B, C auf.

Die Anwahl einer der Kreisbogen-Interpolationsebenen kann auch zusammen mit G15 programmiert werden.

Die klassische Programmierung mit angetriebenen Werkzeugen auf dreiachsigen Drehmaschinen mit zwei Linearachsen Z, X und einer NC-gesteuerten C-Achse erfolgt mit IP0, IP1 und IP3 in den Kreisbogen-Interpolationsebenen G17 und G19.

Stirnseite:	G17 G15 IP0	und	G17 G15 IP3
Mantelfläche:	G19 G15 IP0	und	G19 G15 IP1

Moderne Drehbearbeitungszentren haben zusätzlich die dritte Linearachse Y und eine um 360° schwenkbare B-Achse im Werkzeugträger, der zudem mit einer leistungsstarken Frässpindel ausgestattet ist. Diese Frässpindel lässt sich NC-gesteuert um die Spindelachse als A-Achse orientieren, um insbesondere Drehwerkzeuge auf unterschiedliche Bearbeitungsrichtungen einstellen und auch Mehrfach-Drehwerkzeughalter verwenden zu können.

Man beachte:

In allen Fräsbearbeitungsebenen erfolgt die Programmierung von X im Radiusmaß.

G15 IP0 Direkte Programmierung aller NC-Achsen für Sonderbearbeitungen, Polar- und Zylinderkoordinaten-Programmierung

Mit der Sonderbearbeitungsebenenwahl G15 IP0 aktiviert aus einer beliebigen Bearbeitungsebene heraus, kann danach mit den Befehlen G0 und G1 die direkte Programmierung aller in einem Bearbeitungskanal einer Maschine vorhandenen NC-Achsen unter ihren Adressnamen in Maschinenkoordinaten ausgeführt werden.

Insbesondere können in Kombination einer Rundachse mit einer Linearachse Polarkoordinaten oder Zylinderkoordinaten programmiert werden (Drehen: **Stirnseite** mit X und C sowie der Zustellung in Z und **Zylinderfläche** mit Z und C sowie der Zustellung in X).

G15 IP0 *FL FW F S M HW HS/GS/GSU*

IP Interpolationsadresse

IP IP0 Sonderbearbeitungsebene zur direkten Programmierung aller NC-Achsen, Vorschubsteuerung mit der Länge des in den Linearachsen X, Y, Z programmierten Verfahrenswegs mit dem Vorschub FL in mm/min oder dem modal anstehenden Vorschub F unter Mitführung der im NC-Satz programmierten Rundachsen oder Programmierung des längsten Drehwinkelbetrags einer programmierten Rundachse mit FW unter Mitführung der anderen Rundachsen

Optional:

FL [500] Vorschub in den Linearachsen in mm/min
FW [720] Vorschub der Rundachsen in Winkelgrad /min
F Vorschub
S Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M Zusatzfunktionen
HW [1] **Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen)**
HW1 **Vertikales Werkzeug**
HW2 **Horizontales Werkzeug**
HS/GS/GSU Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung

Programmierhinweise:

Mit dem Befehl G15 IP0 werden folgende Aktionen ausgeführt und es gelten die folgenden Beschränkungen:

1. Die Abarbeitung von G0/1 ist von der Maschinenkinematik und deren Achsbezeichnungen abhängig.
2. Der in der Standardebene aktive Einstellbare Nullpunkt der Linearachsen X, Y, Z und die inkrementellen Nullpunktverschiebungen mit G58 und G59 bleiben erhalten, Drehungen werden aufgehoben.
3. Alle NC-Achsen können nur mit den G-Befehlen G0, G1 mit ihren Achswerten und mit den Adressen FL, FW, F, S, M programmiert werden.
4. Beim Einschalten von G15 werden die aktuellen Achspositionen der vorhandenen Achsen nicht verändert.

5. Das Programmieren einer Bearbeitungsebene G15 IP5 beendet die Sonderbearbeitungsebene IP0 und aktiviert die zu der aktiven Kreisbogen-Interpolationsebene G17, G18 oder G19 gehörige Standardbearbeitungsebene. Mit der Programmierung von G15 IP5 mit zusätzlichen, zulässigen PAL-Bearbeitungsebenenwahladressen kann aus der aktuellen Bearbeitungsebene mit deren Kreisbogen-Interpolationsebene heraus, direkt eine beliebige Bearbeitungsebene zu dieser Kreisbogen-Interpolationsebene der Mehrseitenbearbeitung angewählt werden. In Kombination von G17/18/19 mit G15 kann dabei auch die Kreisbogen-Interpolationsebene gewechselt werden.
6. Mit G15 IP1/IP2/IP3/IP4 wird die Sonderbearbeitungsebenen ebenfalls verlassen und die entsprechende Kartesische Stirnseiten- oder Mantelflächen-Programmierung aktiviert.

G15-IP0 Stirnseitenbearbeitung in Pseudo-Polarkoordinaten

In der Kreisbogen-Interpolationsebene G17 ist mit G15 IP0 die Programmierung der Stirnseite in Pseudo-Polarkoordinaten X, C mit der Zustellung in Z möglich (Pseudopolarkoordinaten weil $X < 0$ zugelassen).

G17 G15 IP0 *HW HS/GS/GSU*

<i>Optional:</i>	IP0	Interpolationsadresse
	HW [1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen) HW1 Vertikales Werkzeug HW2 Horizontales Werkzeug
	HS/GS/GSU	Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Programmierhinweise:

Die Stirnseitenbearbeitung setzt die Verwendung eines horizontalen Fräswerkzeuges in der entsprechenden Ausrichtung für Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung voraus. Stimmt die Richtung eines Werkzeuges nicht mit der angewählten Z-parallelen Werkzeugrichtung überein, so ist ohne B-Achse eine Bearbeitung nicht möglich.

Die gleichzeitige Programmierung von X und C erzeugt spiralförmige Bewegungen auf der Stirnseite.

Bei der Vorschubsteuerung wird die tatsächliche Verfahrstrecke des Werkzeug Bezugspunktes zu Grunde gelegt.

Im Gegensatz zu echten Polarkoordinaten darf X auch negativ sein – das Werkzeug fährt dann unter die Drehmitte bei gleichzeitiger Einstellung des C-Achswertes (falls der negative X-Achsverfahrbereich dieses erlaubt).

Einschränkungen der Fräs-Befehlskodierung bei der Programmierung dieser Ebene:

Eine Kreisbogeninterpolation (G2/G3) ist nicht möglich.

Es können weiter nur die Bohrzyklen G81 bis G86 der PAL-G17-Befehlskodierung mit dem Zyklusaufriefbefehl G79 ohne Ebenenkoordinaten für die aktuelle Werkzeugposition programmiert werden.

G19 Mantelflächenbearbeitung in Zylinderkoordinaten

In der Kreisbogen-Interpolationsebene G19 ist mit G15 IP0 die Programmierung der Mantelfläche in Zylinderkoordinaten Z, C mit der Zustellung in X möglich.

G19 G15 IP0 *HW HS/GS/GSU*

<i>Optional:</i>	IP0	Interpolationsadresse
	HW [1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen) HW1 Vertikales Werkzeug HW2 Horizontales Werkzeug
	HS/GS/GSU	Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Programmierhinweise:

Die Stirnseitenbearbeitung setzt die Verwendung eines vertikalen Fräswerkzeuges voraus. Stimmt die Richtung eines Werkzeuges nicht mit der angewählten überein, so ist ohne B-Achse eine Bearbeitung nicht möglich.

Bei der Vorschubsteuerung wird die tatsächliche Verfahrstrecke des Werkzeug Bezugspunktes zu Grunde gelegt.

Die gleichzeitige Programmierung von Z und C erzeugt eine Schraubenlinie auf der Zylinderfläche (Wendelnut).

Da die Zustellung theoretisch X auch negativ sein könnte (Zustellung bis unter die Drehachse), sind dies eigentlich keine echten Zylinderkoordinaten.

Einschränkungen der Fräs-Befehlskodierung bei der Programmierung dieser Ebene:
Eine Kreisbogeninterpolation (G2/G3) ist nicht möglich.

Es können weiter nur die Bohrzyklen G81 bis G86 der PAL-G19-Fräsbefehlskodierung mit dem Zyklusaufriefbefehl G79 ohne Ebenenkoordinaten für die aktuelle Werkzeugposition programmiert werden.

G15 IP1 - IP4 Rundachs-Interpolation kartesischer Koordinaten auf Stirnseiten und abgewickelten Mantelflächen Allgemeiner Fall

Mit G15 IP1 bis IP4 werden spezielle Bearbeitungsebenen angewählt bei denen eine der ersten beiden Geometrieachsen einer Standardbearbeitungsebene mit Hilfe der Interpolation mit einer zentrischen Rundachse gebildet wird.

Anwendungen der Bearbeitungsebenen G15 IP1 / IP3 gibt es beim Drehen mit C-Achse in der G19-Mantelflächen-Bearbeitungsebene mit vertikalen und auf G17-Stirnseiten mit horizontalen Werkzeugen.

G17 / G19 G15 IP DM

- IP1 Kartesische Mantelflächen-Interpolation mit einer virtuellen 1. Geometrieachse und der 2. Geometrieachse als Mantelflächenkoordinaten durch Abwicklung eines Zylinders des Durchmessers DM um eine in der 2. Geometrieachse und durch den Nullpunkt gehenden Rundachse und Zustellung in der 3. Geometrieachse.
Anwendung Drehen mit G19: Programmierung der zum Durchmesser DM abgewickelten Mantelfläche im G19 Koordinatensystem YZX mit virtueller Y-Achse durch die Interpolation der C-Achse und Zustellung in X.
Anwendung in G19 für CNC-Drehmaschinen mit C-Achse.
- IP2 Kartesische Mantelflächen-Interpolation mit einer virtuellen 2. Geometrieachse und der 1. Geometrieachse als Mantelflächenkoordinaten durch Abwicklung eines Zylinders des Durchmessers DM um eine in der 1. Geometrieachse und durch den Nullpunkt gehenden Rundachse und Zustellung in der 3. Geometrieachse.
- IP3 Umrechnung der kartesischen Koordinaten der ersten und zweiten Geometrieachse in Polarkoordinaten, deren Winkelwert mit einer in der Zustellachse liegenden und durch den Nullpunkt gehenden Rundachse eingestellt wird und deren Radius mit der 1. Geometrieachse eingestellt wird (Stirnseitenbearbeitung mit rotierendem Koordinatensystem).
Anwendung Drehen mit G17: Programmierung der Stirnseite im G17 Koordinatensystem XYZ mit virtueller Y-Achse durch Interpolation der C- und X-Achse und Zustellung in Z.
Anwendung in G17 für CNC-Drehmaschinen mit C-Achse.
- IP4 Umrechnung der kartesischen Koordinaten der ersten und zweiten Geometrieachse in Polarkoordinaten, deren Winkelwert mit einer in der Zustellachse liegenden und durch den Nullpunkt gehenden Rundachse eingestellt wird und deren Radius mit der 2. Geometrieachse eingestellt wird (Stirnseitenbearbeitung mit rotierendem Koordinatensystem).

Obligate Adresse für IP1 und IP2:

DM Durchmesser der Mantelfläche

Die Anwahl dieser Rundachs-Interpolationsebenen mit IP1 bis IP4 setzt das Vorhandensein einer entsprechenden Rundachse und das zentrische Einspannen des Werkstücks auf dieser Rundachse und voraus.

In diesen Bearbeitungsebenen darf die verwendete Rundachse nicht direkt programmiert werden. Bis auf diese Einschränkungen sind **alle** Befehle der Programmieranleitung Fräsen verwendbar. Insbesondere sind auch Nullpunktverschiebungen programmierbar.

G17-IP3 Stirnseitenbearbeitung in interpolierten kartesischen Koordinaten

In der Kreisbogen-Interpolationsebene G17 ist mit G15 IP3 die Programmierung der Stirnseite in kartesischen Koordinaten X, Y mit der Zustellung in Z möglich. Die virtuelle Y-Achse wird durch Polarkoordinateninterpolation der positiven X- und der C-Achse erzeugt

G17 G15 IP3 *HW HS/GS/GSU*

<i>Optional:</i>	IP3	Interpolationsadresse
	HW [1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen) HW1 Vertikales Werkzeug HW2 Horizontales Werkzeug
	HS/GS/GSU	Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Programmierhinweise:

Die Stirnseitenbearbeitung setzt die Verwendung eines horizontalen Fräswerkzeuges in der entsprechenden Ausrichtung für Haupt- **oder** Gegenspindelbearbeitung voraus. Stimmt die Richtung eines Werkzeuges nicht mit der angewählten überein, so ist ohne B-Achse eine Bearbeitung nicht möglich.

In dieser Bearbeitungsebene kann der gesamte Umfang der Programmieranleitung PAL-G17-Fräsen programmiert werden.

G19-Mantelflächenbearbeitung in kartesischen Koordinaten

In der Kreisbogen-Interpolationsebene G19 ist mit G15 IP1 die Programmierung der im Durchmesser DM abgewickelten Mantelfläche in kartesische Koordinaten Z, Y mit der Zustellung in X möglich.

G19 G15 IP1 *DM HW HS/GS/GSU*

<i>Optional:</i>	IP1	Interpolationsadresse
	DM [100]	Durchmesser der Mantelfläche
	HW [1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen)
	HW1	Vertikales Werkzeug
	HW2	Horizontales Werkzeug
	HS/GS/GSU	Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Programmierhinweise:

Die Stirnseitenbearbeitung setzt die Verwendung eines vertikalen Fräswerkzeuges voraus. Stimmt die Richtung eines Werkzeuges nicht mit der angewählten überein, so ist ohne B-Achse eine Bearbeitung nicht möglich.

In dieser Bearbeitungsebene kann der gesamte Umfang der Programmieranleitung PAL-G19-Fräsen programmiert werden.

Anmerkung:

Nur mit einer real vorhandenen Y-Achse ist die Bearbeitung einer Sehnenfläche des Zylinders möglich.

G17- und G19-Fräsbearbeitungsebenen mit den Achsen Y und B

Die Bedeutung von G17 und G19 als Kreisbogen-Interpolationsebenen bei angetriebenen Werkzeugen auf CNC-Drehmaschinen kommt von den klassischen Revolvermaschinen ohne B-Achse, die mit horizontalen (G17) Werkzeugen oder vertikalen (G19) Werkzeugen bestückt werden können. Theoretisch können bei einer Drehmaschine mit Y- und B-Achse zusammen mit den Drehachsen Z, X und C alle Fräsbearbeitungsebenen angewählt werden - sofern der B-Achschwenkbereich hinreichend groß ist und ein kollisionsfreies Schwenken möglich ist.

Mit den beiden Rundachsen C und B sowie den Linearachsen Z, X, Y ist prinzipiell die Fräs-Mehrseitenbearbeitung am Drehwerkstück mit den Ebenenanwahlbefehlen der PAL2019-Frässteuerung möglich – und auch in jeder der Kreisbogen-Interpolationsebenen G17, G18 oder G19.

Die Stirnseiten-Bearbeitungsebene G17 G15 gedreht um $B=90^\circ$ ist z. B. gleich der Sehnenflächenbearbeitungsebene G19 G15 oder im NC-Satz:

G17 G15 BM90 mit einem G17-Koordinatensystem ist die gleiche Bearbeitungsebene
wie **G19 G15** mit einem G19-Koordinatensystem

Ist nur eine reale Y-Achse aber keine B-Achse vorhanden, lässt sich keine beliebige Bearbeitungsebene einschwenken. Mit einem vertikalen Werkzeug lassen sich nur Sehnenflächen orthogonal zu allen C-Achsrichtungen einstellen.

G19 G15 CM oder auch G17 G15 BM90 CM

G15 Allgemeine Mehrseitenbearbeitungsebenenwahl beim Drehen mit 5 Achsen Z, X, Y, C, B

Die Anwahl der Mehrseiten-Bearbeitungsebenen erfolgt aus der aktiven Kreisinterpolations-Standardebene G17 oder G18 oder G19 heraus mit dem Befehl G15 IP5 oder wegen der Voreinstellung IP5 nur mit G15.

G15 kann auch zusammen mit der Anwahl einer Kreisbogen-Interpolationsebene G17, G18 oder 19 programmiert werden. Aufrufvarianten:

G15 G15 IP5 G17 G15 G18 G15 G19 G15

Mit der Anwahl einer G15 IP5 Mehrseiten-Fräsbearbeitungsebene gilt für die Bearbeitung die Programmieranleitung PAL2019-Fräsen. Die Adresse IP mit dem Vorgabewert IP5 wird weggelassen.

Der allgemeine Fall der 2½D-Mehrseitenbearbeitungsebenenwahl hat mit dem Vorgabewert IP5 analog zu PAL2019-Fräsen die nachstehende Form, wobei die Adressen zur geometrischen Ebenenbestimmung in geschweiften Klammern { } als Platzhalter stehen:

G17/18/19 G15 (IP5) XI YI ZI {Winkel oder Punktangaben} H DS Q HW HS/GS/GSU

Optional:

IP	[5]	Interpolationsadresse mit Vorgabewert
XI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes in X-Richtung
YI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes in Y-Richtung
ZI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes in Z-Richtung
		Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenwahl ausgeführt.
{ }		{Winkel oder Punktangaben} Die geschweifte Klammer steht für eine der nachstehend angegebenen Adress-Kombinationen der 5 unterschiedlichen Varianten der Bearbeitungsebenenwahl:
		Maschinenfeste Raumwinkel AM, BM, CM;
		Inkrementelle Raumwinkel AR, BR, CR
		Schnittwinkel des Werkstücks AS, BS, CS
		Drei-Punkte-Definition
		Basis und Zustellvektor
H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten
		H1 Einschwenken der Drehachsen
		H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung
		H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2:
		Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt.
		Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten.
Q	[1]	Lösungsauswahl
		Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung
		Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
HW	[1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen)
		HW1 Vertikales Werkzeug
		HW2 Horizontales Werkzeug
HS/GS/GSU		Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung
		Die verwendete C-Achse ist dann die der Haupt- oder Gegenspindel.
		Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Anmerkungen:

Die Verwendung von G17 für alle Bearbeitungsebenen gestattet die Übernahme von Mehrseiten-Fräsprogrammen auf eine Drehmaschine.

Bei der Drehbearbeitung mit angetriebenen Werkzeugen in Polar- oder Zylinderkoordinaten oder den interpolierten kartesischen Koordinaten liegt der Werkstücknullpunkt auf der Drehachse und wird allenfalls auf dieser verschoben.

Bei allgemein liegenden Fräsbearbeitungsebenen ist dies jedoch nicht mehr der Fall, da hier vor der Bearbeitungsebenenwahl der Werkstücknullpunkt in einen geeigneten Punkt der neuen Bearbeitungsebene verschoben wird, der beim Einschwenken der Bearbeitungsebene mit transformiert wird. Deshalb gibt es in den allgemeinen Bearbeitungsebenen eine inkrementelle Verschiebung um XI, YI und ZI, die vor der Ebeneneinstellung ausgeführt wird.

Erläuterung der Winkeleingaben bei der Mehrseitenbearbeitungsebenenwahl

Man beachte bei der Bearbeitungsebenenwahl mit unterschiedlichen Drehwinkeln, dass diese Drehungen des Werkstücks beschreiben, und zwar ausgehend von einem ungedrehten und achsparallel ausgerichteten Werkstück:

Maschinenfeste Drehwinkel: AM, BM, CM	Mit diesen Winkeln werden aufeinanderfolgende Drehungen des Werkstücks um die festen Achsrichtungen des Maschinenkoordinatensystems programmiert.
Inkrementelle Drehwinkel: AR, BR, CR	Mit diesen Winkeln werden aufeinanderfolgende Drehungen des Werkstücks um die jeweiligen Werkstückachsrichtungen des mitgedrehten (durch den vorhergehenden Drehwinkel) Werkstückkoordinatensystem programmiert.
Schnittwinkel: AS, BS, CS	Diese Winkel werden achsparallelen Schnitten durch das Werkstück-Fertigteil entnommen.

Man beachte: Bei maschinenfesten und inkrementellen Drehwinkeln hängt die angewählte Bearbeitungsebene von der Reihenfolge der Winkel ab. Da die Position einer Adresse im NC-Satz nach der DIN66025 keine Bedeutung hat, muss noch eine Reihenfolge-Index IR programmiert werden der bei mehr als einem programmierten Winkel die Reihenfolge festlegt.

Lässt sich nur mit der C-Achse (ohne B-Achse) eine programmierte Mehrseitenbearbeitungsebene nicht einschwenken, weil eine B-Achseinstellung erforderlich wäre, führt dies zu einer Fehlermeldung.

G15 Maschinenfeste Raumwinkel AM, BM und CM zur Ebenenanwahl

Ausgehend von der am Werkstück eingestellten Standardbearbeitungsebene erfolgt das Einschwenken der zur aktuellen Kreisbogen-Interpolationsebene G17/18/19 gehörigen Standardbearbeitungsebene durch aufeinanderfolgende Drehungen des Koordinatensystems mit der programmierten Winkelauswahl um die festen Maschinenkoordinatensystem-Achsrichtungen und zwar mit AM um die X-Achse, mit BM um die Y-Achse und mit CM um die Z-Achse in der mit IR festgelegten Reihenfolge. Da das Ergebnis i. A. von der Reihenfolge der Drehungen anhängig ist, muss bei mehr als einem programmierten Drehwinkel zusätzlich eine Reihenfolge-Adresse IR programmiert werden, wenn von der Vorgabereihenfolge der Winkel abgewichen werden soll.

Diese Winkeleingaben werden von der PAL-Steuerung auf die in der Maschinenkinematik vorhandenen Rund-/Schwenkachsen umgerechnet und mit Q eine der i. A. zwei Lösungen ausgewählt.

G15 XI YI ZI { AM BM CM IR } H DS Q HW HS/GS/GSU

Optional:

XI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In X-Richtung
YI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Y-Richtung
ZI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Z-Richtung
		Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenanwahl ausgeführt.
AM	[0]	Drehwinkel um die X-Achse des Maschinenkoordinatensystems
BM	[0]	Drehwinkel um die Y-Achse des Maschinenkoordinatensystems
CM	[0]	Drehwinkel um die Z-Achse des Maschinenkoordinatensystems
IR	[321]	Drehwinkelreihenfolge (Siehe unten)
H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunkts um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, Z erhalten.
Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
HW	[1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen) HW1 Vertikales Werkzeug HW2 Horizontales Werkzeug
HS/GS/GSU		Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Erläuterung der Drehreihenfolge-Adresse IR

IR ist eine ein-, zwei- oder dreistellige Zahl gebildet aus den drei verschiedenen Ziffern 1, 2 und 3, die nicht doppelt vorkommen dürfen. Dabei wird der Ziffer 1 eine Drehung um die X-Achse, der Ziffer 2 eine die Drehung um die Y-Achse und der Ziffer 3 eine Drehung um die Z-Achse zugeordnet.

Beginnend mit der ersten linksstehenden Ziffer werden die Drehungen in absteigender Ziffern-Reihenfolge durchgeführt. Bei nur einem programmierten Drehwinkel kann die Angabe von IR entfallen, bei zwei angegebenen Drehwinkeln ist eine einstellige Zahl mit der Ziffer der die erste Drehachse festlegenden Zahl ausreichend, wenn für diese Achse auch ein Winkel programmiert ist. Ist ein Drehwinkel zu einer Ziffer im Bearbeitungsebenenaufruf nicht programmiert worden, so wird diese Ziffer ignoriert und zur nachstehenden Ziffer übergegangen.

G15 Inkrementelle Raumwinkel AR, BR und CR zur Ebenenanwahl

Das Einschwenken der zur aktuellen Kreisbogen-Interpolationsebene G17/18/19 gehörigen Standardbearbeitungsebene erfolgt hier durch aufeinanderfolgende Drehungen des Koordinatensystems mit der programmierten Winkelauswahl und Winkelreihenfolge um die programmierte Achse des bereits mit dem vorausgehenden Winkel weitergedrehten Werkstückkoordinatensystems und zwar mit AR um die X-Achse, mit BR um die Y-Achse und mit CR um die Z-Achse in der mit IR festgelegten Reihenfolge. Bei der ersten Drehung stimmt die Drehachsrichtung noch der Maschinenkoordinatensystemachsrichtung überein. Da das Ergebnis i. A. von der Reihenfolge der Drehungen anhängig ist, muss bei mehr als einem programmierten Drehwinkel zusätzlich eine Reihenfolge-Adresse IR programmiert werden, wenn von der Vorgabereihenfolge der Winkel abgewichen werden soll (Die inkrementellen Winkel entsprechen den EULER-Winkeln).

Diese Winkeleingaben werden von der PAL-Steuerung auf die in der Maschinenkinematik vorhandenen Rund-/Schwenkachsen umgerechnet und mit Q eine der i. A. zwei Lösungen ausgewählt.

G15 XI YI ZI { AR BR CR IR } H DS Q HW HS/GS/GSU

Optional:

XI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In X-Richtung
YI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Y-Richtung
ZI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Z-Richtung
		Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenanwahl ausgeführt.
AR	[0]	Drehwinkel um die X-Achse des jeweils aktuellen Koordinatensystems
BR	[0]	Drehwinkel um die Y-Achse des jeweils aktuellen Koordinatensystems
CR	[0]	Drehwinkel um die Z-Achse des jeweils aktuellen Koordinatensystems
IR	[321]	Drehwinkelreihenfolge (Siehe unten)
H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten
		H1 Einschwenken der Drehachsen
		H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung
		H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunkts um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, Z erhalten.
Q	[1]	Lösungsauswahl
		Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung
		Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
HW	[1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen)
		HW1 Vertikales Werkzeug
		HW2 Horizontales Werkzeug
HS/GS/GSU		Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Erläuterung der Drehreihenfolge-Adresse IR

IR ist eine ein-, zwei- oder dreistellige Zahl gebildet aus den drei verschiedenen Ziffern 1, 2 und 3, die nicht doppelt vorkommen dürfen. Dabei wird der Ziffer 1 eine Drehung um die X-Achse, der Ziffer 2 eine die Drehung um die Y-Achse und der Ziffer 3 eine Drehung um die Z-Achse zugeordnet.

Beginnend mit der ersten linksstehenden Ziffer werden die Drehungen in absteigender Ziffern-Reihenfolge durchgeführt. Bei nur einem programmierten Drehwinkel kann die Angabe von IR entfallen, bei zwei angegebenen Drehwinkeln ist eine einstellige Zahl mit der Ziffer der die erste Drehachse festlegenden Zahl ausreichend und für diese Achse muss auch ein Winkel programmiert werden. Ist ein Drehwinkel zu einer Ziffer im Bearbeitungsebenenaufruf nicht programmiert worden, so wird diese Ziffer ignoriert und zur nachstehenden Ziffer übergegangen.

G15 Schnittwinkel AS, BS und CS zur Ebenenanwahl

In dieser Programmiervariante der Bearbeitungsebenenwahl werden die Winkel der Schnittlinien der Bearbeitungsebene mit parallel zu der aktuellen Kreisbogen-Interpolationsebenen G17/18/19 liegenden Standardebenen-Schnittflächen einer Seitenansicht oder einer Aufsicht des Werkstückes zu einer in der jeweiligen Schnittfläche/Ansicht liegenden Standardbearbeitungsebenenachse herangezogen.

(Anmerkung: Aus Konsistenzgründen sollte diese Standardbearbeitungsebenenachse eigentlich stets die erste Geometrieachse der Kreisbogen-Interpolationsebenen-Schnittfläche sein. Heidenhain und Siemens folgend wird für BS in der G18-Schnittfläche aber die zweite Geometrieachse X und nicht die erste Geometrieachse Z als Winkelbezugsachse verwendet.)

Es müssen zwei der drei Schnittwinkel programmiert werden.

G15 *XI YI ZI { AS BS CS O } H DS Q HW HS/GS/GSU*

Optional:

<i>XI</i>	[0]	<i>Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In X-Richtung</i>
<i>YI</i>	[0]	<i>Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Y-Richtung</i>
<i>ZI</i>	[0]	<i>Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Z-Richtung</i>
		<i>Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenanwahl ausgeführt.</i>
<i>AS</i>	[0]	Drehwinkel um die X-Achse des jeweils aktuellen Koordinatensystems
<i>BS</i>	[0]	Drehwinkel um die Y-Achse des jeweils aktuellen Koordinatensystems
<i>CS</i>	[0]	Drehwinkel um die Z-Achse des jeweils aktuellen Koordinatensystems
		Dabei verstehen wir unter Schnittwinkel in einer Standardebenen-Schnittfläche (G17 oder G18 oder G19) den Winkel der Schnittgeraden von der Bearbeitungsebene mit dieser Standardschnittfläche bezüglich der angegebenen Standardebenenachse (Y oder X) dieser Schnittfläche. Das Vorzeichen des Schnittwinkels wird gemäß dem Drehsinn des Rechtssystems (Rechte-Hand-Regel) um die Zustellachse dieser Schnittfläche (X oder Y oder Z) bestimmt und der Drehachsbuschstabe (A oder B oder C) der jeweiligen Zustellachse ergänzt um S als Winkeladresse dieses Schnittwinkels zugeordnet.
<i>O</i>	[1]	Achsrichtungsauswahl siehe weiter unten:
<i>H</i>	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten
		H1 Einschwenken der Drehachsen
		H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung
		H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen
<i>DS</i>	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunkts um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, Z erhalten.
<i>Q</i>	[1]	Lösungsauswahl
		Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung
		Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
<i>HW</i>	[1]	<i>Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen)</i>
		<i>HW1 Vertikales Werkzeug</i>
		<i>HW2 Horizontales Werkzeug</i>
<i>HS/GS/GSU</i>		Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

- O [1] **Achsrichtungsauswahl**
 Es wird die Schnittlinie der neuen Bearbeitungsebene mit einer Standard-Bearbeitungsebene des XYZ-Ausgangs-Koordinatensystems mit der Adresse O ausgewählt. Das neue Koordinatensystem wird dabei so um die Zustellachse gedreht, dass eine der beiden Bearbeitungsebenenachsen (Auswahl mit O) des neuen Koordinatensystems (X'Y'Z') parallel zu dieser Schnittlinie liegt.
- O1 Die erste Bearbeitungsebenenachse (erste Geometrieachse der Ebene) liegt in der Ausgangsbearbeitungsebene (G17/18/19)
- O2 Die zweite Bearbeitungsebenenachse (zweite Geometrieachse der Ebene) liegt in der Ausgangsbearbeitungsebene (G17/18/19)
- O3 / O4 unterscheiden nach den anderen Standardebenen
- Auswahltable (X', Y', Z' sind Achsen der Bearbeitungsebene):
- | | | |
|-----|----|---|
| G17 | O1 | X' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| | O2 | Y' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| | O3 | X' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |
| | O4 | Y' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| G18 | O1 | Z' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |
| | O2 | X' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |
| | O3 | Z' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| | O4 | X' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| G19 | O1 | Y' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| | O2 | Z' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| | O3 | Y' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| | O4 | Z' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |

G15 Drei-Punkte-Definition einer Bearbeitungsebene

Festlegung der Bearbeitungsebenen durch Vorgabe der Koordinaten von drei Punkten in dem zur Kreisbogen-Interpolationsebene G17/18/19 gehörigen Standardbearbeitungsebenenkoordinatensystem.

Dies entspricht der klassischen mathematischen Definition: Eine Ebene ist geometrisch durch drei Raumpunkte allgemeiner Lage eindeutig festgelegt (allgemeiner Lage bedeutet, dass die drei Punkte nicht alle auf einer Geraden liegen).

G15 { XD YD ZD XE YE ZE XF YF ZF } XI YI ZI H DS Q HW HS/GS/GSU

Obligate Adressen:

XD	X-Koordinate des 1. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
YD	Y-Koordinate des 1. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
ZD	Z-Koordinate des 1. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
XE	X-Koordinate des 2. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
YE	Y-Koordinate des 2. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
ZE	Z-Koordinate des 2. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
XF	X-Koordinaten des 3. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
YF	Y-Koordinaten des 3. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten
ZF	Z-Koordinaten des 3. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten

Optional:

XI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In X-Richtung
YI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Y-Richtung
ZI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Z-Richtung
Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenanwahl ausgeführt.		
H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten
		H1 Einschwenken der Drehachsen
		H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung
		H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunkts um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten.
Q	[1]	Lösungsauswahl
		Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung
		Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
HW	[1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen)
		HW1 Vertikales Werkzeug
		HW2 Horizontales Werkzeug
HS/GS/GSU		Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Programmierhinweise:

Die Koordinatensystemrichtung wird durch die Reihenfolge der drei Punkte bestimmt: Die Verbindungslinie von Punkt P1 mit den Koordinaten XD, YD, ZD zu Punkt P2 mit den Koordinaten XE, YE, ZE legt die Richtung der ersten Ebenenachse fest. Die von dieser ersten Ebenenachse senkrecht auf P3 mit den Koordinaten XF, YF, ZF zeigende Richtung legt die zweite Bearbeitungsebenenachse fest, so dass sich die Zustellrichtung aus der Rechte-Hand-Regel ergibt.

G15 Basis- und Zustellvektor zur Ebenenanwahl

Im zur Kreisbogen-Interpolationsebene G1A gehörigen Standardbearbeitungsebenenkoordinatensystem wird mit einem Basisvektor mit den Komponenten XB, YB, ZB die Richtung der ersten Geometrieachse der Bearbeitungsebene festgelegt und mit einem Zustellvektor mit den Komponenten XN, YN, ZN wird die Richtung der Zustellachse festgelegt (mathematisch die Normalenrichtung der Bearbeitungsebene). Mit diesen beiden Koordinatenrichtungen ist das Rechtssystem der Bearbeitungsebene bestgelegt

G15 { XB YB ZB XN YN ZN } XI YI ZI H DS Q HW HS/GS/GSU

Obligate Adressen:

XB	Komponente des Basisvektors in X-Richtung
YB	Komponente des Basisvektors in Y-Richtung
ZB	Komponente des Basisvektors in Z-Richtung
XN	Komponente des Zustellvektors in X-Richtung
YN	Komponente des Zustellvektors in Y-Richtung
ZN	Komponente des Zustellvektors in Z-Richtung

Optional:

XI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In X-Richtung
YI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Y-Richtung
ZI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes In Z-Richtung Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenanwahl ausgeführt.
H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, Z erhalten.
Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
HW	[1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen) HW1 Vertikales Werkzeug HW2 Horizontales Werkzeug
HS/GS/GSU		Anwahl der Haupt- oder Gegenspindelbearbeitung Vorbelegung: Aktuell angewählte Werkstückspindel

Programmierhinweise:

Der Zustellvektor mit den Komponenten XN, YN, ZN darf kein Vielfaches des Basisvektors mit den Komponenten XB, YB, ZB sein und sollte senkrecht auf dem Zustellvektor stehen. Andernfalls wird seine Projektion auf die Zustellachse vektoriell abgezogen, so dass die Vektordifferenz senkrecht auf der ersten Ebenenachse steht.

Die Richtung der zweiten Ebenenachse ergibt sich durch die Rechte-Hand-Regel.

Diese Ebenenanwahl wird in der Regel von CAD/CAM-Systemen verwendet.

G16 Inkrementelle Drehung der aktuellen kartesischen Bearbeitungsebene um eine Koordinatenachse

Die inkrementelle Drehung wird dann verwendet, wenn eine bereits aktive geschwenkte Bearbeitungsebene vom Typ G15 IP5 oder G16 um eine weitere Drehung in einer Rundachse des Werkstückkoordinatensystems geschwenkt werden soll.

G16 *XI YI ZI AR/BR/CR H DS Q HW*

Optional:

XI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes in X-Richtung
YI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes in Y-Richtung
ZI	[0]	Inkrementelle Verschiebung des Werkstücknullpunktes in Z-Richtung Die Verschiebungen XI, YI, ZI werden vor der Ebenenanwahl ausgeführt.
AR		inkrementelle Drehung um die X-Achse
BR		inkrementelle Drehung um die Y-Achse
CR		inkrementelle Drehung um die Z-Achse
H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachse H2 Einschwenken der Drehachse mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein Einschwenken der Drehachsen
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition, nur bei H2 Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegende Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, und Z erhalten.
Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
HW	[1]	Werkzeugrichtung (bei Revolvermaschinen) HW1 Vertikales Werkzeug HW2 Horizontales Werkzeug

Programmierhinweise:

Die Bearbeitungsebene kann mehrfach inkrementell mit G16 gedreht werden. Ein erneuter G16-Befehl setzt auf der aktuellen Bearbeitungsebene auf.

Ein G16-Befehl ohne Winkeladressen stellt die zuvor mit G17/G18/G19 G15 erzeugte Ausgangsebene wieder her – auch dann wenn G16 mehrfach programmiert wurde.

Eine neue Bearbeitungsebenenwahl mit G15 hebt eine inkrementelle Bearbeitungsebenenwahl wieder auf.

G15 Gegenüberstellung der Allgemeinen Mehrseiten-Bearbeitungs ebenenanwahl im Drehen von PAL2019 und PAL2007

Gegenüberstellung Drehen PAL2019 und PAL 2007

Die zusätzliche Verschiebung *XI YI ZI* und die in allen Befehlen enthaltenen optionalen Adressen *H DS Q HS/GS/GSU* werden hier nicht angegeben.

Der in grauer Farbe angegebene Interpolationsadresse IP mit dem Vorgabewert IP5 muss nicht programmiert werden. Daher kann die Angabe von **IP5** bei der Allgemeinen Mehrseitenbearbeitung entfallen.

Eine modal anstehende Kreisbogen-Interpolationsebene **G17 oder G18 oder G19** muss bei der Programmierung von G15 nicht angegeben werden. Aber aus Gründen der Übersichtlichkeit des NC-Programms ist die Angabe der Kreisbogen-Interpolationsebene zu empfehlen.

PAL 2007	PAL 2019	Kommentar
G18 C	G18 G15 IP0	Nicht Standard
G17 C	G17 G15 IP0	Pseudo-Polarkoordinaten
G17	G17 G15 IP3	Stirnseite Virtuelle Y-Achse
G17 Y	G17 G15 IP5	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung
G17 Y C	G17 G15 IP5 <i>CM / CR</i>	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung
G19 C	G19 G15 IP0	Pseudo-Zylinderkoordinaten
G19 X	G19 G15 IP1 <i>DM´</i>	Abgew. Mantelflächenbearb.
G19 Y	G19 G15 IP5	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung
G19 Y C	G19 G15 IP5 <i>CM / CR</i>	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung
G19 Y B	G19 G15 IP5 <i>BM / BR</i>	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung
G19 Y B C	G19 G15 IP5 <i>BM CM oder BR CR</i>	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung
Nicht vorhanden	G17/18/19 G15 IP5 <i>AM BM CM oder AR BR CR oder AS BS CS oder weitere Varianten</i>	Allg. Mehrseiten-Bearbeitung mit maschinenfesten Winkeln inkrementellen Winkeln Schnittwinkeln Punkt- und Vektorvorgaben

Die kursiven Adressen sind optional.

G17 / G18 / G19 Kreisbogen-Interpolationsebenen

Mit dem Befehl G17 oder G18 oder G19 werden in einem kartesischen Koordinatensystem der Achsen X, Y, Z, das in dieser Achsreihenfolge ein Rechtssystem ist, jeweils zwei Koordinatenachsen als erste und zweite Geometrieachse einer Ebene festgelegt in denen eine Kreisbogeninterpolation - mit den Befehlen G2 und G3 - ausgeführt wird. Die dritte Geometrieachse hat dann die Funktion der Zustellachse. Dabei muss die Reihenfolge dieser Achsen so festgelegt werden, dass alle drei möglichen Kombinationen der 3 Achsen X, Y, Z ein Rechtssystem bilden.

G17	Kreisbogen-Interpolationsebene zwischen X und Y (ohne weitere Adressen)
G18	Kreisbogen-Interpolationsebene zwischen Z und X (ohne weitere Adressen)
G19	Kreisbogen-Interpolationsebene zwischen Y und Z (ohne weitere Adressen)

Diese drei Möglichkeiten der Kreisbogeninterpolation kennzeichnet man in der DIN-Norm als **Kreisbogen-Interpolationsebenen G17, G18 und G19** mit den Achsreihenfolgen eines Rechtssystems mit der 1. Geometrieachse X, der 2. Geometrieachse Y und der 3. Geometrieachse Z.

	1. Geometrieachse	2. Geometrieachse	3. Geometrieachse/Zustellachse	
G17	X	Y	Z	(X Y Z X Y)
G19	Y	Z	X	(X Y Z X Y)
G18	Z	X	Y	(X Y Z X Y)

Warum G17, G18 und G19 in dieser aufsteigenden Folge (erst X, dann Z und dann Y als erste Geometrieachse) in der Norm festgelegt wurden entzieht sich unserer Kenntnis.

Diese Kreisbogen-Interpolationsebenen sind modal oder selbsthaltend wirksam und haben nur die Funktion die zwei-dimensionale Kreisbogen-Interpolationsebene mit den Kreisbogenorientierungen und die Zustellachse festzulegen. Dies erfolgt über die Bedingung, dass die drei verschiedenen Achsreihenfolgen jeweils ein Rechtssystem bilden.

Drehwinkel in der Kreisbogen-Interpolationsebene beziehen sich stets auf die positive erste Geometrieachse,

Fräsmaschinensteuerungen werden i. A. beim Einschalten mit G17 initialisiert und Drehmaschinensteuerungen mit G18.

G22 Unterprogrammaufruf

Ein mit dem Befehl G22 aufgerufenes Unterprogramm L wird von der Steuerung abgearbeitet und anschließend das Hauptprogramm nach dem Aufruf fortgesetzt.

G22 L H N N /

L Unterprogramm-Nummer

Optional:

H [1] Anzahl der Wiederholungen
N Startsatznummer im Unterprogramm
N Endsatznummer im Unterprogramm
/ Ausblendeebene

Programmierhinweise:

Die Steuerung sucht vom Unterprogrammanfang die beiden Satznummern. Findet sie die Endsatznummer vor der Startsatznummer oder eine der programmierten Satznummern nicht, so wird der Programmlauf mit Fehlermeldung abgebrochen.

Wird nur ein N programmiert, ist dies eine Startsatznummer im Unterprogramm.
Das Unterprogramm wird von N bis zum Unterprogrammende M17 abgearbeitet.

Die programmierte Start- und Endsatznummer kann gleich sein.

Unterprogramme, die nach M30 ohne Satznummer beginnend mit Lxxx programmiert werden, sind lokale Unterprogramme. Diese können nur von dem darüberstehenden NC-Programm aufgerufen werden. Global gültige Unterprogramme stehen im NC-Programmverzeichnis unter ihrem Unterprogrammnamen (und können daher von allen NC-Programmen dieses Verzeichnisses aufgerufen werden).

Der Befehl G22 muss allein in einem NC-Satz stehen. Innerhalb eines Unterprogramms können weitere Unterprogramme aufgerufen werden. Die maximale Verschachtelungstiefe beträgt 10.

Unterprogrammstruktur

Im Unterprogramm steht in der ersten Spalte der ersten Zeile der Unterprogrammkenbuchstabe L gefolgt von der direkt an L anschließenden Unterprogrammnummer. Die letzte Zeile des Unterprogramms muss den Rücksprung M17 als einzigen Befehl enthalten, damit der Rücksprung ins Hauptprogramm bzw. ins aufrufende Unterprogramm korrekt erfolgt.

Für den Datenaustausch zwischen PAL2019-Softwaresystemen sollten Unterprogramme in zwei Varianten abgespeichert werden können:

Globales Unterprogramm

Ein globales Unterprogramm wird als eine eingeständige externe Datei mit dem Dateinamen "L gefolgt von der Unterprogrammnummer" und der Datei-Extension .dnc (beim Drehen und entsprechend .fnc beim Fräsen) angelegt.

Lokales Unterprogramm

Ein lokales Unterprogramm wird nach M30 an das Hauptprogramm angehängt und beginnt definitionsgemäß mit dem Unterprogrammbuchstaben L in der ersten Spalte der ersten Unterprogrammzeile gefolgt von der Unterprogrammnummer und endend mit M17 in der letzten Unterprogrammzeile. Davor oder daran anschließend können weitere lokale Unterprogramme stehen.

Gibt es ein lokales und ein globales Unterprogramm mit dem gleichen Dateinamen, so wird das lokale Unterprogramm verwendet.

Ausblendeebenen im Unterprogramm

Mit Hilfe der Sonderadresse „/“ wird die Steuerung veranlasst, bestimmte NC-Sätze des Unterprogramms nicht abzuarbeiten, also „auszublenden“. Da ein Unterprogramm mehrere Ausblendeebenen enthalten kann, können beispielsweise beim ersten Aufruf des Unterprogramms NC-Sätze ausgespart werden, die wiederum bei einem zweiten Aufruf desselben Unterprogramms abgearbeitet werden. Oder umgekehrt können für den zweiten Aufruf diejenigen NC-Sätze als Ausblendeebenen definiert werden, die nur für die erste Abarbeitung des Unterprogramms bestimmt waren. Die Sonderadresse „/“ wird dabei mit der ganzzahligen positiven Nummer der auszublendenden Ebene als Adresswert programmiert.

Die NC-Sätze einer Ausblendeebene im Unterprogramm werden durch die gleiche Sonderadresse „/“ mit der Ebenennummer als Adresswert als erste Adresse nach der NC-Satznummer gekennzeichnet. Die Sätze einer Ausblendeebene, die den gleichen Ausblend-Adresswert haben, können im Unterprogramm beliebig verteilt liegen.

Wird ein Unterprogramm mit einer Ausblendeebene angewählt, so werden die NC-Sätze der im Unterprogrammaufruf programmierten Ausblendeebene bei der Unterprogrammausführung übersprungen. Die NC-Sätze anderer Ausblendeebenen und die keiner Ebene zugeordneten NC-Sätze werden ausgeführt.

Soll im Unterprogramm einem Unterprogrammaufruf (verschachtelter Unterprogrammaufruf) eine Ausblendeebene zugeordnet werden, so muss die Sonderadresse „/“ direkt nach der NC-Satznummer und damit vor dem G22-Befehl stehen.

G23 Programmteilwiederholung

Ein mit dem Befehl G23 wird ein Teil eines NC-Programme wiederholt.

G23 N N *H*

Obligat:

N	Startsatznummer
N	Endsatznummer

Optional:

H	[1]	Anzahl der Wiederholungen
---	-----	---------------------------

Programmierhinweise:

Die Steuerung sucht vom Programmanfang die beiden Satznummern. Findet sie die Endsatznummer vor der Startsatznummer oder eine der programmierten Satznummern nicht, so wird der Programmlauf mit Fehlermeldung abgebrochen.

Die programmierte Start- und Endsatznummer kann gleich sein.

Selbsthaltende Befehle, die in der Programmteilwiederholung programmiert werden, bleiben während und auch nach der Programmteilwiederholung wirksam.

Der Befehl G23 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G29 Bedingte / unbedingte Programmsprünge zur Satznummer N

Der G29-Befehl der PAL 2019-Programmieranleitungen wurde an den Einzug moderner Programmiermethoden in die CNC-Steuerungsprogrammierung angepasst. Dazu gehört die Einführung von logischen Ausdrücken, deren Wahrheitswert (0 oder 1) für Programm-entscheidungen verwendet wird.

Ein in runden Klammern stehender logischer Ausdruck besteht aus zwei arithmetischen Ausdrücken, die in der Entscheidungssituation zwei berechnete Zahlenwerte haben, die mit einem der nachstehenden Vergleichsoperatoren miteinander verglichen werden.

(Wert des Arithmetischen Ausdrucks 1 **Vergleichsoperator** Wert des Arithmetischen Ausdrucks 2)

Die Zahlenwerte der arithmetischen Ausdrücke werden mit einem der 6 Vergleichsoperatoren

EQ : gleich,	NE : ungleich,
GT : größer,	GE : größer oder gleich,
LT : kleiner,	LE : kleiner oder gleich

verglichen und dieser Vergleich liefert dann entweder das Ergebnis **wahr** (logischer Wert 1) oder **falsch** (logischer Wert 0) (siehe auch Parameterprogrammierung).

Im einfachsten Fall besteht ein logischer Ausdruck aus den beiden einfachen arithmetischen Ausdrücken einer Zahl und eines Parameters (mit einem zugewiesenen Wert) verbunden durch einen der Vergleichsoperatoren.

G29 N *LA=(logischer Ausdruck)*

Obligat:

N Sprungziel-Satznummer

Optional:

LA Der Adresse LA wird ein logischer Ausdruck (in runden Klammern) als Adresswert zugewiesen.

Falls der logische Ausdruck wahr ist (also den Wahrheitswert 1 hat) erfolgt ein Sprung zu der Satznummer N.

Ist der logische Ausdruck **falsch** (und hat intern den **Wert 0**), wird der nach der G29-Abfrage stehende NC-Satz ausgeführt.

Wird LA nicht programmiert, erfolgt ein unbedingter Sprung zur Satznummer N.

Das Programm sucht vom Programmanfang aus die Satznummer N und bricht mit einer Fehlermeldung ab, wenn diese Satznummer nicht gefunden wird (Dies kann zu Problemen führen, wenn die Satznummern nicht eindeutig sind, was nach der DIN 66025 leider nicht verboten ist.).

Der Befehl G29 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Ein Sprungbefehl darf in einem Unterprogramm nicht programmiert werden.

Programmierhinweise:

In der Erweiterung der Parameterprogrammierung erfolgt der Ersatz von G29 durch die in der Informatik übliche IF-Abfrage in der Form (siehe Parameterprogrammierung)

IF (logischer Ausdruck) GOTO xxx (xxx ist eine Satznummer ohne N)

Der Befehl G29 N LA wird aber Kompatibilitätsgründen ebenfalls beibehalten.

G30 Umspannen/Gegenspindelübernahme/Reitstockpositionierung

Mit diesem Universalmakro wird entweder das Umspannen oder die Übergabe eines Werkstückes von der Hauptspindel auf die Gegenspindel allgemein ermöglicht. Bei Maschinen mit Reitstock kann dieser mit G30 positioniert werden, wobei die Pinole vor dem Befehl nicht gesetzt sein darf. Sie kann nach der Positionierung mit der optionalen Adresse M11 gesetzt werden.

Das Umspannen (Q1) entspricht der manuellen Vorgehensweise auf einspindeligen Maschinen: Nach dem Umspannen ist das Werkstück bis zu der mit DE vorgegebenen Einspannposition auf der Hauptspindel gespannt.

Die beiden Steueradresswerte Q2 und Q3 gestatten eine komfortable und flexible Programmierung der Komplettbearbeitung auf Haupt- und Gegenspindel:

Mit Q2 wird das Werkstück von der Gegenspindel an der Einspannposition DE gespannt und optional um eine Auszugslänge DA aus der Hauptspindel herausgezogen. Das Werkstück ist nach der Abarbeitung dieser G30-Befehlsvariante auf beiden Werkstückspindeln gespannt.

Mit Q3 wird wie bei Q2 verfahren und anschließend kann die Übergabe des Werkstückes auf die Gegenspindel in zwei Varianten durchgeführt werden: Abstechen oder Übernahme des gesamten Werkstückes auf die Gegenspindel und Anfahrt des Gegenspindelreferenzpunktes.

```
G30 Q DE C T ZA XS XA TC DA H O M S F M E DM V U
G30 Q4 ZA M11
```

Q		Umspannen/Gegenspindelübergabe
	Q1	Umspannen des Werkstücks auf der Hauptspindel
	Q2	Gegenspindel nur positionieren und spannen
	Q3	Gegenspindel positionieren, spannen und Gegenspindelübernahme
	Q4	Pinole zurückfahren und Reitstockbezugspunkt auf ZA positionieren
DE		Einspannposition der Spannmittelvorderkante im aktuellen ungedrehten Werkstückkoordinatensystem der Hauptspindel

Optional:

C	[0]	C-Achs-Differenz der beiden Spindeln bei der Übernahme/dem Umspannen Adressen für Q2 und Q3:
T		Abstechwerkzeug – mit T muss auch ZA und XS programmiert werden [T nicht programmiert: kein Abstechen]
ZA		Abstechposition absolut (mit DA optional verschoben) oder Reitstockposition
XS		Abstechstartdurchmesser absolut
XA		Abstechenddurchmesser absolut [negativer zweifacher Abstecherschneideneckenradius]
TC	[1]	Korrekturwertregister des Abstechwerkzeuges
DA	[0]	Auszugslänge des Werkstückes nach der Positionierung und dem Spannen durch die Gegenspindel mit Öffnen/Schließen der Werkstückspannung auf der Hauptspindel (vor dem optionalen Abstechen bei Stangenbearbeitung)
H	[0]	Werkstückauszugsmodus H0 Auszug des Werkstückes bei stehender Spindel Hwert Auszug mit der Drehzahl G97 S= wert
O	[0]	Spindelkopplungsmodus für Q2: O0 Gegenspindel mit beiden Werkstückspindeln stehend an die Einspannposition verfahren und spannen Owert Gegenspindel mit Drehzahl G97 S= wert und Spindelsynchronisation an die Einspannposition verfahren und spannen
M	[63]	Einspannrichtungen auf Haupt- und Gegenspindel: M63 Einspannrichtung Hauptspindel außen und Gegenspindel außen M64 Einspannrichtung Hauptspindel außen und Gegenspindel innen M65 Einspannrichtung Hauptspindel innen und Gegenspindel außen M66 Einspannrichtung Hauptspindel innen und Gegenspindel innen
S		Abstechschnittgeschwindigkeit mit G96 in m/min
F		Abstechvorschub mit G95 in mm/U
M		Abstechdrehrichtung und Übernahmedrehrichtung

E	Vorschub der Gegenspindelpositionierung am Werkstück mit G94 in mm/min [Maschinenparameter der PAL-Maschinenkonfiguration]
DM	Abstand Spannmittelvorderkante zum Gegenspindelbezugspunkt [Maschinenparameter der PAL-Maschinenkonfiguration]
V	Sicherheitsabstand vor der Einspannposition für den Wechsel G0 in G1 [Maschinenparameter der PAL-Maschinenkonfiguration]
U	Verweilzeit nach dem Schließen der Gegenspindelspannung [Maschinenparameter der PAL-Maschinenkonfiguration]

Der Befehl ist nur in der Ebene G18 HS in einem ungedrehten Koordinatensystem durchführbar. Eine inkrementelle Koordinatensystemdrehung wird daher mit G30 aufgehoben.

Das Werkstück kann nach dem Spannen durch die Gegenspindel optional um die Auszugslänge DA aus der Hauptspindel herausgezogen werden. Dies erfolgt mit dem maschinenspezifisch eingestellten Vorschub E.

Bei mehrfachen G30 Aufrufen kann die Einspannposition auch verändert werden. Der inkrementelle Werkstücknullpunkt der Hauptspindel wird dabei jeweils automatisch mit der Auszugslänge DA korrigiert (gegebenenfalls auch mehrfach).

Mit der Anfahrt des Gegenspindelreferenzpunktes (Q3) werden alle einstellbaren Werkstücknullpunkte automatisch umgesetzt bzw. von der Haupt- auf die Gegenspindel übertragen und die inkrementellen Nullpunktverschiebungen für die Haupt- und Gegenspindelbearbeitung aufgehoben.

Der Befehl G30 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Die Einspanntiefe auf der Gegenspindel ergibt sich aus der Differenz
Maximaler Werkstück-Z-Wert minus Einspannposition DA

Das optionale Abstechen erfolgt vom Startdurchmesser XS bis zum programmierten Enddurchmesser XA. Die Abstechposition ist durch die Nullpunktnachführung unabhängig von einem Werkstückauszug um DA. Beim Abstechen wird vor dem Werkzeugwechsel die Werkzeugwechselposition mit G14 H1 und danach der Abstechstartpunkt im Eilgang zuerst in Z und dann in X angefahren.

Anfahren des Werkzeugwechsellpunktes G14 H1 (optional)
Positionieren und Spannen der Gegenspindel und optionaler Werkzeugwechsel
Optionales Herausziehen um DA
Optionales Abstechen

- Anfahren des Startpunktes zuerst in Z und dann in X
- Abstechen

Optionale Gegenspindelrückfahrt und optionales Freifahren des Abstechwerkzeuges mit anschließender Anfahrt des Werkzeugwechsellpunktes mit G14 H1

G40 Abwahl der Schneidenradiuskorrektur

Mit dem Befehl G40 wird die mit G41 oder G42 eingeschaltete Schneidenradiuskorrektur aufgehoben: Die Steuerung fährt zunächst auf den Endpunkt des letzten zuvor programmierten und mit Schneidenradiuskorrektur abzufahrenden Konturelementes (siehe G41/42) und zwar so, dass der Werkzeugschneidenkreis das letzte Konturelement im Endpunkt berührt (gemeinsame Tangente im Berührungspunkt). In diesem Punkt ist die aktuelle Position des theoretischen Werkzeugschneidens verschieden von dem programmierten Konturendpunkt, da die Schneidenradiuskompensation bis zu diesem Konturpunkt noch eingeschaltet ist.

Von diesem Punkt verfährt die Steuerung dann linear (G0, G1, G10, G11) unter Berücksichtigung der Koordinaten-Selbsthaltefunktion der für diesen Endpunkt des letzten Konturelementes mit dem Werkzeugmittelpunkt angefahrenen Endpunktkoordinaten auf die programmierte Abfahrposition X, Y bzw. auf RP, AP/AI oder auf den Endpunkt einer tangentialen linearen oder kreisbogenförmigen Abfahrbewegung (G45, G46, G47).

Mit den ergänzend möglichen Wegbefehlen G45, G46 oder G47 kann eine tangentiale Abfahrstrategie programmiert werden.

```
G40 Z/ZI/ZA X/XI/XA
G40 G0 / G1 Z/ZI/ZA X/XI/XA
G40 G10 / G11 RP AP/AI
G40 G45 / G46 / G47 .....
```

Programmierhinweise:

Wird G40 allein ohne weiteren Wegbefehl in einem NC-Satz programmiert, so muss G0 oder G1 modal anstehen. Steht G2 oder G3 modal an, führt dies zu einer Fehlermeldung.

Bei der Abwahl der Schneidenradiuskompensation mit G40 zusammen mit G1 oder G11 ist die Programmierung einer Fase oder Verrundung mit RN nicht erlaubt.

Es gibt hier bei den CNC-Steuerungen wegen der fehlenden Festlegung in der DIN-Norm folgenden Unterschied:

Wird G40 allein ohne weitere Adresse programmiert, so führt die Selbsthaltefunktion der kompensierten Endpunktkoordinaten (der mit dem Werkzeugschneidenpunkt angefahrenen Koordinaten) des Konturendpunktes Z, X des letzten kompensiert abgefahrenen Konturelementes nach dem Anfahren des Konturendpunktes zu einer Nullbewegung, da das Werkzeug bereits an dieser Stelle steht. Wird nur eine Koordinatenachse programmiert, so wird ausgehend von der Werkzeugposition am Konturendpunkt mit dieser Festlegung der Selbsthaltefunktion eine achsparallele Werkzeugbewegung ausgeführt.

Man beachte folgendes:

Alternativ zu der Koordinaten-Selbsthaltefunktion der für den Bearbeitungsendpunkt des letzten kompensierten Konturelementes angefahrenen Werkzeugschneidenspunktskoordinaten findet man bei Steuerungen auch die Selbsthaltefunktion für die programmierten (unkompensierten) Endpunktkoordinaten des letzten Konturelementes. In diesem Fall würde bei G40 ohne weitere Adresse nach dem Anfahren des Konturendpunktes eine Bewegung mit dem Werkzeugschneidenpunkt auf diesen programmierten Endpunkt erfolgen (wobei die Kontur im Endpunkt verletzt wird). Die Programmierung von einer Koordinate ergibt dann i. A. eine nicht-achsparallele Bewegung.

G41/G42 Anwahl der Schneidenradiuskorrektur SRK

Mit G41/G42 wird die Schneidenradiuskorrektur (SRK) angewählt. Danach wird die zu bearbeitende Werkstückkontur programmiert. Im Fall von G41 wird diese Kontur durch das Werkzeug bezogen auf die Bearbeitungskonturrichtung nach links und mit G42 nach rechts korrigiert (kompensiert).

Die Festlegung der Bearbeitungsseite „links“ oder „rechts“ von der Kontur bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Da die Steuerung bei der Berechnung der Verfahrswege von einer theoretischen Schneidenspitze ausgeht und diese entlang der programmierten Kontur bewegt, entstehen aufgrund des Schneidenradius Maß- und Formabweichungen, wenn die Bewegungen nicht parallel zur X- oder Z-Achse verlaufen.

Bei Anwahl der Schneidenradiuskorrektur (SRK) wird für die Werkzeugschneide unter Berücksichtigung des Schneidenradius und der Lage der theoretischen Schneidenecke in Bezug auf den Schneidenmittelpunkt eine korrigierte Bahn (Äquidistante) berechnet. Hierzu wird der Werkzeugquadrant oder der Korrekturwertvektor (SRK-Vektor) der theoretischen Schneidenspitze verwendet. Somit kann die zu fertigende Kontur ohne Umrechnungen direkt aus der Werkstückzeichnung programmiert werden.

G41 Schneidenradiuskorrektur links von der Kontur

G42 Schneidenradiuskorrektur rechts von der Kontur

G41/G42 Z/ZI/ZA X/XI/XA

G41/G42 G0/G1 Z/ZI/ZA X/XI/XA

G41/G42 G10 / G11 RP AP/AI

G41/G42 G45 / G46 /G47

Programmierhinweise:

Die Anwahl der Schneidenradiuskompensation kann zusammen mit einer der Wegbedingungen G0 oder G1 in einem NC-Satz programmiert werden, welche die Anfahrt an die Kontur festlegt. Bei G1 ist dabei jedoch die Programmierung einer Fase oder Verrundung mit RN nicht erlaubt.

Der kompensierte Anfangs- oder Endpunkt eines Konturelementes wird nachfolgend mit Bearbeitungsanfangspunkt oder Bearbeitungsendpunkt bezeichnet.

Die Steuerung verfährt linear unter Berücksichtigung der Koordinaten-Selbthaltefunktion auf den mit der Schneidenradiuskompensation berechneten Bearbeitungsanfangspunkt des ersten programmierten Konturelementes mit dem Startpunkt Z, X, das dann kompensiert abgefahren wird.

Dieser Bearbeitungsanfangspunkt zu dem Anfangspunkt Z, X des ersten kompensiert abzufahrenden Konturelementes kann erst nach der Programmierung dieses Konturelementes angefahren werden (Vorausschau bei der SRK).

Wird G41 oder G42 allein ohne weiteren Wegbefehl in einem NC-Satz programmiert, so muss G0 oder G1 modal anstehen. Steht G2 oder G3 modal an, führt dies zu einer Fehlermeldung.

Wird G41 oder G42 allein ohne weitere Adresse programmiert, so führt die Selbsthaltefunktion der Z- und X-Koordinaten gegebenenfalls zu einer Ausgleichsbewegung auf den mit der Fräseradiuskompensation berechneten Bearbeitungsanfangspunkt des anschließend programmierten ersten Konturelementes, das kompensiert abgefahren wird.

Die programmierte Kontur in der Bearbeitungsebene kann beginnend mit den angegebenen Anwahlbefehlen G41, G42 bis zur Abwahl der SRK mit G40 beliebig aus den Wegbefehlen

G0, G1, G2, G3, G10, G11, G12, G13, G61, G62, G63, G85

zusammengesetzt werden (sofern diese untereinander verträglich sind). Verrundungsradien von Innenecken dürfen dabei nicht kleiner als der Schneidenradius sein.

Ein direkter Wechsel von G41 auf G42 und umgekehrt ist nicht erlaubt.

Eine Korrekturwertänderung, ist bei aktivem G41 oder G42 nicht erlaubt.

Nach der Anwahl einer Schneidenradiuskorrektur dürfen die Werkzeugkorrekturwerte, sei durch Korrekturwertmanipulation (TR, TZ, TX) oder Korrekturwertregisteränderung (TC), **nicht verändert** werden, das Werkzeug nicht gewechselt werden und innerhalb der SRK dürfen keine Nullpunktänderungen programmiert werden.

Bei der Anwahl der Schneidenradiuskompensation G41 oder G42 zusammen mit G1 oder G11 ist die Programmierung einer Fase oder Verrundung mit RN nicht erlaubt.

Man beachte, dass die Programmierung von G41/G42 ohne eine zusätzliche weitere Wegbedingung stets als implizite Anfahrt die Koordinatenselbsthaltefunktion verwendet.

Z. B. in G17:

G41/G42 G0/G1 X10 Y10 entspricht G41/G42,

wobei bei der Programmierung von G41/G42 G1 die Ausgleichsbewegung im Vorschub und bei G41/G42 G0 im Eilgang durchgeführt wird.

Anfahr- und Abfahrstrategien von Werkzeugen an Drehkonturen

Mit G45 bis G47 können spezielle Anfahrbedingungen an den Startpunkt von Bearbeitungskonturen oder Abfahrbedingungen von der Kontur programmiert werden, die jeweils mit Schneidenradiuskompensation abgefahren werden.

Wird bei einer Anfahrt **kein Startpunkt** programmiert, so wird die aktuelle Werkzeugposition als Startpunkt verwendet und die kompensierte Anfahrbewegung **nicht** ausgeführt. Damit steht das Werkzeug unkompensiert im Startpunkt und verletzt beim Einschalten der Radiuskompensation eine dort beginnende Kontur.

Mit dem ersten Kontursatz fährt das Werkzeug dann vom Startpunkt auf die berechnete kompensierte Startpunktposition.

Nach der kompensierten Abfahrt von der Kontur wird ein programmierter Endpunkt unkompensiert angefahren.

Die Bearbeitungskontur wird als Anfahrbedingung im Kontur-Startpunkt um

G45 - eine tangential anschließende Anfahrstrecke der Länge DL

G46 - einen tangential anschließenden Anfahrviertelkreis mit Radius RR

G47 - einen tangential anschließenden Anfahrhalbkreis mit Radius RR

und als Abfahrbedingung im Endpunkt der programmierten Kontur um

G45 - eine tangential anschließende Abfahrstrecke der Länge DL

G46 - einen tangential anschließenden Anfahrviertelkreis mit Radius RR

G47 - einen tangential anschließenden Anfahrhalbkreis mit Radius RR

ergänzt.

Diese An- und Abfahrwege werden über die volle Länge mit Kompensation abgefahren. Die Entscheidung, ob An- oder Abfahrt erfolgt über den zusammen mit G45 oder G46 oder G47 bei der Anfahrt mit zu programmierenden Befehl G41 oder G42 und mit G40 bei der Abfahrt. Bei den Kreisbögen legt die Kompensationsseite auch die Kreisbogenorientierung fest: Bei G41 Kreisbögen entgegen dem Uhrzeigersinn und bei G42 im Uhrzeigersinn.

Eine kompensierter Anfahrweg wird bei G45, G46 oder G47 zusammen mit G41 oder G42 nur dann vor dem ebenfalls mit G45, G46 oder G47 programmierten Konturstartpunkt in die Kontur eingefügt, wenn in dem Satz davor G40 selbthaltend/modal aktiv war.

War die mit G45, G46 oder G47 programmierte Kompensation G41 oder G42 bereits davor eingeschaltet, findet nur eine Bewegung auf den programmierten Startpunkt statt und das Einfügen eines Anfahrweges entfällt (Ein Wechsel zwischen den Kompensationsseiten G41 und G42 führt dabei zu einer Fehlermeldung).

Wenn mit G41/G42 kombiniert mit G45, G46 oder G47 eine Anfahrbedingung programmiert wird, so wird mit den Koordinaten Z, X, ein Konturstartpunkt in Z, X festgelegt. Mit der Programmierung des ersten Konturelementes kann die Steuerung in der ZX-Ebene den kompensierten Startpunkt der Anfahrbewegung berechnen und das Werkzeug in der ZX-Drehebene auf diesen Punkt verfahren. Die Anfahrt auf diesen kompensierten Startpunkt in der Ebene erfolgt im Eilgang, wenn dieser modal wirksam ist und andernfalls im Arbeitsgang.

Anschließend wird der Konturstartpunkt mit Kompensation und Vorschub F auf einer Strecke der Länge DL oder einem Viertelkreis oder einem Halbkreis mit Radius RR tangential an- oder abgefahren.

An- und Abfahrbedingungen sind in Konturen von Zyklen nicht zulässig.

Die neuen PAL-Befehle G45, G46 und G47 ersetzen die alten Befehle G45, G46, G47 und G48 der tangentialen An- und Abfahrt mit einer Strecke oder einem Viertelkreis von PAL 2007 und werden mit G47 auf die halbkreisförmige tangentiale An- und Abfahrt erweitert.

G45 Lineares tangenciales An-/Abfahren an eine Kontur

Die Anfahrt auf den Konturstartpunkt und die Abfahrt von der Kontur erfolgt auf einer kompensiert abgefahrenen Strecke der Länge DL.

G40/G41/G42 G45 DL *ZZA/ZI X/XA/XI F S M*

DL Länge der tangentialen An-/Abfahrbewegung

Optional:

Z /ZI /ZA	Z-Koordinaten des Konturstartpunkts bzw. Freifahrpunkts (1. Geometrieachse G18)
Z	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
ZA	absolute Koordinate im Werkstückkoordinatensystem
X /XI /XA	X- Koordinaten des Konturstartpunkts bzw. Freifahrpunkts (2. Geometrieachse G18)
X	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
XA	absolute Koordinate im Werkstückkoordinatensystem
F	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
S	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktion

Mit den Koordinaten Z, X wird bei der Anfahrt mit G41 oder G42 der Startpunkt der Kontur und bei der Abfahrt mit G40 ein Freifahrpunkt nach der kompensierten Abfahrbewegung programmiert.

G46 Tangentiales An-/Abfahren an eine Kontur in einem Viertelkreis

Die Anfahrt auf den Konturstartpunkt und die Abfahrt von der Kontur erfolgt auf einem kompensiert abgefahrenen Viertelkreis mit Radius RR.

G40/G41/G42 G46 RR *ZZA/ZI X/XA/XI F S M*

RR Radius des Viertelkreises bezogen auf den Schneidenmittelpunkt

Optional:

Z /ZI /ZA	Z-Koordinaten des Konturstartpunkts bzw. Freifahrpunkts (1. Geometrieachse G18)
Z	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
ZA	absolute Koordinate im Werkstückkoordinatensystem
X /XI /XA	X- Koordinaten des Konturstartpunkts bzw. Freifahrpunkts (2. Geometrieachse G18)
X	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
XA	absolute Koordinate im Werkstückkoordinatensystem
F	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
S	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktion

Mit den Koordinaten Z, X wird bei der Anfahrt mit G41 oder G42 der Startpunkt der Kontur und bei der Abfahrt mit G40 ein Freifahrpunkt nach der kompensierten Abfahrbewegung programmiert.

G47 Tangentiales An-/Abfahren an eine Kontur in einem Halbkreis

Die Anfahrt auf den Konturstartpunkt und die Abfahrt von der Kontur erfolgt auf einem kompensiert abgefahrenen Halbkreis mit Radius RR.

G40/G41/G42 G47 RR *ZZA/ZI X/XA/XI F S M*

RR Radius des Halbkreises bezogen auf den Schneidenmittelpunkt

Optional:

Z /ZI /ZA	Z-Koordinaten des Konturstartpunkts bzw. Freifahrpunkts (1. Geometrieachse G18)
Z	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
ZA	absolute Koordinate im Werkstückkoordinatensystem
X /XI /XA	X- Koordinaten des Konturstartpunkts bzw. Freifahrpunkts (2. Geometrieachse G18)
X	absolute oder inkrementelle Koordinate gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinate bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
XA	absolute Koordinate im Werkstückkoordinatensystem
F	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
S	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktion

Mit den Koordinaten Z, X wird bei der Anfahrt mit G41 oder G42 der Startpunkt der Kontur und bei der Abfahrt mit G40 ein Freifahrpunkt nach der kompensierten Abfahrbewegung programmiert.

G50 Aufheben von inkrementellen Nullpunktverschiebungen und Drehungen

Mit dem Befehl G50 werden **alle inkrementellen Transformationen** bestehend aus den inkrementellen Nullpunktverschiebungen und den inkrementellen Drehungen wieder aufgehoben.

Anschließend gilt wieder das zuletzt mit einem der Befehle G54 bis G57 festgelegte Werkstückkoordinatensystem.

G50

Programmierhinweis:

Der Befehl G50 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G51 Einstellbare Nullpunkte setzen

Mit dem Befehl G51 ist es möglich, z. B. gemessene Koordinatenwerte als Einstellbare Nullpunkte zu übernehmen.

G51 Q *XA/XI YA/YI ZA/ZI*

Q Nummer des einstellbaren Nullpunktes (54-57)

Optional:

XA/XI [XI0] absolute/inkrementelle Koordinate in X

YA/YI [YI0] absolute/inkrementelle Koordinate in Y

ZA/ZI [ZI0] absolute/inkrementelle Koordinate in Z

Q muss als eine Zahl der vier Zahlen 54, 55, 56 und 57 programmiert werden.

Die absoluten Koordinatenwerte überschreiben den aktuellen Eintrag des Nullpunktregisters. Die inkrementellen Eingaben werden zu dem aktuellen Wert des Nullpunktregisters addiert.

Der Befehl G51 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G52 Satzweise Anwahl des Maschinenkoordinatensystems

Mit dem Befehl G52 werden die **aktive einstellbare Nullpunktverschiebung** und **alle inkrementellen Transformationen** bestehend aus den Nullpunktverschiebungen und den Drehungen sowie die **Spiegelungen und Skalierungen** **in nur in diesem G52-NC-Satz** aufgehoben G52 aktiviert folglich das Maschinenkoordinatensystem nur in diesem G52-NC-Satz.

G52 G0/1 XA/XI YA/YI ZA/ZI

Programmierhinweise:

Zusammen mit G52 können in einem NC-Satz ein weiterer G-Befehl G0/1/ und die linearen Achskoordinaten X, Y, Z sowie die vorhandenen Rundachsen programmiert werden.

Die Programmierung eines G52 ohne weitere NC-Achskoordinate macht keinen Sinn.

Die Radiuskompensation muss vor G52 abgewählt werden.

G53 Anwahl des Maschinenkoordinatensystems

Mit dem Befehl G53 werden die **aktive einstellbare Nullpunktverschiebung** und **alle inkrementellen Transformationen** bestehend aus den Nullpunktverschiebungen und den Drehungen wieder aufgehoben.

Dies macht für nachfolgende Bearbeitungen im Werkstückkoordinatensystem eine erneute Programmierung einer absoluten Nullpunktverschiebung G54 bis G57 erforderlich.

G53 aktiviert das Maschinenkoordinatensystem.

G53

Programmierhinweis:

Der Befehl G53 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G54 – G57 Einstellbare absolute Nullpunkte

Mit den Befehlen G54 bis G57 wird ein Werkstücknullpunkt mit den Koordinaten Z, X und Y bezogen auf den Maschinennullpunkt ausgewählt. Insgesamt können 4 verschiedene Nullpunkte G54 – G57 definiert und in der Steuerung gespeichert werden.

Diese Nullpunktverschiebungen bezeichnet man deshalb als einstellbare Nullpunkte. Die Achswerte der von der Steuerung einzustellenden Nullpunkte müssen vor dem Programmstart in die Nullpunktregister der Steuerung eingegeben werden oder können vom NC-Programm aus auch mit G51 gesetzt werden.

Die einstellbaren Nullpunkte gibt es getrennt für die Hauptspindelbearbeitung (G18 HS) **und** die Gegenspindelbearbeitung (G18 GS oder G18 GSU).

Mit der Programmierung eines einstellbaren Nullpunktes werden die mit G59 programmierten inkrementellen Verschiebungen und Drehungen des Werkstückkoordinatensystems sowie die Spiegelungen G66 und die Skalierung G67 in Fräsbearbeitungsebenen aufgehoben.

G54 oder G55 oder G56 oder G57

Programmierhinweise:

Ohne Anwahl eines Nullpunktes nach dem Programmstart verfährt die Steuerung im Maschinenkoordinatensystem.

Mit der Anwahl eines Nullpunktes wird ein Werkstückkoordinatensystem bezüglich eines Werkstückes festgelegt.

Um bei komplexen oder sich wiederholenden Konturen die Programmierung zu erleichtern, können bis zu 4 verschiedene Werkstücknullpunkte (G54, G55, G56 und G57) definiert werden.

Beim **Neustart** der Steuerungssoftware werden alle einstellbaren Nullpunktregisterwerte auf null gesetzt (d. h. alle einstellbaren Nullpunkte würden sich auf das Maschinenkoordinatensystem beziehen, wenn die Nullpunktregister nicht belegt würden).

Die Anwahl eines einstellbaren Nullpunktes hebt inkrementelle Nullpunktverschiebungen auf.

Der Befehl muss allein in einem NC-Satz stehen.

Die einstellbaren Nullpunkte können vom NC-Programm aus angewählt und mit G51 auch vom Programm aus gesetzt werden.

Einrichten:

Die Belegung der Nullpunktregister für Z erfolgt z. B. beim Einrichten durch Ankratzen in Z und Eingabe der um den Schneidenradius korrigierten Z-Werkzeugposition in ein Nullpunktregister oder durch Plandrehen in Maschinenkoordinaten und Übernahme der Z-Position im Einrichtbetrieb (was gleichbedeutend mit dem Nullen der aktuellen Koordinatenwerte ist).

Einstellbare Werkstücknullpunkte können im PAL-Einrichtblatt eingetragen und von da von der PAL-Steuerung in die Nullpunktregister übernommen werden.

Die Koordinatenangaben im Einrichtblatt für einen Nullpunkt sind immer absolut und immer auf den Maschinennullpunkt bezogen, auch wenn im Einrichtblatt mehrere Nullpunkte gesetzt werden.

Die Lage des Maschinennullpunktes ist in der Maschinenkonfiguration festgelegt und liegt bei den PAL-Maschinen - wie allgemeinen üblich - auf der Drehachse im Ansetzpunkt des Spindelflansches.

G58 Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung in Polarkoordinaten und Drehung

Mit dem Befehl G58 wird der Nullpunkt des aktuellen Werkstückkoordinatensystems der ZX-Bearbeitungsebene in einen mit Polarkoordinaten programmierten Punkt RP, AP der ZX-Bearbeitungsebene verschoben. **Danach** wird das verschobene Werkstückkoordinatensystem optional um den Winkel WA/WI um die G18-Zustellachse Y gedreht.

G18	G58	RP	AP	YA/YI	WA/WI	AA/AI	BA/BI	CA/CI
G17				ZA/ZI				
G19				XA/XI				

RP	Polarradius
AP	Polarwinkel

Optional:

YA/YI	Nullpunktverschiebung in der 3. Geometrieachse von G18,
ZA/ZI	Nullpunktverschiebung in der 3. Geometrieachse von G17,
XA/XI	Nullpunktverschiebung in der 3. Geometrieachse von G19
WA/WI	absolute/inkrementelle Drehung des aktuellen Werkstückkoordinatensystems um die Zustellachse der Bearbeitungsebene, Vorgabewerte: X10, Y10, Z10, W10

AA/AI	absolute/inkrementelle Verschiebung des A-Achs-Nullpunktes
BA/BI	absolute/inkrementelle Verschiebung des B-Achs-Nullpunktes
CA/CI	absolute/inkrementelle Verschiebung des C-Achs-Nullpunktes

Vorgabewerte: A10, B10, C10

Programmierhinweise:

Nach der Verschiebung wird das verschobene Werkstückkoordinatensystem optional um den Winkel WA/WI um die Zustellachse gedreht.

Ein absoluter Winkelwert bezieht sich auf das Koordinatensystem des aktiven Einstellbaren Nullpunkts und ein inkrementeller Winkelwert bezieht sich auf das aktuelle Werkstückkoordinatensystem. Die **Winkelangaben** beziehen sich auf die positive erste Geometrieachse.

Die Programmierung der Nullpunktverschiebungen in den Rundachsen kann für die Anpassung an die Rundachsennullpunkte unterschiedlicher Maschinen verwendet werden.

Wichtige Hinweise:

Der Befehl G58 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Alle Drehungen werden aufgehoben, wenn mit G15 eine Fräsbearbeitungsebene programmiert wird.

G59 Absolute/inkrementelle Nullpunktverschiebung und Drehung

Mit dem Befehl G59 wird mit optionalen Verschiebungsadressen ein Punkt in den Werkstückkoordinaten Z, X, Y des aktuellen Werkstückkoordinatensystems als neuer Werkstücknullpunkt festgelegt und danach das neue Werkstückkoordinatensystem optional um die Zustellachse gedreht.

Alle Koordinatenangaben im nachfolgenden Programmverlauf beziehen sich solange auf das verschobene und/oder gedrehte Koordinatensystem, bis dieses aufgehoben oder mit einem weiteren G59-Befehl überschrieben oder ein anderer Nullpunkt programmiert wird.

G59 ZA/ZI XA/XI YA/YI WA/WI AA/AI BA/BI CA/CI

Optional:

ZA/ZI	absolute/inkrementelle Z-Koordinate der Nullpunktverschiebung
XA/XI	absolute/inkrementelle X-Koordinate der Nullpunktverschiebung
YA/YI	absolute/inkrementelle Y-Koordinate der Nullpunktverschiebung
WA/WI	absolute/inkrementelle Drehung des aktuellen Werkstückkoordinatensystems um die Zustellachse der Bearbeitungsebene, Vorgabewerte: X10, Y10, Z10, W10
AA/AI	absolute/inkrementelle Verschiebung des A-Achs-Nullpunktes
BA/BI	absolute/inkrementelle Verschiebung des B-Achs-Nullpunktes
CA/CI	absolute/inkrementelle Verschiebung des C-Achs-Nullpunktes Vorgabewerte: A10, B10, C10

Programmierhinweise:

Ein absoluter Koordinatenwert ZA, XA, YA oder absoluter Winkelwert WA mit dem Endbuchstaben „A“ bezieht sich auf das Koordinatensystem des aktiven Einstellbaren Nullpunkts.

Ein inkrementeller Koordinatenwert ZI, XI, YI oder inkrementeller Winkelwert WI mit dem Endbuchstaben „I“ bezieht sich auf das aktuelle Werkstückkoordinatensystem.

Man beachte, dass ZA, XA, YA in G59 nicht die selbthaltenden/modalen Adressen des aktuellen Werkstückkoordinatensystems sondern Verschiebungen für Achskoordinaten des Koordinatensystems des aktuellen Einstellbaren Nullpunkts sind und ZI, XI, YI keine inkrementellen Adressen zur aktuellen Werkzeugposition sondern Verschiebungen im aktuellen Werkstückkoordinatensystem sind.

Es sind absolute und inkrementelle Koordinaten **gemischt** programmierbar.

Die gemischte Programmierung ist aber nicht möglich, wenn das aktuelle Werkstückkoordinatensystem gegenüber dem Maschinenkoordinatensystem um $\pm 90^\circ$ gedreht ist, da dann eine inkrementelle Verschiebung in der einen Geometrieachsrichtung mit der positiven oder negativen anderen Geometrieachsrichtung übereinstimmt.

Nach der Verschiebung wird das verschobene Werkstückkoordinatensystem optional um den Winkel WA/WI um die Zustellachse gedreht. Die **Winkelangaben** beziehen sich auf die positive erste Geometrieachse.

Mehrfache Programmierungen von G59 und G58 sind möglich, die eine absolute oder inkrementelle Verschiebung des jeweiligen aktuellen Koordinatensystems gestatten.

Da bei einem gedrehten ($\neq 0^\circ$, $\neq 180^\circ$) aktuellen Werkstückkoordinatensystem die Verschiebung des Werkstücknullpunkts in der Bearbeitungsebene mit einer absoluten und einer inkrementellen Bearbeitungsebenenkoordinate von der Reihenfolge dieser beiden Verschiebungen abhängt, wird für G59 eine Reihenfolge festgelegt:

Es werden stets zuerst die inkrementellen Koordinatenverschiebungen – falls vorhanden – ausgeführt und daran anschließend die absoluten Koordinatenverschiebungen.

Soll eine Verschiebung mit einer absoluten und einer inkrementellen Bearbeitungsebenenkoordinate jedoch in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden (also zuerst die absolute Verschiebung), so muss der G59 Befehl in zwei G59 Befehle aufgeteilt werden: Beispiel G18 (ohne Zustellachse Y)

G59 ZA/XA absolute Verschiebung in einer Bearbeitungsebenenkoordinate Z oder X

G59 XI/ZI WA/WI inkrementelle Verschiebung in der anderen Bearbeitungsebenenkoordinate

Eine Verschiebung in der Zustellachse Y kann in einer der beiden Zeilen angefügt werden.

Die Programmierung der Nullpunktverschiebungen in den Rundachsen kann für die Anpassung an die Rundachsnullpunkte unterschiedlicher Maschinen verwendet werden.

Wichtige Hinweise:

Der Befehl G59 muss allein in einem NC-Satz stehen.

In Abhängigkeit von DIA, DRA und RAD sind XA und XI im Radius- oder Durchmessermaß zu programmieren.

Alle Drehungen werden aufgehoben, wenn mit G15 eine Fräsbearbeitungsebene programmiert wird.

G61 Linearinterpolation für Konturzüge

Programmierung einer Strecke als Konturelement einer Konturzugprogrammierung: Bei der Konturelementprogrammierung können sowohl der Start- als auch der Zielpunkt noch unbestimmt sein. Die **Koordinaten-Selbthaltefunktion** wird **nicht** benutzt. Das Werkzeug verfährt mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit auf einer Geraden zum programmierten Zielpunkt (**siehe Anhang III, VII** und Programmierhinweise)

G61 ZI/ZA XI/XA D AT AS *RN H O E F S M*

Alternativ:

ZI, ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1.Geometrieachse)
	ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition
	ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe
XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2.Geometrieachse)
	XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition
	XA absolute Werkstückkoordinateneingabe
D	Länge der Verfahrstrecke
AT	Übergangswinkel im Startpunkt zur vorhergehenden Verfahrbewegung ohne Übergangselement, insbesondere AT0 : tangentialer Übergang
AS	Anstiegswinkel der Verfahrstrecke bezogen auf die positive 1. Geom.-Achse

Optional:

RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement
		RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement
		RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
H	[1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium
		H1 kleinerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse Z
		H2 größerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse Z
O	[1]	Lösungsauswahl Längenkriterium
		O1 kleinere Streckenlänge
		O2 größere Streckenlänge
F		Vorschub
E	[F]	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Es können keine oder bis zu vier Geometrie-Adressen sowie eine Verrundung/Fase programmiert werden.

Die inkrementellen Koordinatenangaben ZI, XI sind nur dann zugelassen, wenn der Endpunkt des vorhergehenden Konturelementes mit den bis dahin erfolgten Eingaben bereits berechenbar ist (das vorhergehende Element ein mit Endpunkt abgeschlossenes Konturelement ist).

Die Programmierung eines Übergangswinkels $AT \neq 0$ oder $AT \neq 180$ eines nicht tangentialen Überganges ist ebenfalls nur in diesem Fall zugelassen.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit den Auswahlkriterien. Kann keine Lösung aus den Adressen berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung angezeigt.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf den Zielpunkt verfahren.

Der Befehl G61 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G62 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge

Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen im Uhrzeigersinn vom Startpunkt zum Zielpunkt. Sowohl der Startpunkt als auch der Zielpunkt kann bei der Konturelementprogrammierung noch unbestimmt sein. Die **Koordinaten-Selbsthaltefunktion** wird **nicht** benutzt (**siehe** Programmierhinweise)...

G62 ZI/ZA XI/XA K/KA I/IA R AT AS AO AE/AP *RN H O E F S M*

Alternativ:

ZI, ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1.Geometrieachse) ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe
XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2.Geometrieachse) XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe
K, KA	Z-Mittelpunktskoordinate (1.Geometrieachse) K inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition KA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
I, IA	X-Mittelpunktskoordinate (2.Geometrieachse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
R	Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenkriterium R+ kürzerer Bogen R- längerer Bogen
AT	Übergangswinkel im Startpunkt zur vorhergehenden Verfahrbewegung ohne Übergangselement gemessen von der Endrichtung der vorhergehenden Verfahrbewegung - Insbesondere AT0 : tangentialer Übergang
AS	Tangentenwinkel im Startpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse
AO	Öffnungswinkel (es wird nur der Betrag von AO verwendet)
AE	Tangentenwinkel im Endpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse
AP	Polarwinkel des Kreisbogenendpunktes bezogen auf die positive 1. Geometrieachse

Optional:

RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
H	[1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium H1 kleinerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse Z H2 größerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse Z
O	[1]	Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium (Die Bogenauswahl mit dem Vorzeichen von R überschreibt die Auswahl mit O) O1 kürzerer Kreisbogen O2 längerer Kreisbogen
E		Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
F		Vorschub
S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Neben der optionalen Verrundung/Fase können keine oder bis zu sechs Geometrie-Adressen programmiert werden.

Die inkrementellen Koordinatenangaben ZI, K, XI, I sind nur dann zugelassen, wenn der Endpunkt des vorhergehenden Konturelementes mit den bis dahin erfolgten Eingaben bereits berechenbar ist (das vorhergehende Element ein mit Endpunkt abgeschlossenes Konturelement ist).

Die Programmierung eines Übergangswinkels $AT \neq 0$ oder $AT \neq 180$ eines nicht tangentialen Überganges ist ebenfalls nur in diesem Fall zugelassen.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit den Auswahlkriterien: Das Bogenlängenkriterium hat dabei Vorrang vor dem Winkelkriterium.

Kann keine Lösung aus den Adressen berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung angezeigt.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Der Befehl G62 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G63 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge

Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen entgegen dem Uhrzeigersinn vom Startpunkt zum Zielpunkt. Sowohl der Startpunkt als auch der Zielpunkt kann bei der Konturelementprogrammierung noch unbestimmt sein. Die **Koordinaten-Selbthaltefunktion in der Bearbeitungsebene** wird **nicht** benutzt (siehe Programmierhinweise).

G63 ZI/ZA XI/XA K/KA I/IA R AT AS AO AE/AP *RN H O E F S M*

Alternativ:

ZI, ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1.Geometrieachse) ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe
XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2.Geometrieachse) XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe
K, KA	Z-Mittelpunktskoordinate (1.Geometrieachse) K inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition KA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
I, IA	X-Mittelpunktskoordinate (2.Geometrieachse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
R	Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenkriterium R+ kürzerer Bogen R- längerer Bogen
AT	Übergangswinkel im Startpunkt zur vorhergehenden Verfahrbewegung ohne Übergangselement gemessen von der Endrichtung der vorhergehenden Verfahrbewegung - Insbesondere AT0 : tangentialer Übergang
AS	Tangentenwinkel im Startpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse
AO	Öffnungswinkel (es wird nur der Betrag von AO verwendet)
AE	Tangentenwinkel im Endpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse
AP	Polarwinkel des Kreisbogenendpunktes bezogen auf die positive 1. Geometrieachse

Optional:

RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
H	[1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium H1 kleinerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse Z H2 größerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse Z
O	[1]	Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium (Die Bogenauswahl mit dem Vorzeichen von R überschreibt die Auswahl mit O) O1 kürzerer Kreisbogen O2 längerer Kreisbogen
E		Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
F		Vorschub
S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Neben der optionalen Verrundung/Fase können keine oder bis zu sechs Geometrie-Adressen programmiert werden.

Die inkrementellen Koordinatenangaben ZI, K, XI, I sind nur dann zugelassen, wenn der Endpunkt des vorhergehenden Konturelementes mit den bis dahin erfolgten Eingaben bereits berechenbar ist (das vorhergehende Element ein mit Endpunkt abgeschlossenes Konturelement ist).

Die Programmierung eines Übergangswinkels $AT \neq 0$ oder $AT \neq 180$ eines nicht tangentialen Überganges ist ebenfalls nur in diesem Fall zugelassen.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit den Auswahlkriterien: Das Bogenlängenkriterium hat dabei Vorrang vor dem Winkelkriterium.

Kann keine Lösung aus den Adressen berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung angezeigt.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Der Befehl G62 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G66 Spiegeln in G18 an der Z- und /oder der X-Achse – Spiegelung aufheben

Diese Programmieranweisung führt eine Spiegelung des Werkstückkoordinatensystems aus.

G66 [Z] [X]

Optional:

Z Spiegeln an der Z- Achse, X ohne Adresswert
X Spiegeln an der X- Achse, Y ohne Adresswert

Keine der beiden Adressen: Die Spiegelungen werden aufgehoben. Die in einem gespiegelten Koordinatensystem programmierten Nullpunkte bleiben erhalten.

Programmierhinweise:

Werden beide Adressbuchstaben programmiert, so werden die Spiegelungen der programmierten Konturen an beiden Achsen zusammen als Punktspiegelung (Drehung um 180 Grad) ausgeführt. Wird keine Adresse programmiert, so werden die Spiegelungen aufgehoben.

Die Spiegelungen erfolgen immer von einem ungespiegelten Werkstückkoordinatensystem aus, das mit G59 oder G58 verschoben und gedreht sein darf (eine zweite Spiegelung wird daher nicht in einem bereits zuvor gespiegelten Koordinatensystem ausgeführt). Insbesondere ist damit die aufeinanderfolgende Programmierung von G66 X und G66 Y in zwei aufeinanderfolgenden NC-Sätzen von G66 X Y verschieden.

Das Programmieren einer anderen Kreisbogen-Interpolationsebene (G17/18/19) hebt die Spiegelungen auf.

Der Befehl G66 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Man beachte:

Wird nur an einer Koordinatenachse gespiegelt, so wird die Bedeutung der Wegbedingungen G2 und G3 sowie G41 und G42 getauscht, da das Koordinatensystem dann kein Rechtssystem mehr ist.

G67 Skalieren (Vergrößern bzw. Verkleinern oder Aufheben)

Der Befehl **G67** setzt einen **Skalierungsfaktor**, der wahlweise für die ersten beiden Geometrieachsen oder nur für die dritte Geometrieachse oder für alle drei Geometrieachsen der aktiven Kreisbogen-Interpolationsebene G18 oder G18 oder G19 verwendet werden kann. Ein Faktor größer 1 bedeutet eine Vergrößerung um den Faktor gegenüber dem nicht skalierten Werkstückkoordinatensystem, ein Faktor kleiner 1 eine Verkleinerung.

Die Skalierung kann für die Zustellachse, die dritte Geometrieachse, (Z in G17) unabhängig von der Skalierung in den ersten beiden Geometrieachsen der Kreisbogen-Interpolationsebene (X, Y in G17) mit einem weiteren G67 gesetzt werden.

Eine programmierte Skalierung bleibt modal erhalten, bis sie durch eine erneute Skalierung überschrieben wird. Mit Programmstart oder Änderung der Kreisbogen-Interpolationsebene werden alle Skalierungen auf den Faktor 1 zurückgesetzt.

G67 [SK] [Q]

Optional:

SK	[1]	Skalierungsfaktor (bezogen auf das Maschinenkoordinatensystem) SK = 1 Zurück zum Originalmaßstab SK > 1 Vergrößerung um den Faktor SK im unskalierten Werkstückkoordinatensystem SK < 1 Verkleinerung um den Faktor SK im unskalierten Werkstückkoordinatensystem Keine SK-Adresse: Die Skalierungen werden aufgehoben.
Q	[1]	Achsauswahl Q1 Skalierung aller drei Geometrieachsen (Z, X und Y) Q2 Skalierung der ersten beiden Geometrieachsen der Kreisbogen-Interpolationsebene (Z und X in G18) Q3 Skalierung der Zustellachse, der dritten Geometrieachse der Kreisbogen-Interpolationsebene (Y in G18)

Programmierhinweise:

Der Befehl G67 ohne Adressen hebt alle bestehenden Skalierungen auf. Mit Programmstart werden alle Skalierungen auf den Faktor 1 zurückgesetzt.

Bei der Drehbearbeitung ist nur die Skalierung mit Q2 sinnvoll, da die dritte Geometrieachse stets auf der Werkzeugspitzenhöhe Y0 stehen muss, so dass eine Skalierung der dritten Geometrieachse bedeutungslos ist.

Werden über die Achsauswahl nicht alle Achsen skaliert (Q2 und Q3), bleibt die bestehende Skalierung für alle nicht betroffenen Achsen erhalten.

Man beachte: Die An- und Abfahrbewegungen (Fräserradiuskompensation) werden nicht skaliert.

Das Programmieren einer anderen Kreisbogen-Interpolationsebene (G17/18/19) hebt die Skalierungen auf.

Der Befehl G67 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G70 Umschaltung auf Maßeinheit Zoll (Inch)

Mit diesem Befehl werden die Koordinatensysteme auf die Einheit Zoll umgeschaltet. Alle Koordinaten- und Maßangaben sind nach der Programmierung von G70 in Zollmaßen (Inch) anzugeben. Ebenso verändern sich die Einheiten der Technologiedaten für:

1. die Vorschubgeschwindigkeit in Inch pro Umdrehung (in/U)
2. die Schnittgeschwindigkeit in Fuß pro Minute (ft/min)

G70

Programmierhinweise:

Der Befehl G70 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Die Zoll-Maßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G71 wieder auf Millimeter-Maßangabe umgeschaltet wird.

Am Ende eines NC-Programms (M30) schaltet die Steuerung automatisch wieder auf die konfigurierte Maßeinheit G71 zurück.

G71 Umschaltung auf Maßeinheit Millimeter (mm)

Mit diesem Befehl werden die Koordinatensysteme auf die Einheit Millimeter umgeschaltet. Alle Koordinaten- und Maßangaben sind nach der Programmierung von G71 im metrischen Maßsystem (mm) anzugeben.

G71

Programmierhinweise:

Der Befehl G71 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Die Millimeter-Maßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G70 wieder auf Zoll-Maßangabe umgeschaltet wird.

G71 ist der Einschaltzustand.

G90 Absolutmaßangabe einschalten

Aktivieren des Werkstückkoordinatensystems: Wird der Befehl G90 programmiert, so beziehen sich alle folgenden Koordinatenangaben X, Y, Z auf den Werkstücknullpunkt. Unabhängig von der aktuellen Werkzeugposition wird der Zielpunkt programmiert, auf den das Werkzeug verfahren soll.

G90 S F E M T TC TR TZ TX

Optional:

S		Spindeldrehzahl in U/min
F		Vorschub in mm/U oder mm/min (siehe G94 und G95)
E	[F]	Feinkonturvorschub in mm/U oder mm/min: Der Vorschub F wird auf den Übergangselementen Fase und Verrundung zwischen Strecken und Kreisbögen auf E abgeändert (i. A. verringert).
M		Zusatzfunktionen
T		Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TZ	[0]	inkrementelle Veränderung des Z-Korrekturwertes
TX	[0]	inkrementelle Veränderung des X-Korrekturwertes

Programmierhinweise:

Die Absolutmaßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G91 (inkrementelle Maßangabe) ausgeschaltet wird.

Bei der Drehebeneanwahl G18 DRA mit der Adresse DRA (Standard) erfolgt die X-Koordinateneingabe im Durchmessermaß.

G90 ist der Einschaltzustand.

G91 Kettenmaßangabe einschalten

Aktivieren des Werkzeugkoordinatensystems: Bei der Kettenmaßangabe, auch inkrementelle Maßangabe genannt, wird der Zielpunkt bezogen auf die momentane Werkzeugposition programmiert.

G91 S F E M T TC TR TZ TX

Optional:

S		Spindeldrehzahl in U/min
F		Vorschub in mm/U oder mm/min (siehe G94 und G95)
E	[F]	Feinkonturvorschub in mm/U oder mm/min: Der Vorschub F wird auf den Übergangselementen Fase und Verrundung zwischen Strecken und Kreisbögen auf E abgeändert (i. A. verringert).
M		Zusatzfunktionen
T		Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TZ	[0]	inkrementelle Veränderung des Z-Korrekturwertes
TX	[0]	inkrementelle Veränderung des X-Korrekturwertes

Programmierhinweise:

Die inkrementelle Maßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G90 (Absolutmaßangabe) ausgeschaltet wird.

Bei der Drehebeneanwahl G18 DRA mit der Adresse DRA (Standard) erfolgt die X-Koordinateneingabe im Radiusmaß.

G92 Drehzahlbegrenzung

Ist beim Plandrehen auf einen sehr kleinen Durchmesser oder den Durchmesser Null eine konstante Schnittgeschwindigkeit (G96) programmiert, so läuft die Spindel auf ihre maximale Drehzahl hoch. Das kann fatale Folgen für die Werkstückspannung haben. Um dies zu verhindern, sollte in Zusammenhang mit einer konstanten Schnittgeschwindigkeit eine Drehzahlbegrenzung mit G92 programmiert werden

G92 S

S maximale Spindeldrehzahl in U/min

Programmierhinweise:

Bei der konstanten Schnittgeschwindigkeit (G96) wird die aus Bearbeitungsdurchmesser und Schnittgeschwindigkeit berechnete Drehzahl auf die mit G92 programmierte maximale Drehzahl reduziert (in diesem Fall wird damit die Schnittgeschwindigkeit reduziert).

Bei der konstanten Drehzahl (G97) wird eine programmierte größere Drehzahl auf die maximale Spindeldrehzahl aus G92 reduziert.

Der Befehl G92 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G94 Vorschub in Millimeter pro Minute

Mit dem Befehl G94 wird der Vorschub in der Einheit "Millimeter pro Minute" programmiert.

G94 F *E S M T TC TR TZ TX*

F Vorschub in mm/min

Optional:

E	[F]	Feinkonturvorschub
S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen
T		Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TZ	[0]	inkrementelle Veränderung der Z-Korrekturwertes
TX	[0]	inkrementelle Veränderung der X-Korrekturwertes

Programmierhinweis:

G94 wirkt modal (d. h. solange bis mit G95 auf Vorschub pro Umdrehung umgeschaltet wird).

G95 Vorschub in Millimeter pro Umdrehung

Mit dem Befehl G95 wird der Vorschub in der Einheit "Millimeter pro Umdrehung" programmiert.

G95 F *E S M T TC TR TZ TX*

F Vorschub in mm/U

Optional:

E	[F]	Feinkonturvorschub
S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen
T		Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TZ	[0]	inkrementelle Veränderung der Z-Korrekturwertes
TX	[0]	inkrementelle Veränderung der X-Korrekturwertes

Programmierhinweis:

G95 wirkt modal (d. h. solange bis mit G94 auf Vorschub pro Minute umgeschaltet wird).

G96 Konstante Schnittgeschwindigkeit

Mit dem Befehl G96 wird bei aktivem G95 eine konstante Schnittgeschwindigkeit in der Einheit "Meter pro Minute" programmiert.

G96 S F E M T TC TR TZ TX

S *konstante Schnittgeschwindigkeit in m/min*

Optional:

F		Vorschub in mm/U oder mm/min (siehe G94 und G95)
E	[F]	Feinkonturvorschub
M		Zusatzfunktionen
T		Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TZ	[0]	inkrementelle Veränderung der Z-Korrekturwertes
TX	[0]	inkrementelle Veränderung der X-Korrekturwertes

Programmierhinweise:

Die Programmierung von G96 S ist nur bei aktivem Vorschub pro Umdrehung G95 möglich. Andernfalls wird die Programmierung von G96 S mit einer Fehlermeldung verweigert und der NC-Programmablauf abgebrochen

G96 S kann zusammen mit G95 F in einem NC-Satz programmiert werden.

Die konstante Schnittgeschwindigkeit wird mit dem aktuellen X-Wert auf die Drehzahl umgerechnet.

Sie bleibt solange wirksam, bis sie mit G97 aufgehoben oder durch einen neuen G96- Befehl überschrieben wird

Um bei der Bearbeitung mit kleinen X-Koordinatenwerten sicherzustellen, dass die Drehzahl nicht über einen für die Werkstückspannung maximal zulässigen Wert ansteigt, sollte ergänzend mit dem Befehl G92 eine Drehzahlbegrenzung programmiert werden.

G97 Konstante Drehzahl

Mit der Anweisung G97 wird eine unter G96 programmierte konstante Schnittgeschwindigkeit wieder aufgehoben und eine feste Drehzahl eingestellt.

G97 S F E M T TC TR TZ TX

S Spindeldrehzahl in U/min

Optional:

F		Vorschub
E	[F]	Feinkonturvorschub
M		Zusatzfunktionen
T		Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TZ	[0]	inkrementelle Veränderung der Z-Korrekturwertes
TX	[0]	inkrementelle Veränderung der X-Korrekturwertes

Programmierhinweise:

Bei Drehmaschinen ist G97 Einschaltzustand. Wird zusammen mit G97 keine Spindeldrehzahl S programmiert, so wird die aktuell anstehende Drehzahl übernommen (z. B. die bei konstanter Schnittgeschwindigkeit zuletzt berechnete Drehzahl).

Die unter G92 programmierte maximale Spindeldrehzahl S bleibt jedoch für einen erneuten Aufruf der konstanten Schnittgeschwindigkeit G96 erhalten.

PAL Drehbearbeitungszyklen (Ebene G18)

G31	Gewindezyklus
G32	Gewindebohrzyklus
G33	Gewindestrehlzyklus/-gang
G64	Nuten-Stoß-Zyklus
G80	Abschluss einer Bearbeitungszyklus-Konturbeschreibung
G81	Konturschruppzyklus längs
G82	Konturschruppzyklus plan
G83	Konturschruppzyklus konturparallel
G84	Bohrzyklus
G85	Freistichzyklus
G86	Stechzyklus radial
G87	Konturstechzyklus radial
G88	Stechzyklus axial
G89	Konturstechzyklus axial

G31 Gewindezyklus

Mit dem Zyklus G31 können Längs- und Kegelgewinde und konstanter Steigung in Z-Richtung programmiert werden. Der Zyklus kann gesteuert durch den Werkzeugquadranten sowohl für die Außen- als auch für die Innenbearbeitung verwendet werden.

G31 Z/ZI/ZA X/XI/XA F D *ZS XS DA DU Q O AE H S M*

Z, ZI, ZA	Z-Gewindeendpunkt
Z	absolute oder zum Gewindestartpunkt inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe zum Gewindestartpunkt
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
X, XI, XA	X- Gewindeendpunkt
X	absolute oder zum Gewindestartpunkt inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe zum Gewindestartpunkt
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
F	Steigung in Richtung der Z-Achse
D	Gewindetiefe (Radiusmaß)

Optional:

ZS	Gewindestartpunkt absolut in Z [um DA verschobene aktuelle Werkzeugposition in Z]	
XS	Gewindestartpunkt absolut in X [absolute X-Endpunktkoordinate]	
DA [0]	Gewindeanlaufstrecke gemessen in Z-achspareller Richtung	
DU [0]	Gewindeüberlaufstrecke gemessen in Z-achspareller Richtung	
Q [1]	Zahl der Schnitte	
O [0]	Anzahl der Leerdurchläufe	
AE [29]	Eintauchwinkel zur X-Achse für Zustellung auf der rechten oder linken Flanke	
H [1]	Zustellart- und Restschnittauswahl	
H1	Ohne Versatz	Restschnitte aus
H2	Linke Flanke	Restschnitte aus
H3	Rechte Flanke	Restschnitte aus
H4	Versatz R/L wechselweise	Restschnitte aus
H11	Ohne Versatz	Restschnitte ein
H12	Linke Flanke	Restschnitte ein
H13	Rechte Flanke	Restschnitte ein
H14	Versatz R/L wechselweise	Restschnitte ein
	Restschnitte 1/2, 1/4, 1/8, 1/8 x (D/Q)	
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit	
M	Zusatzfunktionen	
	[M3/4 aktuelle Drehrichtung]	

Programmierhinweise:

Mit dem Werkzeugquadranten entscheidet der Zyklus, ob ein Innen- oder Außengewinde geschnitten wird.

Ein mehrgängiges Gewinde kann durch mehrere Zyklusaufrufe mit der Variation des Startpunktes gefertigt werden.

G32 Gewindebohrzyklus

Es wird ein zentrisches Innengewinde mit einem feststehenden Gewindebohrer und rotierender Werkstückspindel mit Spindeldrehrichtungsumkehr im Gewindeendpunkt gefertigt.

G32 Z/ZI/ZA F S M

Z, ZI, ZA	Z-Gewindeendpunkt
Z	absolute oder zum Gewindestartpunkt inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
F	Steigung

Optional:

S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen [M3/4 aktuelle Drehrichtung]

G33 Gewindestrehlgang

Es wird ein linearer oder kegeliger Gewindeschnitt programmiert. Der Vorschub und die Spindel-drehzahl werden in Abhängigkeit von der Gewindesteigung entsprechend synchronisiert.

G33 Z/ZI/ZA X/XI/XA F S M

Z, ZI, ZA	Z-Gewindeendpunkt
Z	absolute oder zum Gewindestartpunkt inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
X, XI, XA	X- Gewindeendpunkt
X	absolute oder zum Gewindestartpunkt inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
F	Steigung in Richtung der Z-Achse

Optional:

S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen [M3/4 aktuelle Drehrichtung]

Programmierhinweise:

Bei zylindrischen und Kegelgewinden bis einschließlich 45° wird die Steigung F auf der Z-Achse abgetragen, bei Plan- und Kegelgewinden über 45° auf der X-Achse.

Jeder Gewindeschnitt muss einzeln programmiert werden. Ebenso müssen Zustell-, Rückzugs- und Rücklaufbewegungen jeweils in eigenen NC-Sätzen programmiert werden.

Bei mehreren Schnitten für ein Gewinde können durch geeignete Vorgaben der Startpunkte unterschiedliche Zustellungsvarianten realisiert werden (z. B. zentrische Zustellung, Zustellung auf der rechten oder linken Flanke)

Auf die gleiche Weise ist es möglich mehrgängige Gewinde zu fertigen.

G64 Nuten-Stoß-Zyklus

Das Stoßen einer Nut erfordert ein spezielles Nuten-Stoßwerkzeug. Aufgrund der großen auf den Werkzeugträger einwirkenden Kräfte wird das Stoßen nur mit sehr kleinen Zustellungen durchgeführt. Üblicherweise wird vom Zyklus dabei die Werkstückspindel geklemmt.

G64 Z/ZI/ZA X/XI/XA D *ZS XS DA DU F*

Z/ZA/ZI	G90, G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate des Endpunktes
X/XA/XI	G90, G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate des Endpunktes
D	Zustellung in X

Optional:

ZS	Startpunkt der Nut in Z, Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition
XS	Startpunkt der Nut in X, Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition
DA	[1] Einlauflänge vor dem Startpunkt
DU	[0] Auslauflänge nach dem Endpunkt

Die C-Achse wird vor den Zyklusaufufruf positioniert. Stoßen kann auch auf einer Drehmaschine mit einer Positionierachse C programmiert werden, die keine NC-Achse ist.

Konturschruppzyklen G81, G82, G83, G87, G89 (G80)

Die Konturdefinition erfolgt im Anschluss an die Zyklusprogrammierung durch eine beliebige Kombination von Wegbefehlen, Unterprogrammaufrufen und Programmteilwiederholungen, die durch den Befehl G80 abgeschlossen werden.

Die Programmierung des ersten Konturpunktes muss absolut durch G0 oder G1 erfolgen.

Beim Schruppen werden die beim Zyklusaufruf aktiven Werte für Vorschub, Drehzahl oder Schnittgeschwindigkeit verwendet. Eine Vorschubprogrammierung bei der Konturdefinition (z. B. für das anschließende Schlichten) wird beim Schruppen ignoriert.

Beim Schlichten werden die programmierten Aufmaße ignoriert. Bei einem Zyklusaufruf zum Schruppen mit anschließendem Schlichten, wird die Schlichtbearbeitung unterdrückt, wenn kein Schlichtaufmaß programmiert wurde.

Die Zyklen arbeiten prinzipiell mit Schneidenradiuskompensation und berücksichtigen beim Schruppen die im Zyklusaufruf programmierten Aufmaße. Weiter wird für die Berechnung der Schneidenradiuskompensation die gesamte Werkstückkontur herangezogen, indem eine mathematische Äquidistante im Abstand des Schneidenradius des verwendeten Werkzeuges berechnet wird. Die Äquidistante wird anschließend für die Bestimmung der Verfahrbewegungen des Werkzeuges genutzt. Dieses Vorgehen entspricht einer beliebig großen Vorschau bei der Berechnung der Schneidenradiuskompensation.

Der Werkzeugquadrant legt fest, ob es sich um eine Innen- oder Außenbearbeitung handelt.

Der Zyklus berechnet sich unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V in Bearbeitungsrichtung einen Bearbeitungsstartpunkt aus der programmierten Kontur, der im Fall des Auswahlparameters O2 vor der Zyklusbearbeitung im Eilgang angefahren wird.

Die aktuelle Werkzeugposition wird mit dem Auswahlparameter O1 (Vorgabewert) als Bearbeitungsstartpunkt verwendet.

Der Bearbeitungsquadrant ist einer von achsparallelen Begrenzungslinien durch den Bearbeitungsstartpunkt definierten vier Quadranten der ZX-Ebene. Die Auswahl des Bearbeitungsquadranten erfolgt mit dem Werkzeugquadrant. Im Fall der Werkzeugquadranten 6 und 8 wird der Bearbeitungsquadrant in der dem Werkzeug gegenüberliegenden Halbebene gemäß der Lage der Werkstückspindel (Haupt- oder Gegenspindel) ausgewählt.

Im Fall O1 werden über die Quadrantenbegrenzung hinausgehende Konturstücke abgeschnitten bzw. die Kontur in einem Endpunkt achsparallel auf die Quadrantenbegrenzung verlängert, falls der Endpunkt im Inneren des Quadranten liegt.

Durch Setzen von Bearbeitungsgrenzen XA und/oder ZA in G80 kann die Bearbeitung in den Schruppzyklen an der Z-parallelen Geraden $XA=const$ und/oder der X-parallelen Geraden $ZA=const$ abgeschnitten werden.

Schlichtaufmaße:

Bei den Bearbeitungszyklen können drei verschiedene Schlichtaufmaße programmiert werden. Die bei einem Bearbeitungszyklus mit den Aufmaßadressen angegebenen Aufmaße können beliebig miteinander kombiniert werden.

AZ Verschiebungs-Schlichtaufmaß in Z: Die Bearbeitungskontur wird in Richtung der Z-Achse um AZ (unter Berücksichtigung des Vorzeichens) verschoben:

AZ positiv: Bearbeitungskontur in Richtung der positiven Z-Achse verschoben

AZ negativ: Bearbeitungskontur in Richtung der negativen Z-Achse verschoben

AX Verschiebungs-Schlichtaufmaß in X (in Radiusmaß): Die Bearbeitungskontur wird in Richtung der X-Achse um AX (unter Berücksichtigung des Vorzeichens) verschoben:

AX positiv: Bearbeitungskontur in Richtung der positiven X-Achse verschoben

AX negativ: Bearbeitungskontur in Richtung der negativen X-Achse verschoben

Das Vorzeichen ist bei der Programmierung von Aufmaßen bei der Außen- (positiv) und Innenbearbeitung (negativ) entsprechend zu setzen.

AK Konturparalleles (äquidistantes) Schlichtaufmaß: Es wird zur Bearbeitungskontur eine im Abstand AK liegende äquidistante Kontur als neue Bearbeitungskontur berechnet, Dabei wird über den Werkzeugquadranten festgelegt, ob die in positiver (Außenbearbeitung) oder negativer X-Richtung (Innenbearbeitung) oder in positiver Z-Richtung (Axialgesenk) liegende Äquidistante verwendet wird. Die äquidistante Bearbeitungskontur wird dann gegebenenfalls noch um die Verschiebungs-Schlichtaufmaße AZ, AX verschoben.

Man beachte: Im Fall eines negativen Aufmaßes AK wird die auf der anderen Seite liegende Äquidistante verwendet. Diese zu der Programmierung von AX, AZ unterschiedliche Regelung entspricht der steuerungsüblichen Vorgehensweise.

Die Programmierung eines äquidistanten Schlichtaufmaßes ist immer dann erforderlich, wenn der Konturverlauf nicht monoton (sondern steigend und fallend) ist.

Anmerkung: Eine Kontur für eine Radialbearbeitung z. B. heißt monoton, wenn entweder der gesamte über der Z-Achse aufgetragene Konturverlauf in X kontinuierlich ansteigt bzw. gleich bleibt oder der gesamte Konturverlauf in X kontinuierlich fällt bzw. gleich bleibt.

Ist ein Schlichtaufmaß programmiert, so wird in den Schrupp- oder Gesenkzyklen die Schnittaufteilung mit der beaufmaßten Kontur, Schneidenradiuskompensation und den Werkzeugwinkeln bzw. bei Gesenkzyklen auch mit der gesamten Werkzeugschneidengeometrie berechnet.

Beim Schlichten mit einem Bearbeitungszyklus werden die Aufmaße stets ignoriert.

Programmierhinweise:

Da der Konturverlauf jeweils für das Vor- und Fertigdrehen beschrieben werden muss, bietet es sich für das Schruppen und Schlichten mit unterschiedlichen Werkzeugen an, die Konturbeschreibung in einem Unterprogramm abzulegen und dieses im Hauptprogramm jeweils für das Vor- und Fertigdrehen aufzurufen. Alternativ zum Unterprogramm kann für das Fertigdrehen auch eine Programmteilmwiederholung mit dem G23-Befehl programmiert werden.

G80 Abschluss einer Konturbeschreibung

Das Programmieren einer Bearbeitungszyklus-Konturbeschreibung wird nach der Initialisierung durch den Zyklusauf Ruf G81, G82, G83, G87 oder G89 mit G80 abgeschlossen. Mit den optionalen Adressen ZA und XA können dabei X- und Z-parallele Begrenzungslinien vorgegeben werden, die bei der Zyklus-Bearbeitung vom Schneidenpunkt nicht überfahren werden.

G80 ZA XA

Optional:

ZA	absoluter Z-Koordinatenwert der X-parallelen Bearbeitungsgrenze [Es gibt keine X-parallele Bearbeitungs-Begrenzungslinie]
XA	absoluter X-Koordinatenwert der Z-parallelen Bearbeitungsgrenze [Es gibt keine Z-parallele Bearbeitungs-Begrenzungslinie]

Programmierhinweise:

Durch die achsparallelen Begrenzungslinien ZA=const und/oder XA=const wird zusammen mit den achsparallelen Begrenzungslinien des Bearbeitungsquadranten durch den Bearbeitungsstartpunkt ein Rechteck oder ein bandförmiger Bereich aufgespannt, auf den alle Zyklusverfahrbewegungen eingeschränkt werden.

Wird bei einer konturparallelen Bearbeitungsbewegung diese durch eine Bearbeitungs-Begrenzungslinie unterbrochen, so werden die Teilstücke der Bearbeitungsbewegung getrennt abgefahren, wobei jedoch bei den Verbindungsbewegungen nur einmal auf der Begrenzungslinie verfahren werden darf.

G81 Längsschruppzyklus

Mit dem Befehl G81 kann ein Zyklus zum Abspannen in Längsrichtung (parallel zur Z-Achse) mit einer beliebigen, auch Hinterschneidungen enthaltenden Bearbeitungskontur programmiert werden.

Die Bearbeitungskontur wird nach dem Zyklusaufwurf mit den Geometriebefehlen einschließlich der Freistiche beginnend mit einer linearen Bewegung auf den Bearbeitungskonturstartpunkt programmiert und mit G80 wird die Bearbeitungskontureingabe abgeschlossen.

Die Bearbeitungskontur kann durch ein Unterprogramm oder eine Programmteilwiederholung definiert werden, die dann ebenfalls mit G80 abgeschlossen werden (siehe allgemeine Programmierhinweise).

Der Zyklus kann sowohl für die Innen- als auch für der Außenbearbeitung verwendet werden. Der Zyklus verwendet intern die **Schneidenradiuskompensation** für den gesamten Konturverlauf.

```
G81 D H1/H2/H3/H24 AK AZ AX AE AS AV O Q V F E S M
G81 H4 AE AS AV O F E S M
```

D Zustellung
H H4 Schichten der Kontur

Optional:

H	[2]	Bearbeitungsart H1 nur Schruppen, 1x45 Grad abheben H2 stufenweise Auswinkeln entlang der Kontur H3 wie H1 mit zusätzlichem Konturschnitt am Ende H24 Schruppen mit H2 und anschließendes Schlichten
AK	[0]	Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß AK auf die Bearbeitungskontur
AZ	[0]	Aufmaß durch Bearbeitungskonturverschiebung um AZ in Z-Richtung
AX	[0]	Aufmaß durch Bearbeitungskonturverschiebung um AX in X-Richtung im Radiusmaß Alle Aufmaße AK, AZ, AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirken AZ, AX zusätzliche Aufmaßverschiebungen
AE		Eintauchwinkel (beschränkt durch den Werkzeug-Endwinkel bezüglich der positiven ersten Geometrieachse Z) [Werkzeug-Endwinkel aus Korrekturwertspeicher]
AS		Austauchwinkel (beschränkt durch den Werkzeug-Seiteneinstellwinkel bezüglich der negativen ersten Geometrieachse Z) [Werkzeug-Seiteneinstellwinkel aus Korrekturwertspeicher]
AV	[1]	Sicherheitswinkelabschlag für AE und AS
O	[1]	Bearbeitungsstartpunkt O1 aktuelle Werkzeugposition O2 aus Kontur berechnet
Q	[1]	Leerschnittoptimierung Q1 Optimierung aus Q2 Optimierung ein
V	[1]	Sicherheitsabstand der Leerschnittoptimierung und Startpunktberechnung (O2)
F		Vorschub
E	[F]	Eintauchvorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Adressbeschreibung:

- D Die Zustellung D (bezogen auf den Radius) gibt an, um welchen Wert nach jedem Schnitt in X-Richtung zugestellt wird.
- AK AZ AX Alle Aufmaße AK, AZ, AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirken AZ, AX zusätzliche Aufmaßverschiebungen.
- AE Eintauchwinkel der Nebenschneide des Werkzeugs
Wird kein Eintauchwinkel programmiert, so verwendet die Steuerung den Werkzeug-Endwinkel bezüglich der positiven Z-Geometrieachse aus dem Einrichtblatt-Korrekturwertdatensatz des Einrichtblattes des aktuell angewählten Werkzeugs. Dieser Winkel wird um AV verkleinert und dann als Eintauchwinkel AE für die Ausführung des Zyklus benutzt.
- AS Austauschwinkel der Hauptschneide des Werkzeugs
Wird kein Austauschwinkel programmiert, so verwendet die Steuerung den Werkzeug- Seiteneinstellwinkel bezüglich der negativen Z-Geometrieachse aus dem Einrichtblatt-Korrekturwertdatensatz des aktuell angewählten Werkzeugs. Dieser Winkel wird um AV verkleinert und dann als Austauschwinkel AS für die Ausführung des Zyklus benutzt.
Man beachte: Die durch den Zyklus zu bearbeitende Kontur wird durch die Programmierung der Winkel AE und AS möglicherweise modifiziert. Da in einem solchen Fall ein Restspan stehen bleiben kann, wird gegebenenfalls die folgende Warnmeldung angezeigt: „Kontur mit Werkzeug nicht vollständig bearbeitbar“.
- O [1] Wird mit O1 die aktuelle Werkzeugposition als Bearbeitungsstartpunkt ausgewählt, so legt diese Position den Bearbeitungsquadranten fest, der bis auf eine Abhebebewegung nicht überfahren wird (Verfahrwegbegrenzung). Die programmierte Bearbeitungskontur wird dann achsparallel auf den Rand des Bearbeitungsquadranten verlängert oder an diesem abgeschnitten. Der Sicherheitsabstand V wird in diesem Fall nicht berücksichtigt.
Mit O2 wird der Bearbeitungsquadrant (mit dem Bearbeitungsstartpunkt auf der X-parallelen Begrenzung) durch den Bearbeitungskonturverlauf unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V bestimmt. Bei einer ansteigenden oder fallenden (also monotonen) Kontur ergibt sich dieser aus dem ersten und letzten Konturpunkt und der Verschiebung um den Sicherheitsabstand.
- Q [1] Mit der Programmierung von Q2 optimiert der Zyklus die Verfahwege des Werkzeuges bezogen auf das tatsächliche aktuelle Werkstück unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V. Dadurch werden sogenannte „Luftschnitte“ vermieden.
Im Standardfall Q1 werden die Verfahwege nicht optimiert.
- V Sicherheitsabstand in Z-Richtung bei der Leerschnittoptimierung und Startpunktberechnung (O2)
Das Werkzeug wird vor jedem Schruppschnitt in Z so positioniert, dass es nach der Zustellbewegung in X den Abstand V zum Werkstück hat. Von dort beginnt der Schruppschnitt im Vorschub.

Programmierhinweise:

Konturprogrammierung und Aufmaße: Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schrappzyklen.

Es muss entweder die Zustellung D oder H4 (Adresse H mit Adresswert 4) programmiert werden.

G82 Planschruppzyklus

Mit dem Befehl G82 wird ein Zyklus zum Abspannen in Planrichtung (parallel zur X-Achse) mit einer beliebigen, auch Hinterschneidungen enthaltenden Bearbeitungskontur programmiert.

Die Bearbeitungskontur wird nach dem Zyklusaufufr mit den Geometriebefehlen einschließlich der Freistiche beginnend mit einer linearen Bewegung auf den Bearbeitungskonturstartpunkt programmiert und mit G80 wird die Bearbeitungskontureingabe abgeschlossen. Die Bearbeitungskontur kann durch ein Unterprogramm oder eine Programmteiwiederholung definiert werden, die dann ebenfalls mit G80 abgeschlossen werden (siehe allgemeine Programmierhinweise).

G82 kann sowohl bei der Innen- als auch bei der Außenbearbeitung verwendet werden. Der Zyklus verwendet intern die **Schneidenradiuskompensation** für den gesamten Konturverlauf.

```
G82 D H1/H2/H3/H24 AK AZ AX AE AS AV O Q V F E S M
G82 H4 AE AS AV O F E S M
```

D Zustellung
H H4 Schichten der Kontur

Optional:

H	[2]	Bearbeitungsart H1 nur Schruppen, 1x45 Grad abheben H2 stufenweise Auswinkeln entlang der Kontur H3 wie H1 mit zusätzlichem Konturschnitt am Ende H24 Schruppen mit H2 und anschließendes Schlichten
AK	[0]	Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß AK auf die Bearbeitungskontur
AZ	[0]	Aufmaß durch Bearbeitungskonturverschiebung um AZ in Z-Richtung
AX	[0]	Aufmaß durch Bearbeitungskonturverschiebung um AX in X-Richtung im Radiusmaß Alle Aufmaße AK, AZ, AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirken AZ, AX zusätzliche Aufmaßverschiebungen
AE		Eintauchwinkel (beschränkt durch den Werkzeug-Endwinkel bezüglich der positiven ersten Geometrieachse Z) [Werkzeug-Endwinkel aus Korrekturwertspeicher]
AS		Austauchwinkel (beschränkt durch den Werkzeug-Seiteneinstellwinkel bezüglich der negativen ersten Geometrieachse Z) [Werkzeug-Seiteneinstellwinkel aus Korrekturwertspeicher]
AV	[1]	Sicherheitswinkelabschlag für AE und AS
O	[1]	Bearbeitungsstartpunkt O1 aktuelle Werkzeugposition O2 aus Kontur berechnet
Q	[1]	Leerschnittoptimierung Q1 Optimierung aus Q2 Optimierung ein
V	[1]	Sicherheitsabstand der Leerschnittoptimierung und Startpunktberechnung (O2)
F		Vorschub
E	[F]	Eintauchvorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Adressbeschreibung:

- D Die Zustellung D (bezogen auf den Radius) gibt an, um welchen Wert nach jedem Schnitt in X-Richtung zugestellt wird.
- AK AZ AX Alle Aufmaße AK, AZ, AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirken AZ, AX zusätzliche Aufmaßverschiebungen.
- AE Eintauchwinkel der Nebenschneide des Werkzeugs
Wird kein Eintauchwinkel programmiert, so verwendet die Steuerung den Werkzeug-Endwinkel bezüglich der positiven Z-Geometrieachse aus dem Einrichtblatt-Korrekturwertdatensatz des Einrichtblattes des aktuell angewählten Werkzeugs. Dieser Winkel wird um AV verkleinert und dann als Eintauchwinkel AE für die Ausführung des Zyklus benutzt.
- AS Austauschwinkel der Hauptschneide des Werkzeugs
Wird kein Austauschwinkel programmiert, so verwendet die Steuerung den Werkzeug- Seiteneinstellwinkel bezüglich der negativen Z-Geometrieachse aus dem Einrichtblatt-Korrekturwertdatensatz des aktuell angewählten Werkzeugs. Dieser Winkel wird um AV verkleinert und dann als Austauschwinkel AS für die Ausführung des Zyklus benutzt.
Man beachte: Die durch den Zyklus zu bearbeitende Kontur wird durch die Programmierung der Winkel AE und AS möglicherweise modifiziert. Da in einem solchen Fall ein Restspan stehen bleiben kann, wird gegebenenfalls die folgende Warnmeldung angezeigt: „Kontur mit Werkzeug nicht vollständig bearbeitbar“.
- O [1] Wird mit O1 die aktuelle Werkzeugposition als Bearbeitungsstartpunkt ausgewählt, so legt diese Position den Bearbeitungsquadranten fest, der bis auf eine Abhebebewegung nicht überfahren wird (Verfahrwegbegrenzung). Die programmierte Bearbeitungskontur wird dann achsparallel auf den Rand des Bearbeitungsquadranten verlängert oder an diesem abgeschnitten. Der Sicherheitsabstand V wird in diesem Fall nicht berücksichtigt.
Mit O2 wird der Bearbeitungsquadrant (mit dem Bearbeitungsstartpunkt auf der X-parallelen Begrenzung) durch den Bearbeitungskonturverlauf unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V bestimmt. Bei einer ansteigenden oder fallenden (also monotonen) Kontur ergibt sich dieser aus dem ersten und letzten Konturpunkt und der Verschiebung um den Sicherheitsabstand.
- Q [1] Mit der Programmierung von Q2 optimiert der Zyklus die Verfahwege des Werkzeuges bezogen auf das tatsächliche aktuelle Werkstück unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V. Dadurch werden sogenannte „Luftschnitte“ vermieden.
Im Standardfall Q1 werden die Verfahwege nicht optimiert.
- V Sicherheitsabstand in Z-Richtung bei der Leerschnittoptimierung und Startpunktberechnung (O2)
Das Werkzeug wird vor jedem Schruppschnitt in Z so positioniert, dass es nach der Zustellbewegung in X den Abstand V zum Werkstück hat. Von dort beginnt der Schruppschnitt im Vorschub.

Programmierhinweise:

Konturprogrammierung und Aufmaße: Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schrappzyklen.

Es muss entweder die Zustellung D oder H4 (Adresse H mit Adresswert 4) programmiert werden.

G83 Konturparalleler Schrappzyklus – Wiederholungszyklus

Mit dem Befehl G83 wird ein Zyklus zum konturparallelen Abspannen an eine beliebige, auch Hinterschneidungen enthaltende Bearbeitungskontur programmiert oder ein Programmteil (mit Zyklen) mit Verschiebungen wiederholt.

Die Bearbeitungskontur wird nach dem Zyklusaufwurf mit den Geometriebefehlen einschließlich der Freistiche beginnend mit einer linearen Bewegung auf den Bearbeitungskonturstartpunkt programmiert und mit G80 wird die Bearbeitungskontureingabe abgeschlossen. Die Bearbeitungskontur kann durch ein Unterprogramm oder eine Programmteiwiederholung definiert werden, die dann ebenfalls mit G80 abgeschlossen werden (siehe allgemeine Programmierhinweise)

G83 kann sowohl bei der Innen- als auch bei der Außenbearbeitung verwendet werden.

Dabei arbeitet der Zyklus intern mit einer Wiederholungsstrategie: So ist es beispielsweise möglich, mit G83 mehrere Einstiche mit konstantem Abstand zu erstellen.

Verfahrenbefehle oder weitere Zyklusaufwrufe, die zwischen dem G83-Befehl und der Zyklusabwahl G80 programmiert sind, werden abhängig von der programmierten Zustellung mehrfach ausgeführt. So kann der G83-Befehl als konturparalleler Schrappzyklus z. B. bei der Bearbeitung von vorgeformten Rohteilen oder zur Innenbearbeitung eingesetzt werden. Dabei findet eine **automatische Verfahrensbegrenzung** auf den Bearbeitungsquadranten statt.

Der Zyklus verwendet bei Konturwiederholungen intern die **Schneidenradiuskompensation** für den gesamten Konturverlauf.

```
G83 D H1/H24 AK AZ AX AE AS AV O Q V F E S M
G83 H4 AE AS AV O F E S M
```

D Zustellung
H H4 Schichten der Kontur

Optional:

H	[2]	Bearbeitungsart H1 nur Schrappen, 1x45 Grad abheben H2 stufenweise Auswinkeln entlang der Kontur H3 wie H1 mit zusätzlichem Konturschnitt am Ende H24 Schrappen mit H2 und anschließendes Schlichten
AK	[0]	Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß AK auf die Bearbeitungskontur
AZ	[0]	Aufmaß durch Bearbeitungskonturverschiebung um AZ in Z-Richtung
AX	[0]	Aufmaß durch Bearbeitungskonturverschiebung um AX in X-Richtung im Radiusmaß Alle Aufmäße AK, AZ, AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirken AZ, AX zusätzliche Aufmaßverschiebungen
AE		Eintauchwinkel (beschränkt durch den Werkzeug-Endwinkel bezüglich der positiven ersten Geometrieachse Z) [Werkzeug-Endwinkel aus Korrekturwertspeicher]
AS		Austauchwinkel (beschränkt durch den Werkzeug-Seiteneinstellwinkel bezüglich der negativen ersten Geometrieachse Z) [Werkzeug-Seiteneinstellwinkel aus Korrekturwertspeicher]
AV	[1]	Sicherheitswinkelabschlag für AE und AS
O	[1]	Bearbeitungsstartpunkt O1 aktuelle Werkzeugposition O2 aus Kontur berechnet
Q	[1]	Leerschnittoptimierung Q1 Optimierung aus Q2 Optimierung ein
V	[1]	Sicherheitsabstand der Leerschnittoptimierung und Startpunktberechnung (O2)

F		Vorschub
E	[F]	Eintauchvorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Adressbeschreibung:

D		Die Zustellung D gibt an, um welchen Wert nach jedem Schnitt zugestellt wird.
AK AZ AX		Alle Aufmaße AK, AZ, AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirken AZ, AX zusätzliche Aufmaßverschiebungen.
AE		Eintauchwinkel der Nebenschneide des Werkzeugs Wird kein Eintauchwinkel programmiert, so verwendet die Steuerung den Werkzeug-Endwinkel bezüglich der positiven Z-Geometrieachse aus dem Einrichtblatt-Korrekturwertdatensatz des Einrichtblattes des aktuell angewählten Werkzeugs. Dieser Winkel wird um AV verkleinert und dann als Eintauchwinkel AE für die Ausführung des Zyklus benutzt.
AS		Austauchwinkel der Hauptschneide des Werkzeugs Wird kein Austauschwinkel programmiert, so verwendet die Steuerung den Werkzeug-Seiteneinstellwinkel bezüglich der negativen Z-Geometrieachse aus dem Einrichtblatt-Korrekturwertdatensatz des aktuell angewählten Werkzeugs. Dieser Winkel wird um AV verkleinert und dann als Austauschwinkel AS für die Ausführung des Zyklus benutzt. Man beachte: Die durch den Zyklus zu bearbeitende Kontur wird durch die Programmierung der Winkel AE und AS möglicherweise modifiziert. Da in einem solchen Fall ein Restspan stehen bleiben kann, wird gegebenenfalls die folgende Warnmeldung angezeigt: „Kontur mit Werkzeug nicht vollständig bearbeitbar“.
O	[1]	Wird mit O1 die aktuelle Werkzeugposition als Bearbeitungsstartpunkt ausgewählt, so legt diese Position den Bearbeitungsquadranten fest, der bis auf eine Abhebebewegung nicht überfahren wird (Verfahrwegbegrenzung). Die programmierte Bearbeitungskontur wird dann achsparallel auf den Rand des Bearbeitungsquadranten verlängert oder an diesem abgeschnitten. Der Sicherheitsabstand V wird in diesem Fall nicht berücksichtigt. Mit O2 wird der Bearbeitungsquadrant (mit dem Bearbeitungsstartpunkt auf der Z-parallelen Begrenzung) durch den Bearbeitungskonturverlauf unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V bestimmt. Bei einer ansteigenden oder fallenden (also monotonen) Kontur ergibt sich dieser aus dem ersten und letzten Konturpunkt und der Verschiebung um den Sicherheitsabstand
Q	[1]	Mit der Programmierung von Q2 optimiert der Zyklus die Verfahrwege des Werkzeuges bezogen auf das tatsächliche aktuelle Werkstück unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes V. Dadurch werden sogenannte „Luftschnitte“ vermieden. Im Standardfall Q1 werden die Verfahrwege nicht optimiert.
V		Sicherheitsabstand bei der Leerschnittoptimierung und Startpunktberechnung Das Werkzeug wird vor jedem Schruppschnitt so positioniert, dass es vor dem Abfahren der Kontur den Abstand V zum Werkstück hat. Von dort beginnt der konturparallele Schruppschnitt im Vorschub.

Programmierhinweise:

Konturprogrammierung und Aufmaße: Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schrappzyklen.

Aus dem Startpunkt und dem Konturanfangspunkt sowie der Zustellung D berechnet die Steuerung einen Zustellvektor, der vom Start- auf den Konturanfangspunkt zeigt. Es muss entweder die Zustellung D oder H4 (Adresse H mit Adresswert 4) programmiert werden.

G84 Bohrzyklus

Universeller Tiefbohrzyklus mit Spanbruch und/oder Spanentleerung.

Mit dem Befehl G84 wird eine zentrische Bohrung mit stehendem Werkzeug und rotierender Werkstückspindel in mehreren Arbeitsgängen gefertigt.

G84 ZI/ZA D V VB DR DM R DA U O FR F E S M

ZI Tiefe der Bohrung inkrementell zur aktuellen Werkzeugposition
ZA Tiefe der Bohrung absolut

Optional:

D Zustelltiefe
[Bei fehlender Eingabe von D erfolgt die Zustellung bis zur Endbohrtiefe]
V [1] Sicherheitsabstand: Abstand der aktuellen Werkzeugposition von der Materialoberfläche.
VB [1] Sicherheitsabstand vor Bohrgrund
DR [0] Reduzierwert der Zustelltiefe
DM Mindestzustellung ohne Vorzeichen
[DM=DR oder DM=D falls DR=0 ist]
R Rückzugsabstand – Es muss R mindestens gleich VB sein.
[Rückzug zum Startpunkt]
DA [0] Anbohrtiefe
U [0] Verweilzeit am Bohrgrund (zum Spanbruch)
O [1] Auswahl der Verweilzeiteinheit
O1 Verweilzeit in Sekunden
O2 Verweilzeit in Umdrehungen
FR [100] prozentualer Eilgangreduzierungsfaktor bei der Zustellung zum Bohrgrund
F Vorschub
E [F] Anbohrvorschub
S Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M Zusatzfunktionen

Ablaufbeschreibung:

Der Befehl G84 führt einen universellen Tieflochbohrzyklus bis zum Erreichen der mit ZI/ZA vorgegeben Endtiefe aus. Der Bewegungsablauf wird dabei wie folgt in Abhängigkeit der programmierten oder voreingestellten optionalen Adressen wie folgt gesteuert:

- V 1. Von der aktuellen Werkzeugposition als Bearbeitungsstartposition erfolgt eine Zustellbewegung im Vorschub der Länge V in negativer Z-Richtung auf die damit definierte Materialoberfläche
- DA,E,Z 2. Mit dem Anbohrvorschub E wird dann die optionale Anbohrtiefe DA angefahren oder der Zyklus abgebrochen, wenn beim Anbohren die Endtiefe Z erreicht wird.
- D,Z,U,R 3. Im Vorschub wird von der Anbohrtiefe die erste Zustellung D ausgeführt bzw. mit Erreichen der Endtiefe Z abgebrochen. Nach der optionalen Verweilzeit U wird im Eilgang eine Rückzugsbewegung der Länge R ausgeführt oder die Bearbeitungsstartposition vor der Materialoberfläche zur Spanentleerung angefahren. Der Zyklus wird mit der Eilganganfahrt der Bearbeitungsstartposition abgebrochen, wenn die Endtiefe Z bereits erreicht ist und die Verweilzeit U gewartete wurde.

- D, DR, DM
FR, VB,Z,R
4. Es wird eine neue Zustellung $D(\text{neu}) = \text{Maximum}(DM, D(\text{alt}) - DR)$ berechnet, das Werkzeug fährt dann im um FR reduzierten Eilgang auf den Abstand VB vom aktuellen Bohrgrund und von da im Vorschub bis die Zustelltiefe $D(\text{neu})$ oder die Endtiefe Z erreicht ist.
Nach der optionalen Verweilzeit U wird eine Rückzugsbewegung der Länge R ausgeführt oder die Bearbeitungsstartposition vor der Materialoberfläche zur Spanentleerung angefahren.
Der Zyklus wird mit der Eilganganfahrt der Ausgangsposition abgebrochen, wenn die Endtiefe Z erreicht ist und die Verweilzeit abgewartete wurde.
5. Es wird Schritt 4 wiederholt, bis die Endtiefe Z erreicht ist.

Programmierhinweis:

Die Gesamtbohrtiefe der beiden letzten Arbeitsgänge wird von der Steuerung hälftig auf diese aufgeteilt, falls der vorletzte Arbeitsgang bereits die minimale Zustelltiefe D erreicht hat.

G85 Freistichzyklus

Mit dem Befehl G85 können Gewindefreistiche nach DIN 76 oder Freistiche nach DIN 509 Form E oder Form F programmiert werden. Anhand der programmierten Adresse H erkennt die Steuerung welcher Freistich ausgeführt werden soll.

Die Freistiche Form E und F unterscheiden sich in ihrer Geometrie durch interne Parameter (siehe Tabellenbuch). Die Maße wie Länge, Tiefe, Verrundungsradius und Bearbeitungszugaben des Freistichs sind abhängig vom Durchmesser des programmierten Eckpunktes.

G85 Z/ZI/ZA X/XI/XA H1 I K RN Q F E S M

G85 Z/ZI/ZA X/XI/XA H2/H3 SX RN Q F E S M

Z, ZI, ZA	Z-Freistichposition
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe zur Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
X, XI, XA	X- Freistichposition
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe zur Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
I	Freistichtiefe – obligate Adresse für DIN76 (H1)
K	Freistichbreite – obligate Adresse für DIN76 (H1)

Optional:

SX	[0]	Schleifaufmaß
RN		Freistich-Eckenradius (wenn abweichend von den DIN-Normen gewünscht) [Eckenradiusfestlegung gemäß DIN 76]
H	[1]	Freistichform
		H1 DIN 76
		H2 DIN 509E
		H3 DIN 509F
Q	[0]	Q0 Es wird der Werkzeugquadrant des Bearbeitungswerkzeuges verwendet
		Q1 – Q4 Werkzeugquadrant Q1 - Q4 für Außen- oder Innen-Freistichgeometrie, wenn sich die Lage der Freistichs nicht aus dem Folgekonturelement bestimmen lässt.
F		Vorschub
E	[1/4F]	Eintauchvorschub beim Zustellen auf Einstichtiefe
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schruppzyklen.

Man beachte: Die tatsächliche Schneidenlage des Werkzeuges wird bei der Programmierung von Q nicht überprüft.

Man beachte, dass bei Freistichen nach DIN 76 aufgrund der Geometrie des Freistichs die Länge K mindestens 2,34-mal so groß sein muss wie die Tiefe I. Der optionale Radius RN wird aufgrund der programmierten Freistichtiefe I von der Steuerung berechnet. Er beträgt 0,6 der Freistichtiefe I.

G86 Radialer Einstechzyklus

Es wird ein Formeinstich gefertigt, bei dem an allen vier Ecken optional Fasen oder Verrundungen eingefügt werden können. Es kann entweder die Breite der Einstichöffnung oder des Einstichgrunds programmiert werden und es können 6 verschiedene Setzpunkte des Einstichs programmiert werden. Die vertikalen und horizontalen Zustellungen sind getrennt programmierbar.

G86 Z/ZI/ZA X/XI/XA ET LE *EB/EO AS AE RO RG LO LG D AK AX EP H DB V F E S M QM QL DQ DU DW DE SP*

Z/ZI/ZA G90, G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate des Setzpunktes
 X/XI/XA G90, G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate des Setzpunktes
 ET Tiefe des Einstichs als Radiuswert von der Öffnung bis zum Boden
 LE **Lage des Einstichs** (Festlegung nicht mehr über den Werkzeugquadranten)
 LE1 Außeneinstich in negativer X-Richtung
 LE2 Inneneinstich in positiver X-Richtung

Optional:

EB/EO [*] EB: Breite des Einstichs am Einstichgrund (vorzeichenlos)
 EO: Breite des Einstichs an der Einstichöffnung (vorzeichenlos)
 * Vorbelegung: Breite des Einstechwerkzeuges als Einstichgrundbreite
 AS [0] Flankenwinkel des Einstichs der in positiver Z-Richtung liegenden Flanke ohne Vorzeichen bezogen auf die Stechrichtung (0 Grad = vertikal)
 AE [0] Flankenwinkel des Einstichs der in negativer Z-Richtung liegenden Flanke ohne Vorzeichen bezogen auf die Stechrichtung (0 Grad = vertikal)
 RO [0] Verrundung RO+ oder Fasenlänge RO- an Einstichöffnung in Richtung Z+
 LO [0] Verrundung LO+ oder Fasenlänge LO- an Einstichöffnung in Richtung Z-
 RG [0] Verrundung RG+ oder Fasenlänge RG- am Einstichgrund in Richtung Z+
 LG [0] Verrundung LG+ oder Fasenlänge LG- am Einstichgrund in Richtung Z-
 D [0] Zustelltiefe, mit der Voreinstellung D0 erfolgt die Zustellung bis zum Einstichgrund
 AK [0] Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß auf die Einstichkontur
 AX [0] Aufmaß durch Einstichkonturverschiebung um AX in X-Richtung. Die Aufmäße AK und AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirkt AX eine zusätzliche Aufmaßverschiebung.
 EP [1] **Setzpunktfestlegung**
 EP1 Einstichecke der Einstichöffnung in Richtung Z+
 EP2 Einstichecke der Einstichöffnung in Richtung Z-
 EP3 Einstichecke des Einstichgrundes in Richtung Z-
 EP4 Einstichecke des Einstichgrundes in Richtung Z+
 EP5 Mittelpunkt der Einstichöffnung
 EP6 Mittelpunkt des Einstichgrundes
 H [14] Bearbeitungsart
 H1 Vorstechen
 H2 Stechdrehen
 H4 Schlichten
 H14 Vorstechen und Schlichten
 H24 Stechdrehen und Schlichten
 DB [75] Zustellung in Z in Prozent der Meißelbreite
 V [1] Sicherheitsabstand über der Einstichöffnung
 F Einstech-/Stechdrehvorschub
 E [F] Vollmaterial-Einstechvorschub
 S Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
 M Drehrichtung

		In-Prozess-Mess-Adressen:
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl
		QM0 Überspringen des Zyklus
		QM1 Bearbeiten
		QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)
QL	[P8100]	Mess-Steuerindex mit der Auswahl unterschiedlicher durchzuführender Messungen, siehe Beschreibung in Abschnitt In-Prozess-Messen (P8100 ist die individuelle Mess-Adress-Voreinstellungen aus G28)
DQ	[ET/3]	Abstand der ersten Messtiefe von der Materialoberfläche
DU	[ET2/3]	Abstand der zweiten Messtiefe von der Materialoberfläche Bedingung: DU≠DQ
DW	[*]	Abstand der Messpunkte am Einstichboden * Voreinstellung: 2/3 (EB oder EO)
DE	[*]	Abstand des Messpunktes von den Ecken der Einstichöffnung * Voreinstellung: Maximum LO, RO + Tasterradius
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

Erläuterungen:

In Richtung +Z bedeutet „in positiver Z-Richtung gelegen“.

In Richtung -Z bedeutet „in negativer Z-Richtung gelegen“.

RO+ bedeutet „bei positivem Adresswert RO“ (oder bei einer anderen von RO verschiedenen Adresse).

RO- bedeutet „bei negativem Adresswert RO“ (oder bei einer anderen von RO verschiedenen Adresse).

G87 Radialer Konturstechzyklus

Universeller axialer Konturstechzyklus an eine programmierte Gesenkkontur.

Mit dem Befehl G89 wird ein Axial-Gesenkzyklus programmiert, mit dessen Hilfe beliebige Konturen als Gesenkform gestochen, geschruppt oder geschlichtet werden können. G89 setzt einen Einstechmeißel als aktuelles Werkzeug zwingend voraus.

Die Bearbeitungskontur wird nach dem Zyklusaufwurf mit den Geometriebefehlen beginnend mit einer linearen Bewegung auf den Bearbeitungskonturstartpunkt programmiert und mit G80 wird die Bearbeitungskontureingabe abgeschlossen. Die Bearbeitungskontur kann durch ein Unterprogramm oder eine Programmteilwiederholung definiert werden, die dann ebenfalls mit G80 abgeschlossen werden (siehe allgemeine Programmierhinweise)

Der Zyklus verwendet intern die **Schneidenradiuskompensation** für den gesamten Konturverlauf.

G87 D AK AX H DB O Q V F E S M

D Zustelltiefe zwischen den Bearbeitungsstufen

Optional:

AK	[0]	Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß auf die Gesenkkontur
AX	[0]	Aufmaß durch Gesenkkonturverschiebung um AX in X-Richtung im Radiusmaß Die Aufmaße AK und AX können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirkt AX eine zusätzliche Aufmaßverschiebung.
H	[14]	Bearbeitungsart H1 Vorstechen H2 Stechdrehen H4 Schlichten H14 Vorstechen und Schlichten H24 Stechdrehen und Schlichten
DB	[75]	Zustellung in Prozent der Meißelbreite beim Stechen
O	[1]	Bearbeitungsauswahlparameter Schräges Abstechen der Randstufen für jedes Bearbeitungszustellniveau O1 Bearbeitung in Richtung der negativen Z-Achse für jede Zustellung O2 In Z bidirektionale Bearbeitung in den Zustellungen abwechselnd Schräges Abstechen der Randstufen am Ende aller Einzelzustellungen O11 Bearbeitung in Richtung der negativen Z-Achse für jede Zustellung O12 In Z bidirektionale Bearbeitung in den Zustellungen abwechselnd
Q	[1]	Leerschnittoptimierung Q1 Optimierung aus Q2 Optimierung ein
V	[1]	Sicherheitsabstand in X- (Stechen) oder Z-Richtung (Stechdrehen) bei Leerschnittoptimierung
F		Einstech-/Stechdrehvorschub
E	[F]	Vollmaterial-Einstechvorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Konturprogrammierung: Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schruppzyklen.

Der Gesenkzyklus G87 kann nur mit **Einstechmeißeln oder Kopiermeißeln mit runden Wendeplatten** genutzt werden. Ist zum Zeitpunkt des Zyklusaufrufs ein anderes Werkzeug eingewechselt, so erfolgt die Fehlermeldung: „Korrekturwerte nicht verarbeitbar.“

Ist der **Durchmesser der aktuellen Werkzeugposition** bei Aufruf des Zyklus G87 bei Außenbearbeitungen größer bzw. bei Innenbearbeitungen kleiner als der Durchmesser des Endpunktes der programmierten Kontur, so wird die Kontur vom Endpunkt achsparallel nach außen bzw. innen bis auf den Durchmesser der aktuellen Werkzeugposition verlängert.

Spitze Täler innerhalb der programmierten Gesenkkontur werden vom Zyklus G87 genau bis zu der Tiefe bearbeitet, bei der die Breite des Tales gerade der Breite des verwendeten Einstechmeißels entspricht. Dies wird mit der Fehlermeldung „Kontur nicht vollständig bearbeitbar“ gemeldet.

Konturprogrammierung: Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schruppzyklen.

G88 Axialer Einstechzyklus

Es wird ein Formeinstich gefertigt, bei dem an allen vier Ecken optional Fasen oder Verrundungen eingefügt werden können. Es kann entweder die Breite der Einstichöffnung oder des Einstichgrunds programmiert werden und es können 6 verschiedene Setzpunkte des Einstichs programmiert werden. Die vertikalen und horizontalen Zustellungen sind getrennt programmierbar.

G88 Z/ZI/ZA X/XI/XA ET LE *EB/EO AS AE RO RG LO LG D AK AZ EP H DB V F E S M QM QL DQ DU DW DE SP*

Z/ZA/ZI	G90, G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate des Setzpunktes
X/XA/XI	G90, G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate des Setzpunktes
ET	Tiefe des Einstichs von der Öffnung bis zum Boden
LE	Lage des Einstichs (Festlegung nicht mehr über den Werkzeugquadranten)
	LE1 Stirnseiteneinstich in negativer Z-Richtung
	LE2 Stirnseiteneinstich in positiver Z-Richtung

Optional:

EB/EO [*]	EB: Breite des Einstichs am Einstichgrund (vorzeichenlos) EO: Breite des Einstichs an der Einstichöffnung (vorzeichenlos) * Vorbelegung: Breite des Einstechwerkzeuges als Einstichgrundbreite
AS [0]	Flankenwinkel des Einstichs der in positiver X-Richtung liegenden Flanke ohne Vorzeichen bezogen auf die Stechrichtung (0 Grad = horizontal)
AE [0]	Flankenwinkel des Einstichs der in negativer X-Richtung liegenden Flanke ohne Vorzeichen bezogen auf die Stechrichtung (0 Grad = horizontal)
RO [0]	Verrundung RO+ oder Fasenlänge RO- an Einstichöffnung in Richtung X+
LO [0]	Verrundung LO+ oder Fasenlänge LO- an Einstichöffnung in Richtung X-
RG [0]	Verrundung RG+ oder Fasenlänge RG- am Einstichgrund in Richtung X+
LG [0]	Verrundung LG+ oder Fasenlänge LG- am Einstichgrund in Richtung X-
D [0]	Zustelltiefe, mit der Voreinstellung D0 erfolgt die Zustellung bis zum Einstichgrund
AK [0]	Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß auf die Einstichkontur
AZ [0]	Aufmaß durch Einstichkonturverschiebung um AZ in Z-Richtung. Die Aufmäße AK und AZ können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirkt AZ eine zusätzliche Aufmaßverschiebung.
EP [1]	Setzpunktfestlegung
	EP1 Einstichecke der Einstichöffnung in Richtung X+
	EP2 Einstichecke der Einstichöffnung in Richtung X-
	EP3 Einstichecke des Einstichgrundes in Richtung X-
	EP4 Einstichecke des Einstichgrundes in Richtung X+
	EP5 Mittelpunkt der Einstichöffnung
	EP6 Mittelpunkt des Einstichgrundes
H [14]	Bearbeitungsart
	H1 Vorstechen
	H2 Stechdrehen
	H4 Schlichten
	H14 Vorstechen und Schlichten
	H24 Stechdrehen und Schlichten
DB [75]	Zustellung in Prozent der Meißelbreite
V [1]	Sicherheitsabstand über der Einstichöffnung
F	Einstech-/Stechdrehvorschub
E [F]	Vollmaterial-Einstechvorschub
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Drehrichtung

		In-Prozess-Mess-Adressen:
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl QM0 Überspringen des Zyklus QM1 Bearbeiten QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)
QL	[P8100]	Mess-Steuerindex mit der Auswahl unterschiedlicher durchzuführender Messungen, siehe Beschreibung in Abschnitt In-Prozess-Messen (P8100 ist die individuelle Mess-Adress-Voreinstellung aus G28)
DQ	[ET/3]	Abstand der ersten Messtiefe von der Materialoberfläche
DU	[ET2/3]	Abstand der zweiten Messtiefe von der Materialoberfläche Bedingung: DU≠DQ
DW	[*]	Abstand der Messpunkte am Einstichboden * Voreinstellung: 2/3 (EB oder EO)
DE	[*]	Abstand des Messpunktes von den Ecken der Einstichöffnung * Voreinstellung: Maximum LO, RO + Tasterradius
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

Erläuterungen:

In Richtung +X bedeutet „in positiver X-Richtung gelegen“.

In Richtung -X bedeutet „in negativer X-Richtung gelegen“.

RO+ bedeutet „bei positivem Adresswert RO“ (oder bei einer anderen von RO verschiedenen Adresse).

RO- bedeutet „bei negativem Adresswert RO“ (oder bei einer anderen von RO verschiedenen Adresse).

G89 Axialer Konturstechzyklus

Universeller axialer Konturstechzyklus an eine programmierte Gesenkkontur.

Mit dem Befehl G89 wird ein Axial-Gesenkzyklus programmiert, mit dessen Hilfe beliebige Konturen als Gesenkform gestochen, geschruppt oder geschlichtet werden können. G89 setzt einen Einstechmeißel als aktuelles Werkzeug zwingend voraus.

Die Bearbeitungskontur wird nach dem Zyklusaufufruf mit den Geometriebefehlen beginnend mit einer linearen Bewegung auf den Bearbeitungskonturstartpunkt programmiert und mit G80 wird die Bearbeitungskontureingabe abgeschlossen. Die Bearbeitungskontur kann durch ein Unterprogramm oder eine Programmteiwiederholung definiert werden, die dann ebenfalls mit G80 abgeschlossen werden (siehe allgemeine Programmierhinweise)

Der Zyklus verwendet intern die **Schneidenradiuskompensation** für den gesamten Konturverlauf.

G89 D AK AX H DB O Q V F E S M

D Zustelltiefe zwischen den Bearbeitungsstufen

Optional:

AK	[0]	Konturparalleles (äquidistantes) Aufmaß auf die Gesenkkontur
AZ	[0]	Aufmaß durch Gesenkkontur-Verschiebung um AZ in Z-Richtung im Radiusmaß Die Aufmaße AK und AZ können miteinander kombiniert werden. Bei einem konturparallelen Aufmaß bewirkt AZ eine zusätzliche Aufmaßverschiebung.
H	[14]	Bearbeitungsart H1 Vorstechen H2 Stechdrehen H4 Schlichten H14 Vorstechen und Schlichten H24 Stechdrehen und Schlichten
DB	[75]	Zustellung in Prozent der Meißelbreite beim Stechen
O	[1]	Bearbeitungsauswahlparameter Schräges Abstechen der Randstufen für jede Bearbeitungszustellung O1 Bearbeitung in Richtung der negativen X-Achse für jede Zustellung O2 In X bidirektionale Bearbeitung in den Zustellungen abwechselnd Schräges Abstechen der Randstufen am Ende aller Einzelzustellungen O11 Bearbeitung in Richtung der negativen X-Achse für jede Zustellung O12 In X bidirektionale Bearbeitung in den Zustellungen abwechselnd
Q	[1]	Leerschnittoptimierung Q1 Optimierung aus Q2 Optimierung ein
V	[1]	Sicherheitsabstand in Z- (Stechen) oder X-Richtung (Stechdrehen) bei Leerschnittoptimierung
F		Einstech-/Stechdrehvorschub
E	[F]	Vollmaterial-Einstechvorschub
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise:

Der Gesenkzyklus G89 kann nur mit **Axial-Einstechmeißeln** genutzt werden. Ist zum Zeitpunkt des Zyklusaufrufs ein anderes Werkzeug eingewechselt, so erfolgt die Fehlermeldung: „Korrekturwerte nicht verarbeitbar.“

Ist der **Z-Wert der aktuellen Werkzeugposition** bei Aufruf des Zyklus G89 größer als der Z-Wert des Endpunktes der programmierten Kontur, so wird die Kontur vom Endpunkt achsparallel nach außen bis auf den Z-Wert der aktuellen Werkzeugposition verlängert.

Spitze Täler innerhalb der programmierten Gesenkkontur werden vom Zyklus G89 genau bis zu der Tiefe bearbeitet, bei der die Breite des Tales gerade der Breite des verwendeten Einstechmeißels entspricht. Dies wird mit der Fehlermeldung „Kontur nicht vollständig bearbeitbar“ gemeldet.

Aufgrund der im Einsatzdurchmesser (von D_{\min} bis D_{\max}) zum Stechen ins Vollmaterial begrenzten Verwendbarkeit von axialen Einstechmeißeln gelten folgende **Einschränkungen beim Plangesenk:**

Die am tiefsten im Plangesenk zu bearbeitende X-parallele Strecke X_{\min} bis X_{\max} muss mit dem Einsatzdurchmesserbereich D_{\min} bis D_{\max} des Werkzeuges mindestens um die Breite des Einstechmeißels überlappen.

Ein Plangesenkzyklus G89 darf im Allgemeinen nur ein lokales Gesenkminimum (=Tal) besitzen – es sei denn der Einsatzdurchmesser reicht über zwei lokale Gesenkminima.

Andernfalls ist ein Plangesenk mit mehreren lokalen Gesenkminima mit mehreren Gesenkzyklusaufrufen hintereinander zu programmieren. Dabei müssen dann unterschiedliche axiale Einstechwerkzeuge genutzt werden.

Konturprogrammierung: Siehe allgemeiner Programmierhinweis zu den Schruppzyklen.

Parameterprogrammierung

Entsprechend zu den modernen CNC-Steuerungen wird die Syntax für Verzweigungen angepasst und der PAL-G29-Befehl durch die nachstehenden Standardprogrammierbefehle ersetzt. Bei bedingten Sprüngen und Schleifen müssen die Programmierregeln der DIN66025 verlassen werden, da diese Norm bedauerlicherweise nicht an die internationalen Entwicklungen der CNC-Steuerungen angepasst wurde. Sprünge oder Schleifen werden heute wie nachstehend auf allen Steuerungen programmiert.

Es wird zwischen zwei Arten von Parametern unterschieden:

Benutzerparameter
Systemparameter

Benutzerparameter

Die Benutzerparameter werden mit der Adresse P und dem ganzzahligen Adresswert von 1 bis 9999 programmiert. Führende Nullen in dem Adresswert können weggelassen werden. Die Parameter mit den Nummern 1 bis 5000 stehen dem Benutzer zur Verfügung. Die Parameter mit den Nummern größer als 5000 werden für interne Berechnungen verwendet.

Der Parameter P0 hat die spezielle Bedeutung eines nicht definierten Parameters.

Die Wertzuweisung bei Benutzerparametern erfolgt durch Gleichheitszeichen nach dem Adresswert von P, z. B.

P4711 = -100.00

Als Wert kann ein berechenbarer arithmetischer Ausdruck zugewiesen werden – im einfachsten Fall eine Zahl, wie in dem obigen Beispiel.

Es können mehrere Parameterzuweisungen in einem NC-Satz programmiert werden.

Einer NC-Adresse kann der Wert eines Benutzerparameters zugewiesen werden, in dem der Parameter mit vorangestelltem Gleichheitszeichen an die Adressbuchstabenkombination angehängt wird, z. B.

X = P4711

Auch ist es möglich, einer Adresse mit Gleichheitszeichen den Wert eines arithmetischen Ausdruckes (s. dort) zuzuordnen.

Systemparameter

Über Systemparameter kann auf aktuelle Achswerte und Setzungen des CNC-Steuerungssystems lesend zugegriffen werden, die z. B. beim Schreiben von Unterprogrammen benötigt werden (siehe Liste der Systemparameter).

Diese Systemparameteradressen beginnend mit dem Buchstaben P und haben keinen Adresswert, sondern nur eine an P angehängte Buchstabenkombination, z. B.

PNX aktueller Nullpunkt in X.

Vor der Verwendung der Systemparameter müssen diese auf Benutzerparameter umgespeichert werden:

Pxxxx = PYY Dabei steht xxxx für eine bis zu vierstellige Parameternummer
und YY für einen zweiten und dritten
Großbuchstaben aus der System-
parameterliste

Man beachte: Den Systemparametern kann kein Wert zugewiesen werden.

Die Systemparameter werden beim Programmablauf dynamisch verändert und haben beim Abruf stets den aktuellen Wert.

Systemparameter der Makro- und Zyklusprogrammierung bei Drehen & Fräsen

Parameter	Bedeutung	Werte
PDM	Radius/Durchmesserprogrammierung	0=Radius 1=Durchmesser 2=Durchm abs, Radius inkr.
PXA	Aktuelle X-Koordinate absolut	
PYA	Aktuelle Y-Koordinate absolut	
PZA	Aktuelle Z-Koordinate absolut	
PAA	Aktuelle A-Achsposition absolut	
PBA	Aktuelle B-Achsposition absolut	
PCA	Aktuelle C-Achsposition absolut	
PG	Modaler G-Befehl	0=G00 1=G01 2=G02 3=G03
PAI	Endpunktkoord. absolut/inkremental	90=G90 91=G91
PNR	Angewählte einstellb. Nullpkt.schiebung	54=G54 55=G55 56=G56 57=G57
PNX	Aktueller Werkstücknullpunkt in X	
PNY	Aktueller Werkstücknullpunkt in Y	
PNZ	Aktueller Werkstücknullpunkt in Z	
PMX	Einstellbare Nullpunktverschiebung in X	
PMY	Einstellbare Nullpunktverschiebung in Y	
PMZ	Einstellbare Nullpunktverschiebung in Z	
PFM	Millimeter-/Umdrehungsvorschub	94=G94 95=G95
PF	Aktueller Vorschub	
PSM	Konstante Drehzahl/Schnittgeschw.	96=G96 97=G97
PS	Aktuelle Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit	
PSG	Grenzdrehzahl	
PM	Aktuelle Drehrichtung	3=M3 4=M4 5=M5
PT	Aktuelle Werkzeugnummer	
PTC	Aktuelle Korrekturwertregisternummer	
PCR	Schneidenradius	
PCL	Längenkorrektur	
PCX	Korrekturwert in X	
PCY	Korrekturwert in Y	
PCZ	Korrekturwert in Z	
PCQ	Quadrant	
PD	Einstechmeißelbreite/Bohrerdurchmesser	

Rechenoperationen

Addition	+	Eine Addition wird mit dem Zeichen "+" (Plus) programmiert.
Subtraktion	-	Eine Subtraktion wird mit dem Zeichen "-" (Minus) programmiert.
Multiplikation	*	Eine Multiplikation wird mit dem Zeichen "*" (Stern) programmiert.
Division	/	Eine Division wird mit dem Zeichen "/" (Schrägstrich) programmiert.

Für die Reihenfolge der Ausführungen gilt die Punkt-vor-Strich-Regel.

(* / vor + -), die festlegt, dass zuerst die Multiplikation und Division vor Addition oder Subtraktion durchgeführt werden.

Vorzeichen- angabe	+ -	Durch die Vorzeichenangabe + (Plus) oder - (Minus) können Werte als reelle Zahlen mit bis zu vier Nachkommastellen verwendet werden. Werte ohne Vorzeichen werden als positive Zahlen interpretiert:
Klammern	()	Mit den angeführten Rechenarten ist auch die Verwendung von Klammern zur Steuerung der Abarbeitungsreihenfolge möglich. Als Zeichen werden hierfür "(" (Klammer auf) und ")" (Klammer zu) verwendet.

Mathematische Funktionen

Zur Programmierung steht eine Liste von Funktionen zur Verfügung. Eine Funktion ordnet ihrem in Klammern stehenden Argument, das ein arithmetischer Ausdruck sein kann, einen Funktionswert zu. Eine Funktion kann auch zwei durch Komma getrennte Argumente haben (MOD und ATAN2). Der Funktionswert wird mit dem Funktionsnamen und den angehängten Argumenten in Klammern programmiert. Ein Funktionswert kann in einem arithmetischen Ausdruck wie eine Zahl oder ein Parameter verwendet werden.

In der nachstehenden Funktionsaufstellung steht F für eine beliebige positive oder negative Gleitkommazahl und I für eine ganze Zahl (positiv oder negativ).

Absolutbetrag	ABS(F/I)	Berechnet den Absolutbetrag des Argumentes als Funktionswert.
Integer-Wert	INT(F)	Schneidet die Nachkommastellen des Argumentes ab und hat als Funktionswert eine ganze Zahl.
Modulo-Funktion	MOD(I1,I2)	Restbetrag IR einer ganzzahligen Division. Der Rest $IR = I1 - (I1 / I2) * I2$ ist betragsmäßig kleiner als I2.
Aufrunden	CEIL(F)	Bestimmt die kleinste ganze Zahl, die größer oder gleich dem Argument ist.
Absolutwert abrunden	FIX(F)	Aufrunden und Abrunden auf eine ganze Zahl.
Abrunden	FLOOR(F)	Bestimmt die größte ganze Zahl, die kleiner oder gleich dem Argument ist.
Absolutwert aufrunden	FUP(F)	Aufrunden und Abrunden auf eine ganze Zahl.
Runden	ROUND(F)	Aufrunden und Abrunden auf eine ganze Zahl.
Vorzeichen	SGN(F)	Bei negativen Argument = -1, bei positiven Argument = +1.
Sinus	SIN(F)	Sinusfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
Kosinus	COS(F)	Kosinusfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
Tangens	TAN(F)	Tangensfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
Arcussinus	ASIN(F)	Arcussinusfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
Arcuskosinus	ACOS(F)	Arcuskosinusfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
Arcustangens	ATAN(F)	Arcustangensfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
ATAN2(F1,F2)	ATAN2(F1,F2)	Die Arcustangensfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad. Die Funktion entspricht der Tangensfunktion $F1/F2$ für $F2 \neq 0$. und $ATAN2(F1,0)=90^\circ$ für $F1>0$ $ATAN2(F1,0)=-90^\circ$ für $F1<0$.
Quadrat-Wurzel	SQRT(F)	Quadratwurzelfunktion
Exponentialfunktion	EXP(F)	Die Exponentialfunktion ist die Potenz e^F und wird mit der Eulerschen Konstanten $e = 2,71828$ berechnet.
natürlicher Logarithmus	LN(F)	Als Umkehrfunktion zur obigen Exponentialfunktion kann mit "LN" der Logarithmus zur Basiszahl e berechnet werden.

Arithmetische und Logische Ausdrücke

Arithmetische Ausdrücke

Ein arithmetischer Ausdruck wird aus Parametern, Zahlenwerten und Funktionswerten zusammen mit den arithmetischen Operationen +, −, *, / und Klammerungen () gebildet, wobei die üblichen Algebra-Regeln über die Klammerung und „Punkt-vor-Strich-Rechnung“ gültig sind. Innerhalb eines arithmetischen Ausdruckes wird ein Parameter oder eine Funktion wie eine Zahl behandelt.

Ein arithmetischer Ausdruck **muss** mit dem Zeichen “(“ (runde Klammer auf) eröffnet und mit dem Zeichen „)” (runde Klammer zu) abgeschlossen werden.

Arithmetische Teilausdrücke eines arithmetischen Ausdruckes innerhalb der äußeren Klammern können ebenfalls durch runde Klammern eingeschlossen werden.

Besteht ein arithmetischer Ausdruck **nur aus einer Zahl** oder **nur aus einem Parameter** muss der Ausdruck **nicht eingeklammert** werden.

Vor seiner Verwendung in einem arithmetischen Ausdruck muss der Benutzerparameter P im NC-Programm bereits definiert sein.

Zuweisung

Der Begriff der Zuweisung ist hier beschränkt auf die Zuweisung des Wertes eines arithmetischen Ausdrucks per Gleichheitszeichen zu einem Parameter P oder zu einer NC-Adresse, die zusammen ein NC-Wort aus Adresse und Adresswert bilden, P1=(arithm. Ausdruck) oder X=(arithm. Ausdruck).

P1=(arithm. Ausdruck) weist dem Parameter P1 der Wert des arithmetischen Ausdrucks zu
P(arithm. Ausdruck) ist der Parameter mit der Parameternummer gleich dem Wert des arithmetischen Ausdrucks

Logische Ausdrücke

Ein logischer Ausdruck (oder auch logische Bedingung genannt) besteht aus einem zweibuchstabigem Vergleichsoperator zwischen zwei arithmetischen Ausdrücken. Diese drei Angaben werden jeweils durch ein Leerzeichen getrennt und durch runde Klammern eingefasst. Ein arithmetischer Ausdruck kann hier auch nur aus einer Zahl oder einem Parameter bestehen.

((Arithmet. Ausdruck 1) Vergleichsoperator (Arithmet. Ausdruck 2))

Vergleichsoperatoren

Die Vergleichsoperatoren bestehen aus zwei Buchstaben und werden benutzt, um im Vergleich zweier Zahlenwerte festzustellen, ob dieser Vergleich der beiden Zahlenwerte richtig oder falsch ist.

EQ	gleich	(EQUAL)
NE	ungleich	(NOT EQUAL)
GT	größer als	(GREATER THAN)
GE	größer gleich	(GREATER or EQUAL)
LT	kleiner als	(LESS THAN)
LE	kleiner gleich	(LESS or EQUAL)

Logische Ausdrücke haben damit entweder den Wahrheitswert wahr oder falsch.

Diesem Wahrheitswert eines logischen Ausdrucks werden die Zahlenwerte

1 für **wahr** und
0 für **falsch**

zugeordnet.

In einem sinnvollen logischen Ausdruck ist in einem arithmetischen Ausdruck mindestens ein Parameter enthalten, dessen Wert die Entscheidung zwischen richtig und falsch verändern kann.

Logische Anweisungen der PAL-NC-Programmierung

GOTO-Anweisung

Die GOTO-Anweisung ist ein unbedingter Sprung auf die Satznummer, die nach dem GOTO steht.

```
GOTO      xxx
```

Programmierhinweise:

Es wird von der Steuerung die Satznummer vom Programmanfang aus gesucht. Der Programmablauf bricht mit einer Fehlermeldung ab, wenn diese Satznummer nicht gefunden wird.

Der Befehl GOTO als **unbedingter Sprung** muss allein in einem NC-Satz stehen.

IF-Anweisungen

Mit der IF-Anweisung können bedingte Programmsprünge oder bedingte Zuweisungen programmiert werden. Unterschieden wird dies durch die Ergänzungen.

Nach IF muss ein logischer Ausdruck programmiert werden.

IF GOTO Bedingter Programmsprung

Der Befehl **IF GOTO** ist ein **bedingter Sprung** auf die Satznummer, die nach dem GOTO steht. Der Programmsprung erfolgt ausschließlich, wenn die Bedingung erfüllt ist, d. h. der logische Ausdruck wahr ist.

```
IF (logischer Ausdruck)      GOTO      xxx
```

Programmierhinweise:

Die Steuerung sucht die Satznummer vom Programmanfang aus und bricht mit einer Fehlermeldung ab, wenn diese NC-Satznummer nicht gefunden wird.

Ist **der logische Ausdruck falsch**, wird sofort der nach der IF-Abfrage stehende NC-Satz ausgeführt.

Der IF-Befehl muss allein in einem NC-Satz stehen.

IF.THEN Bedingte Parameterzuweisung

Der Befehl **IF THEN** ist eine **bedingte Parameterzuweisung**. Diese erfolgt ausschließlich, wenn die Bedingung erfüllt ist, d. h. der logische Ausdruck wahr ist.

```
IF (logischer Ausdruck)      THEN  Pxxx=(Zahl oder arithmetischer Ausdruck)
```

Programmierhinweise:

Der IF-Befehl muss allein in einem NC-Satz stehen.

DO- und END-Anweisungen für den Anfang und das Ende einer Programmschleife

Mit dem Befehl **DO** wird ein Programmabschnitt bis zu einer Endanweisung **END** **endlos** wiederholt.

Der Wiederholungsabschnitt wird durch zwei NC-Sätze eingerahmt:

Der erste NC-Satz beginnt mit der Schleifenanfangs-NC-Satz **DOi** und endet mit dem NC-Satz **ENDi** für eine ganze Zahl von 1 bis 9.

NC-Satz Programmschleifen-Anfang:

DOi , für eine ganze Zahl i von 1 bis 9

NC-Satz Programmschleifen-Ende:

ENDi für eine ganze Zahl i von 1 bis 9

Programmierhinweise:

Um die Wiederholungen dieses Programmabschnitts zu verlassen, muss ein im Programmabschnitt stehender bedingter Sprungbefehl **IF GOTO** (siehe oben) verwendet werden.

Für die Schleifenbereiche von **DOi** bis **ENDi** gelten folgende Regeln:

1. Die DO-END-Bereiche dürfen sich nicht gegenseitig überschneiden.
2. DO-Schleifen können verschachtelt sein (maximale Schachteltiefe = 9).
3. Im Programmablauf kann aus seiner Schleife herausgesprungen werden.
4. Im Programmablauf kann nicht in eine Schleife nach dem DO-Befehl hineingesprungen werden.

Die Befehle **DOi** und **ENDi** müssen bei Endlosschleifen jeweils allein in einem NC-Satz stehen.

WHILE ... DO Anfang einer bedingten Wiederholungsschleife

Bei diesem Befehl wird ein Programmabschnitt bedingt wiederholt.

Die Wiederholung wird durch zwei NC-Sätze eingerahmt. Der erste NC-Satz beginnt mit WHILE gefolgt von der Schleifenanfangsmarke DO_i und endet mit dem NC-Satz END_i für eine ganze Zahl von 1 bis 9. In runden Klammern nach WHILE steht ein logischer Ausdruck. Solange dieser den Wert wahr hat, wird die Schleife wiederholt. Ist der logische Ausdruck vor einer Wiederholung falsch, erfolgt ein Sprung auf den nach der Endmarke END_i stehenden NC-Satz.

Start-NC-Satz:

WHILE (logischer Ausdruck) DO_i (i=1,2,3, ...,9)

Obligat:

DO_i (i=1,2,3, ...,9) Wiederholungsstartmarke

Optional:

WHILE (logischer Ausdruck)

End-NC-Satz

END_i (i=1,2,3, ...,9) Endmarke

Endlos-Schleife

Wenn der optionale Anteil „WHILE (logischer Ausdruck)“ nicht programmiert wird, so entsteht eine Endlos-Schleife:

Eine **Endlos-Schleife** beginnt mit der Wiederholungsstartmarke DO_i als NC-Satz und endet bei END_i. Durch das Fehlen der optionalen logischen Abbruchbedingung mit WHILE läuft diese Schleife endlos. Die Programmschleife kann dann nur durch einen Sprung z. B. mit

„IF (logischer Ausdruck) GOTO xxx“

aus der Schleife heraus beendet werden.

Programmierhinweise:

Für die Schleifenbereiche von DO_i bis END_i gelten folgende Regeln:

Die DO-END-Bereiche dürfen sich nicht gegenseitig überschneiden.

DO-Schleifen können verschachtelt sein (maximale Schachteltiefe = 9).

Im Programmablauf kann aus seiner Schleife herausgesprungen werden.

Im Programmablauf kann nicht in eine Schleife nach der DO-Anweisung hineingesprungen werden.

G65 Makro-Aufruf (Macro Call)

Der Aufrufzyklus G65 mit der in der Adresse L angegebenen Unterprogramm-Nummer ruft dieses Unterprogramm als sogenanntes Makro auf. Der Aufruf als Makro hat zwei wesentliche Vorteile gegenüber dem Unterprogrammaufruf (G22). Zum einen können dem Makro Parameter übergeben werden und zum anderen können die Parameter P1 bis P33 als lokale Parameter im Makro ohne Einschränkungen verwendet werden.

Gegenüber einem Unterprogrammaufruf, bei dem vom Programmierer zuerst alle benutzten Eingabeparameter gesetzt werden müssen, bietet der Makro-Aufruf den Vorteil, dass eine Adressliste beim Aufruf als Argumente an das Unterprogramm übergeben wird, die automatisch in die Rechenparameter umgesetzt wird. Das Unterprogramm selbst wird in der üblichen Weise mit Parametern programmiert. Mit diesem Makro ist es z. B. möglich, eigene Steuerungs-Bearbeitungszyklen mit Aufrufadressen zu programmieren.

G65 L O A B C D E F H I J K M Q R S T U V W X Y Z

L Programm-Nummer des Makros als obligate Adresse
Optional:
O [1] Zahl der Wiederholungen des Makros

A-Z: Adressliste mit den zulässigen Adressen als Makro-Argument-

Liste.

Die im Aufruf mit G65 verwendeten Adress-Buchstaben zwischen A und Z mit Ausnahme der Adressbuchstaben G, L, N, O und P sind von den sonst im NC-Programm verwendeten Adressen mit gleichlautendem Adressnamen völlig verschieden. Deren Werte werden auch nicht aus der CNC-Steuerung übernommen und auch nicht an diese zurückgegeben, sondern nur lokal in dem Makro verwendet.

Der Adresswert wird wie nachstehend angegeben intern in lokale Parameter mit den Nummern 1 bis 26 durch G65 in der angegebenen festen Reihenfolge umgespeichert:

A	P1
B	P2
C	P3
D	P7
E	P8
F	P9
H	P11
I	P4
J	P5
K	P6
M	P13
Q	P17
R	P18
S	P19
T	P20
U	P21
V	P22
W	P23
X	P24
Y	P25
Z	P26

Programmierhinweise:

Im Makro-Aufruf müssen die vordefinierten Adressen verwendet werden.

Im Makro selbst können diese Adressen nur als P-Parameter mit den entsprechenden Nummern benutzt werden.

Nicht im Unterprogramm L verwendete Aufruf-Adressen müssen nicht programmiert werden.

Im Unterprogramm L können die lokalen Parameter P1 bis P26 als lokale Variablen **zusammen mit anderen Parametern und Systemparametern** verwendet werden.

Default-Regelung: Die den nicht angegebenen Adressen entsprechenden lokalen Variablen werden gleich P0 d. h. auf „nicht definiert“ gesetzt. Der Parameter P0 mit der Parameternummer 0 hat steuerungsintern der Wert nicht definiert.

Anmerkung: Da die Übergabe von Eingabedaten an Unterprogramme standardmäßig nur durch das Speichern dieser Daten in Parametern möglich ist und das Aufrufen von Unterprogrammen auf diese Weise fehleranfällig ist, gibt es diesen speziellen Unterprogrammaufruf als Makro-Aufruf G65 mit einer automatischen Umsetzung der Adressbuchstaben in Parameter.

In-Prozess-Messen mit Messtastern

Bei der automatischen Fertigung ist die kontinuierliche Qualitätskontrolle mit der Möglichkeit noch korrigierend in den Bearbeitungsprozess einzugreifen eine grundlegende Anforderung. Die einfachste Form ist dabei die Überwachung der Werkzeuge durch Nachführung der Verschleißkorrekturwerte und automatischem Übergang zu einem Ersatzwerkzeug bei zu großem Werkzeugverschleiß oder beim Erreichen einer maximalen Werkzeug-Standzeit.

Das Messen in der Bearbeitungsmaschine hat auf den ersten Blick den Nachteil, dass durch die Maschinenkinematik bedingte Bearbeitungsfehler in unterschiedlichen Mehrseiten-Bearbeitungsebenen auch beim Messen auftreten, was bei Verwendung einer Messmaschine ausgeschlossen werden kann. In letzterem Fall ist aber ohne eine aufwendige Werkstückeinspannung auf Paletten ein Nacharbeiten eines Werkstücks durch erneutes Einspannen sehr aufwendig und ebenfalls fehleranfällig.

Die durch die Maschinenkinematik zurückzuführenden Fehler hängen maßgeblich auch von der Steifigkeit der Maschine ab und die daraus resultierenden Bearbeitungstoleranzen sind abhängig von den auftretenden Schnittkräften. Diese Belastungen entfallen aber, wenn die Maschine nur einen Messtaster zu verfahren hat. Die zu beobachtende immer größere Popularität des In-Prozess-Messens bestätigt diese Hinwendung zu den In-Prozess-Messverfahren.

Das Messen und die Toleranzüberwachung erfordert für die unterschiedlichen Prüfungen eine Vielzahl von Eingabedaten, die noch durch die zu überprüfenden Fertigungstoleranzen ergänzt werden. Da die standardisierten PAL-Messzyklen nicht alle Messaufgaben abdecken können, gibt es die Möglichkeit diese Messergebnisse in Parametern zu speichern, um weitergehende Messanforderungen – z. B. auch kombiniert mit elementaren G07-Einzelmessungen – durch gesonderte Berechnungen mit Parametern zu erhalten und z. B. eigene Mess-Makros für spezielle Messaufgaben selbst zu schreiben und die Ergebnisse in einem Messreport zusammenzustellen.

Alle Messzyklen wie die Elementaren Messzyklen G8 und die Erweiterungen der Taschenzyklen verwenden die Methode der optionalen Doppelmessung bestehend aus einer Vorabmessung durch Anfahrt des Messzielpunktes im schnellen Positioniervorschub FT, gefolgt von einer Rückzugsbewegung der Länge LT und einer erneuten Anfahrt des Messzielpunktes im Messvorschub FM, um lange Anfahrtwege im Messvorschub zu vermeiden.

Doppelmessung: Zuerst wird der Messzielpunkt mit dem Positioniervorschub FT angefahren und nach einer Rückfahrt um LT, der Summe von Überfahrlänge zum Vorschub FT und dem Minimalen Messweg LM, wird der Messzielpunkt erneut im Messvorschub FM angefahren. Im Fall $LT \leq 0$ wird die Vorabmessung unterdrückt.

Die elementaren Messzyklen sind hier für eine Drehmaschine ausgelegt (Z, X). Für Drehmaschinen mit C- und Y-Achse sind auch die elementaren Messzyklen aus dem Fräsen programmierbar.

In-Prozess-Messen in den erweiterten PAL-Bearbeitungszyklen

Die Integration des In-Prozess-Messens in die PAL Bearbeitungszyklen hat als Hauptvorteil, die dadurch gegebene Bereitstellung der Zyklusgeometrie-Sollwerte, die ohne die sonst notwendige erneute Programmierung eine Bewertung der Bearbeitung mit den Maß-Toleranzen zulassen.

Gegenüber den elementaren Messbefehlen ist das Messen in den Zyklen daher einfacher zu realisieren, da die geforderten Sollwerte durch den Zyklus selbst schon vorgegeben sind.

Für die Festlegung der Messpunkte an der Zyklusgeometrie gemäß der mit der Adresse QL aus G28 festgelegten Messverfahren gibt es spezielle Zyklusadressen, die nachstehend ausführlich erläutert werden.

Siehe auch den Abschnitt **In-Prozess-Messen** mit der Beschreibung des **elementaren Messbefehls G7** und den **elementaren Messzyklen G8** sowie den **Mess-Kalibrierzyklus G26** und die Setzungen der internen **Steuerdaten für den Messablauf in G27**.

Für Toleranz-Überprüfungen können **Form und Lage-Toleranzen in G28** vorgegeben werden. Die Überprüfungsergebnisse können zu einem Mess-Protokoll zusammengefasst werden.

Da für das In-Prozess-Messen das Werkzeug „Messtaster“ eingewechselt werden muss, können die PAL-Zyklen über eine Steueradresse QM für unterschiedliche Bearbeitungen z. B. mit Programmteilwiederholung durch Verwendung eines Steuerparameters Px (x ist eine Parameternummer) für die Programmierung der Bearbeitungsauswahl QM=Px durch Programmteilwiederholung oder Schleifen mehrfach aufgerufen werden, z. B. für

- QM0 Überspringen des Zyklus
- QM1 Bearbeiten
- QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)

Die Messergebnisse werden zusammengefasst in einem Messprotokoll ausgegeben und können zusätzlich in Parametern ab P=SP abgespeichert werden.

Das Messprotokoll wird dann in Prüfungsfragen zu Toleranzüberprüfungen und auch zur Berechnung der Verschleißkorrekturwerte verwendet.

Alle Messzyklen wie die Elementaren Messzyklen G8 und die Erweiterungen der Einstichzyklen verwenden die Methode der optionalen Doppelmessung bestehend aus einer Vorabmessung durch Anfahrt des Messzielpunktes im schnellen Positioniervorschub FT, gefolgt von einer Rückzugsbewegung und einer erneuten Anfahrt des Messzielpunktes im Messvorschub FM, um lange Anfahrtwege im langsamen Messvorschub zu vermeiden:

Doppelmessung: Zuerst wird der Messzielpunkt mit dem Positioniervorschub FT angefahren und nach einer Rückfahrt um die Überfahrlänge LT zum Vorschub FT wird der Messzielpunkt erneut im Messvorschub FM angefahren. Die Doppelmessung entfällt für $LT \leq 0$.

Message-Befehl MSG – Anzeige von Nachrichten

Der Befehl MSG erzeugt eine Textausgabe in der Konsole. Er bietet die Möglichkeit, Informationen, Warnungen, Fehler oder Messergebnisse anzuzeigen.

Ein Text besteht aus ASCII-Zeichen (einschließlich Leerzeichen) und darin enthaltenen Erweiterungskommandos. Der Text wird durch doppelte Anführungszeichen eingerahmt. Da die doppelten Anführungszeichen den Beginn und das Ende des Textes markieren, dürfen doppelte Anführungszeichen innerhalb des Textes nicht verwendet werden.

MSG "TEXT"

"TEXT" beliebiger Text in Hochkommata

MSG "" erzeugt eine Leerzeile

Erläuterung zum Parameter TEXT:

Die Erweiterungskommandos stehen im Text in „spitzen Klammern“ gebildet aus den beiden Zeichen „kleiner als“ und „größer als“ und stehen als Platzhalter für spezielle Texte. So können mit den Erweiterungskommandos z. B. die aktuelle Uhrzeit oder das aktuelle Datum sowie mit den Erweiterungskommandos Zahlen formatiert in den Text eingefügt werden.

Ausgabe des Datums und der Uhrzeit:

Für die Ausgabe des Datums stehen folgende Erweiterungskommandos zur Verfügung:

<DD>	gibt den Tag als Zahl mit führender 0 aus (01 bis 31)
<MM>	gibt den Monat als Zahl mit führender 0 aus (01 bis 12)
<YY>	gibt das Jahr als zweistellige Zahl mit führender Null aus (00 bis 99)
<YYYY>	gibt das Jahr als vierstellige Zahl aus
<TIME24>	gibt Uhrzeit als 24-Stundenangabe aus.

Formatierte Zahlenausgabe:

In den spitzen Klammern für die Parameterwertausgabe stehen das Ausgabeformat gefolgt von dem Parameter P mit seinem Adresswert oder ein Systemparametername. Das Format und der Parameter werden durch ein Komma getrennt:

<Format,Parameter>

Leerzeichen sind innerhalb der Parameterwertausgaben nicht erlaubt.

Ausgabeformat:

Das Format besteht aus einer Folge von #-Zeichen, die zwischen zwei #-Zeichen durch einen Punkt getrennt wird, oder einer #-Zeichenfolge, die mit einem Punkt endet, oder einer #-Zeichenfolge ohne abschließenden Punkt.

<####.###, P100> <#####., P100>, <###, P100>

Die Zahl der #-Zeichen vor dem Dezimalpunkt legt die reservierte minimale Vorkomma-Stellenzahl (vor dem Dezimalpunkt) fest, zu der noch eine freigehaltene Anzeigestelle für das mögliche Vorzeichen hinzukommt.

Dabei gelten die folgenden Regeln:

Endet das Format mit einem Punkt, wird der Parameterwert auf einen ganzzahligen Wert gerundet und mit Dezimalpunkt ausgegeben. Fehlt dieser Dezimalpunkt am Ende des Formates, so wird kein Dezimalpunkt ausgegeben.

Hat der auszugebende Parameterwert weniger Stellen vor dem Komma, werden zusätzlich Leerstellen oder wie nachstehend beschrieben führende Nullen ausgegeben, so dass die minimale Vorkomma-Stellenzahl erreicht wird.

Hat der Parameterwert mehr Stellen vor dem Komma, so wird die Stellenzahl automatisch erhöht, so dass der Zahlenwert mit allen Vorkomma-Stellen und dem optionalen Vorzeichen vor dem Komma ausgegeben werden kann.

Mit nur einem #-Zeichen vor dem Dezimalpunkt werden also stets alle Stellen eines Parameterwertes und eine Null bei einem Absolutwert kleiner als eins mit einem optionalen Vorzeichen vor dem Dezimalpunkt ausgegeben.

Negative Parameterwerte werden prinzipiell mit einem Minuszeichen ausgegeben.

Die Zahl der #-Zeichen nach dem Dezimalpunkt legt die Nachkomma-Stellenzahl (nach dem Dezimalpunkt) fest.

Hat ein Parameterwert mehr Nachkommastellen, wird dieser auf die vorgegebene Stellenzahl gerundet.

Endet die #-Zeichenfolge mit einem Punkt, wird der Parameterwert auf einen ganzzahligen Wert gerundet und mit Dezimalpunkt ausgegeben. Fehlt dieser Dezimalpunkt am Ende der #-Zeichenfolge, so wird kein Dezimalpunkt ausgegeben.

Die letzte ausgegebene Stelle wird prinzipiell aus dem Parameterwert mathematisch gerundet.

Der #-Zeichenfolge der Vorkommastellen können zwei Zeichen zur Ausgabesteuerung vorangestellt werden.

Erstens die Ziffer Null „0“ als Formatauffüll-Ziffer statt Leerzeichen und
zweitens das Vorzeichen plus „+“ zur Ausgabe eines positiven Vorzeichens.

<0#####.##> <+#####.##> <+0#####.##>

Beginnt die #-Zeichenfolge oder 0#-Zeichenfolge mit einem Pluszeichen, werden auch positive Parameterwerte mit dem vorangestellten Pluszeichen graviert.

Mit der Ziffer Null (vor dem ersten #-Zeichen) wird festgelegt, dass zum Erreichen der minimalen Stellenzahl vor dem Dezimalpunkt die Ausgabe zwischen dem optionalen Vorzeichen und der ersten Ziffer mit Nullen aufgefüllt wird. Ohne die Ziffer Null wird zum Erreichen der minimalen Stellenzahl die Ausgabe vor dem optionalen Vorzeichen durch Leerstellen aufgefüllt.

G7 Elementarer Messbefehl für eine Berührungspunktmessung

Mit diesem Messbefehl kann die Koordinatenposition des Tastkugelzentrums eines Messtasters bei Berührung eines Hindernisses bestimmt und in den PAL-Systemparametern PXA, PYA und PZA abgespeichert werden sowie eine Konsolmeldung mit dem Message-Befehl MSG (siehe nachstehend) gemacht werden. Dazu muss der Messtaster als Werkzeug eingewechselt und die Korrekturwerte der verwendeten Tastkugel mit dem Korrekturwertregister TC angewählt werden.

G7 [Z/ZA/ZI] [X/XA/XI] [Y/YA/YI] [O] [SP]

Optional:

ZA/ZI/Z	Z-Zielpunktcoordinate
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
	Vorgabewertregelung erfolgt mit der Koordinatenselbsthaltefunktion
XA/XI/X	X-Zielpunktcoordinate
XI	inkrementelle Koordinateneingabe bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YA/YI/Y	Y-Zielpunktcoordinate
YI	inkrementelle Koordinateneingabe bezogen auf die aktuelle Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
O	[1] Vorschubauswahlindex
O1	Messen im Messvorschub FM mit Anzeige im Anzeigefenster (Message-Box)
O2	Messen im Messvorschub FM ohne Anzeige im Anzeigefenster (Message-Box)
O3	Geschützter Verfahrensweg im Positioniervorschub FT (bei Hindernis Anhalten und Ausführen des nächsten NC-Satzes: schnelles Antasten)
O4	Geschützter Verfahrensweg im Positioniervorschub FT (bei Hindernis Anhalten und Programmabbruch)
SP	[100] Die Berührungspunktcoordinate PXA, PYA und PZA werden in den Parametern P(SP), P(SP+1) und P(SP+2) abgespeichert. Für SP≤0 werden diese Ergebnisse nicht gespeichert.

Beschreibung des Messvorgangs mit den Steueradressen FM, FT, LM, LO, aus G27

Dieser G-Befehl führt eine lineare Bewegung in dem mit O angewählten Vorschub auf den programmierten Zielpunkt in Linearinterpolation (G01) bis zur Berührung eines Hindernisses durch den Taster aus. Diese Bewegung wird in der programmierten Zielpunktichtung um eine Überfahränge LO über den Zielpunkt hinaus verlängert, falls bis zum programmierten Zielpunkt keine Hindernisberührung stattgefunden hat. Gibt es auch mit der Verlängerung LO der Verfahrestrecke über den Zielpunkt hinaus keinen Berührungspunkt wird im Fall O1 oder O2 der Zyklus mit Fehlermeldung abgebrochen.

Die Messungen müssen mit dem **Messvorschub FM** erfolgen, für den der Messtaster mit dem Kalibrierzyklus G26 kalibriert wurde. Bei Bewegungen im **geschützten Positioniervorschub FT** kann die Steuerung die Bewegung noch anhalten, ohne dass der Messtaster beschädigt wird. Dieser Vorschub hängt von dem Messtaster und auch von der Maschine ab und wird i. A. vom Hersteller des Messtasters angegeben. Er ist jedoch nicht für eine Messung geeignet.

Nach der Berührung eines Hindernisses gibt der Messtaster nach einem messtaster-spezifischen Signal-Auslöseweg ein Haltesignal an die CNC-Steuerung. Die Steuerung reagiert im Rahmen ihrer Steuerungstaktzeit und speichert entweder die zu diesem Zeitpunkt aktuellen Achskoordinatenwerte ab und hält die Bewegung an oder bremst zuerst die Linearbewegung ab und speichert dann erst die Achskoordinatenwerte ab. Aus diesen abgespeicherten Koordinatenwerten werden mit den Kalibrierdaten die Koordinatenwerte des Berührungspunkts berechnet. Bei der Kalibrierung wird auch berücksichtigt, dass der Messtaster möglicherweise nicht genau zentrisch in der Aufnahme eingespannt ist und so richtungsabhängige Messabweichungen entstehen würden.

Voraussetzung für eine korrekte Rückrechnung auf die Tastkugelmittelpunktposition ist die Einhaltung des Messvorschubs FM mit dem die Kalibrierung erfolgte. Deshalb gibt es auch die Adresse der **minimalen Messweglänge LM**, die erforderlich ist, um den Taster auf den Messvorschub FM zu beschleunigen.

Die Steueradressen für den Messvorgang FM, FT, LO, LM werden in G27, Modale Zyklusadressen Messen, gesetzt.

Ein in der Praxis gängiges Messverfahren ist, im schnelleren Positioniervorschub FT das Messobjekt anzufahren, dann mit FT die Rückzugslänge für die Zweitmessung LT in der Anfahrrichtung zurückzufahren, um dann den Zielpunkt erneut mit dem Messvorschub FM anzufahren (schnelles Antasten). Im Fall $LT \leq 0$ wird die Vorabmessung unterdrückt.

Man beachte aber, dass das Messergebnis einer elementaren Messung ohne Zusatzangaben (senkrecht antasten eine Kante) bedeutungslos ist, da es lediglich den Ort des Zentrums der Tastkugel im Berührfall aber nicht den Berührungspunkt selbst angibt.

G26 Mess-Taster-Kalibrierzyklus für Kalibrierringe und Kalibrierkugeln

Der Kalibrierzyklus bestimmt für alle Bewegungsrichtungen die Berührungspunktüberfahrwege für einen Messvorschubwert FM in mm/min. Dabei werden die Einflüsse der CNC-Steuerung und der Maschinendynamik unter Einbeziehung des Werkstück- und Spannmittelgewichts sowie des Signal-Auslösewegs des verwendeten Messtasters unter Berücksichtigung der Tastarm-Geometrie berücksichtigt. Da dieses Verhalten richtungsabhängig ist, muss der Taster für jede verwendete Bewegungsrichtung kalibriert werden.

Die Änderung des Messvorschubs FM erfordert eine erneute Kalibrierung.

Die Verwendung eines anderen Messtaster-Einsatzes (i. A. mit 1, 3 oder 5 Tastköpfen) erfordert daher wegen der unterschiedlichen Tastarmgeometrie und der dadurch unterschiedlichen Auslösewege eine erneute Kalibrierung. Um keine Messrichtungseinschränkung zu haben, wird der Taster mit kleinen Winkeldifferenzen in allen möglichen Tastrichtungen kalibriert. Winkel zwischen den Kalibrierrichtungen werden interpoliert.

G26 Q TC FM X Y Z R *AH AV*

Q [1] Kalibrieren
Q1 Ring innen
Q2 Ring außen
Q3 Kugel

TC Korrekturwertregister Mess-Tasters

FM Messvorschub

X X-Koordinate des Zentrums des Kalibrierrings in XY oder der Kalibrierkugel

Y Y-Koordinate des Zentrums des Kalibrierrings in XY oder der Kalibrierkugel

Z Z-Koordinate der Oberfläche des Kalibrierrings oder des Zentrums der Kalibrierkugel

R Innerer Radius des Kalibrierringes oder Radius der Kalibrierkugel

Optional:

AH [5] Winkeldifferenz der horizontalen (Azimut-) Kalibrierrichtungen in Winkelgrad in der Bearbeitungsebene

AV [0] Höhenwinkeldifferenz der Kalibrierrichtungen bei Kalibrier-Kugelmessungen zum Messvorschub FM berechnet

Die Kalibrierung erfolgt nicht in den Fertigungs-NC-Programmen, sondern wird vorab für die verwendeten Taster durchgeführt. Zwischen verschiedenen Eichwertsätzen der Taster kann umgeschaltet werden, z. B. bei einem Tasterwechsel oder nur einem Tastkopfwechsel oder der Änderung des Messvorschubs.

Für die PAL-Prüfungssteuerungen ist G26 der Vollständigkeit halber notwendig und ein Hinweis auf die notwendige Kalibrierung der Messtaster. Eine erneute Kalibrierung ist nur bei der Änderung des Messvorschubs oder bei der Verwendung einer anderen Messtastarm-Geometrie oder dem Messen sehr schwerer Werkstücke und Spannmittel erforderlich.

G27 Modale Zyklusadressen Messen

Mit dem Befehl G27 werden die zu einer Tastkugel eines bereits eingewechselten Messtasters unter der Nummer des zugehörigen Korrekturwertregisters abgespeicherten Kalibrierwerte aktiviert und die zugehörigen Mess-Steueradressen der Kalibrierung eingegeben. Diese sind der Messvorschub der Kalibrierung FM, der Positioniervorschub FT und die minimal erforderliche Messweglänge LM, die zum Erreichen des Messvorschubs FM benötigt wird.

Der schnelle Positioniervorschub FT garantiert, dass die Achsbeschleunigungswerte die Bewegung mit dem Vorschub FT nach einem Taster-Auslösesignal innerhalb der Kollisionsüberfahrlänge des Messtasters zum Halt abbremsen können, ohne dass der Taster zu Schaden kommt. Der Wert für FT wird i. A. vom Tasterhersteller für eine CNC-Maschine voreingestellt (oder muss mit der maximalen Kollisionsüberfahrlänge des Tasters zu einer Taster-Referenzlänge aus der Tastergeometrie mit dem Ablenkungswinkel und den Achsbeschleunigungsdaten berechnet werden).

G27 FM FT LM LO *LT TC*

FM	Mess-Vorschub
FT	Positioniervorschub G94 für schnelle Taster-Bewegungen
LM	Minimal erforderliche Messweglänge unter Berücksichtigung des Tastkugelradius
LO	Maximale Überfahrlänge des programmierten Endpunktes der Messbewegung ohne dass ein Taster-Auslösesignal eingegangen ist (Abbruch fehlerhafter Messbewegungen)

Optional:

LT	[2*LM]	Rückfahrlänge bei schneller Vorausmessung mit Vorschub FT für erneute Messung mit FM mit Anfahrt des gleichen Messzielpunktes. Wichtig: Für $LT \leq 0$ wird die Vorausmessung unterdrückt
TC	[1]	Korrekturwertregister des Mess-Tasters

Programmierhinweise:

In einem Programmlauf müssen die Mess-Steueradressen nur beim ersten Mal vor dem Einwechseln des Messtasters aktiviert werden.

G28 Toleranzwertadressen für Form- und Lageabweichungen

Setzen von Prüftoleranzen für die automatische Begutachtung der Messergebnisse in den Messzyklen. Diese Adressen werden in den Mess- und Prüfzyklen verwendet. In Benutzer-Unterprogrammen und Benutzer-Makros können diese Adressen ebenfalls als Parameter mit den angegebenen Parameternummern verwendet werden.

G28 *QL QT DX DY DZ DXMIN DXMAX DYMIN DYMAX DZMIN DZMAX DR DRZ DL DB DRMIN DRMAX DRZMIN DRZMAX DLMAX DLMIN DBMAX DBMIN DAV DAH DAVMIN DAVMAX DAHMIN DAHMAX*

Optional:

			Parameter
QL	[1]	Auswahl des In-Prozess-Messumfangs	P8100
		QL0 Keine Prüfung	
		QL1 Messen in der Bearbeitungsebene	
		QL2 Messen nur in der Zustellrichtung	
		QL3 Messen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung	
		QL4 Messen in der Bearbeitungsebene unter Einbeziehung der Verrundungsradien und in der Zustellrichtung	
		QL5 Messen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit Vertikal-Winkelberechnungen	
		QL6 Messen in der Bearbeitungsebene wie QL5 und zusätzlich mit Horizontal-Winkelberechnungen und Mittelwertbildungen	
QT	[0]		
		QT0 Nur Messen	
		QT1 Messen mit Prüfen der Form- und Lageabweichungen und gegebenenfalls mit Fehlermeldungen ohne Programmabbruch	
		QT2 Messen mit Prüfen der Form- und Lageabweichungen und gegebenenfalls mit Fehlermeldungen und Programmabbruch	
		Lageabweichungen	
DX		symmetrische Abweichung in X	P8101
DY		symmetrische Abweichung in Y	P8102
DZ		symmetrische Abweichung in Z	P8103
DXMIN		minimale Abweichung in X	P8104
DXMAX		maximale Abweichung in X	P8105
DYMIN		minimale Abweichung in Y	P8106
DYMAX		maximale Abweichung in Y	P8107
DZMIN		minimale Abweichung in Z	P8108
DZMAX		maximale Abweichung in Z	P8109
		Formabweichungen	
DR		symmetrische Radius-Abweichung	P8110
DRZ		symmetrische Zapfenradius-Abweichung	P8111
DL		symmetrische Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8112
DB		symmetrische Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8113
DLZ		symmetrische Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8114
DBZ		symmetrische Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8115
DRMIN		minimale Radius-Abweichung	P8116
DRMAX		maximale Radius-Abweichung	P8117
DRZMIN		minimale Zapfenradius-Abweichung	P8118
DRZMAX		maximale Zapfenradius-Abweichung	P8119
DLMIN		minimale Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8120
DLMAX		maximale Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8121
DLZMIN		minimale Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8122
DLZMAX		maximale Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8123

DBMIN	minimale Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8124
DBMAX	maximale Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8125
DBZMIN	minimale Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8126
DBZMAX	maximale Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8127
DAV	symmetrische vertikale Winkel-Abweichung	P8128
DAH	symmetrische horizontale Winkel-Abweichung	P8129
DAVMIN	minimale vertikale Winkel-Abweichung	P8130
DAVMAX	maximale vertikale Winkel-Abweichung	P8131
DAHMIN	minimale horizontale Winkel-Abweichung	P8132
DAHMAX	maximale horizontale Winkel-Abweichung	P8133

Voreinstellwert für nicht programmierte Adressen ist null und damit wird die Toleranzprüfung nicht durchgeführt.

G8 Elementare Messzyklen

Nach dem Einwechseln eines Messtasters und Anwahl des Korrekturwertes der Tastkugel können die nachstehenden elementaren Messzyklen verwendet werden. Mit der Messzyklen-Auswahladresse LM können einfache Messzyklen für achsparallel ausgerichtete Flächen und geometrische Objekte ausgeführt werden, die ähnlicher Form in den aktuellen CNC-Steuerungen vorhanden sind.

Die Messzyklen arbeiten optional mit der der Vorabmessung im schnellen Positioniervorschub FT, um lange Anfahrtswege zum Messpunkt nicht im Messvorschub zu fahren. Nach dem Erreichen des Messzielpunktes im Positioniervorschub FT wird der Messtaster um LT zurückgefahren und dann der Messzielpunkt erneut im Messvorschub FM angefahren. Für $LT \leq 0$ werden diese Vorabmessungen unterdrückt und stets im Messvorschub verfahren.

G8 LM *BZ BX K I R D AI AN Q ZZA/ZI X/XA/XI TV SP*

LM Messzyklen-Auswahladresse
 LM400 Messen Einzelpunkt
 LM402 Messen Sitz/Schulter
 LM405 Messen Nutbreite
 LM406 Messen Stegbreite
 LM407 Messen Kreisbogensegment innen
 LM408 Messen Kreisbogensegment außen
 LM500 Nullpunktsetzen in einzelnen Koordinaten

Optional:

BZ Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Z
 BX Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in X
 B Sollwert von Nutbreite oder Stegbreite
 K [0] Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K) oder Sollwert absolut in Z
 I [0] Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I) oder Sollwert absolut in X
 Der gemessene und gesetzte Nullpunkt hat damit die Koordinaten (K,I)
 R [0] Soll-Radius des Kreisbogens oder Kreistasche
 D [0] Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung
 AI [120] Inkrementeller Winkel zwischen Messbewegungen bei Kreisbogenmessungen
 AN [0] Winkel der Antastrichtung oder der ersten Antastrichtung bei Kreisbogenmessungen
 Q [*] Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt)
 Z/ZA/ZI Startpunkt der Messbewegung (Vorbelegung aktuelle Tasterposition, um V und Radius des Tasters über dem Material)
 X/XA/XI Startpunkt der Messbewegung (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
 TV [0] Werkzeugnummer für Verschleißkorrekturwerteintrag
 SP [500] erste Parameternummer der Messwertspeicherung
 P[SP] = Zyklusnummer

LM400 Messen Einzelkoordinate Z oder X

Beim Antasten einer achsparallelen Fläche im Drehbetrieb wird nur eine Achse verfahren, deren Achskoordinate und Richtung (Vorzeichen) mit BZ oder BX vorgegeben wird. Ausgehend vom Startpunkt verfährt der Taster im Messvorschub inkrementell um BX oder BY oder BZ.

Der Abstand vom Startpunkt zur Messfläche muss größer als die minimale erforderliche Messweglänge LM aus G27 sein. Durch die senkrecht zur Antastfläche erfolgende Messung wird der Koordinatenwert unter Berücksichtigung des Tastkugelradius in der Messrichtung bestimmt.

G8 LM400 (BZ *K*) / (BX *I*) *ZZA/ZI X/XA/XI TV SP*

BZ Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Z
BX Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in X

Optional:

Z/ZA/ZI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
X/XA/XI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
K Z-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll
I X-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll
TV Werkzeugnummer für Verschleißkorrektureinträge von Länge (BZ) oder Radius (BX, BY) des Werkzeugs, das die gemessene Fläche gefertigt hat.
SP erste Parameternummer der Messwertspeicherung
P[SP] = Zyklusnummer
Es wird einer der beiden Parameter gesetzt.
P[SP+1] = Kante in X bei BX
P[SP+3] = Kante in Z bei BZ

LM402 Messen Sitz/Schulter (Drehen)

Beim Antasten einer XY-achsparellen Fläche oder des Durchmessers bei $Y=0$ werden nacheinander die Messbewegungen in den beiden Achsen Z, X verfahren, deren Antastrichtungen durch den Quadranten QT vorgegeben wird. Ausgehend vom Startpunkt verfährt der Taster im Messvorschub erst in Z und nach Rückfahrt auf den Startpunkt dann in X-Richtung. Eine optionale zweite Messung kann in jeder Achsrichtung mit DX und DZ vorgegeben werden. Der Abstand vom Startpunkt zur Messfläche muss größer als die minimale erforderliche Messweglänge LM aus G27 sein. Durch die senkrecht zur Antastfläche erfolgende Messung wird der Koordinatenwert unter Berücksichtigung des Tastkugelradius in der Messrichtung bestimmt und bei zwei Messungen pro Tast-Richtung auch der Winkel überprüft.

G8 LM402 QT DZ DX Z/ZA/ZI XXA/XI I K SP

Optional:

QT	[1]	Antastquadrant im ungedrehten Werkstückkoordinatensystem (1 bis 4). Als Antastrichtungen werden die auf die Quadrantenecke zeigenden Achsstrahl-Richtungen verwendet.
Z/ZA/ZI		Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
X/XA/XI		Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
DZ	[0]	Gerichteter Abstand (mit Vorzeichen) für eine optionale zweite Messung für $DZ \neq 0$ in X-Richtung ausgehend vom Startpunkt verschoben um DZ
DX	[0]	Gerichteter Abstand (mit Vorzeichen) für eine optionale zweite Messung für $DX \neq 0$ in Z-Richtung ausgehend vom Startpunkt verschoben um DX
I		X-Sollposition für Messprotokoll
K		Z-Sollposition für Messprotokoll
SP		erste Parameternummer der Messwertspeicherung P[SP] = Zyklusnummer Es werden vier Parameter gesetzt. P[SP+1] = Ecke in X bei BX P[SP+3] = Ecke in Z bei BZ P[SP+4] = Winkel bezüglich der X-Achse für DZ ungleich 0 P[SP+6] = Winkel bezüglich der Z-Achse für DX ungleich 0

Anmerkungen: Als Soll-Winkel einer Schulter werden 0° und 90° bezogen auf den Z-Achsen-schenkel angenommen (Mit Hilfe der vorgeschlagenen Makroprogrammierung G65 lässt sich dieser Zyklus auch direkt anspruchsvollere Aufgabe programmieren).

LM405 Messen der Nutbreite (Seitenflächen in XY-Ebene)

Im Drehbetrieb wird die Nutbreite bei $Y=0$ und mit $AN=0$ mit der Programmierung von B in Z-Richtung achsparallel gemessen. Es wird zunächst auf Material-Oberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius zugestellt, dann in Z und X positioniert. Dann wird auf Materialoberfläche minus Messtiefe abgesenkt und gemessen. Nach beendeter Messung erfolgt der Rückzug auf die Materialoberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius. Eine Nutbreite in Z-Richtung wird in G17 gemäß G8 LM405 im Fräsen gemessen.

G8 LM405 B D V Z/ZA/ZI X/XA/XI TV SP

B	Sollnutbreite im um AN gedrehten Koordinatensystem
D	Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung
<i>Optional:</i>	
V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Z/ZA/ZI	Startpunkt in der Zustellachse (Vorbelegung aktuelle Tasterposition über Material plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius)
X/XA/XI	Startpunkt Nutmitte (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
TV	Werkzeugnummer für den Radiusverschleißkorrekturwerteintrag des Werkzeugs mit welchem diese Nut gefertigt wurde
SP	erste Parameternummer der Messwertspeicherung P[SP] = Zyklusnummer P[SP+1] = Nutbreite

LM406 Messen der Stegbreite (Seitenflächen in XY-Ebene)

Im Drehbetrieb wird die Breite eines geraden Steges bei $Y=0$ und mit $AN=0$ mit der Programmierung von B in Z -Richtung achsparallel gemessen. Es wird zunächst auf Material-Oberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius zugestellt, dann in Z positioniert. Anschließend die mit der Sollstegbreite und der minimalen Messanfahrlänge LM ermittelte erste Mess-Startposition angefahren und dort auf die Materialoberfläche minus Messtiefe D zugestellt. Nach beendeter Messung der ersten Stegseite und Rückbewegung um LM erfolgt der Rückzug auf die Materialoberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius. Mit der Sollstegbreite und LM wird dann der zweite Zustellpunkt auf der anderen Stegseite angefahren und die Messung der zweiten Seite in der gleichen Weise durchgeführt. Eine Stegbreite in Z -Richtung wird in $G17$ gemäß $G8$ LM406 im Fräsen gemessen.

$G8$ LM406 B D V $Z/ZA/ZI$ $X/XA/XI$ TV SP

B Sollstegbreite im um AN gedrehten Koordinatensystem
 D Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

Optional:

V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
 $Z/ZA/ZI$ Startpunkt in der Zustellachse (Vorbelegung aktuelle Tasterposition über Material plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius)
 $X/XA/XI$ Startpunkt Stegmitte (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
 TV Werkzeugnummer für die Radius-Verschleißkorrekturwerteintrag des Werkzeugs mit welchem dieser Steg gefertigt wurde
 SP erste Parameternummer der Messwertspeicherung
 $P[SP]$ = Zyklusnummer
 $P[SP+1]$ = Stegbreite

LM407 Messen Kreisbogensegment innen (3-Punktemessung)

Im Drehbetrieb wird die Nutbreite bei $Y=0$ gemessen. Es wird der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messstartpunkt auf dem Anfahr-Kreisbogen mit dem Radius ($R - LM$) angefahren, um die minimal erforderliche Messweglänge LM zu garantieren. Dann wird der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messpunkt im Messvorschub angefahren und gemessen. Nach Rückfahrt auf den Messstartpunkt wird mit dem Winkelinkrement AI der nächste Messstartpunkt berechnet, angefahren und gemessen. Nach der Messung des dritten Punktes erfolgt die Berechnung des Radius und des Mittelpunktes.

G8 LM407 R AN AI Z/ZA/ZI X/XA/XI TV SP

R		Sollradius
<i>Optional:</i>		
AN	[0]	Winkel der Antastrichtung
AI	[120]	Inkrementwinkel
Z/ZA/ZI		Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
X/XA/XI		Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
TV		Werkzeugnummer für Radius-Verschleißkorrekturwerteintrag des Werkzeugs mit welchem dieses Kreisbogensegment gefertigt wurde
SP		erste Parameternummer der Messwertspeicherung
		P[SP] = Zyklusnummer
		P[SP+1] = Mittelpunkt in X
		P[SP+3] = Mittelpunkt in Z
		P[SP+4] = Radius

LM408 Messen Kressegment außen (3-Punktemessung)

Im Drehbetrieb wird die Nutbreite bei $Y=0$ gemessen. Es wird der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messstartpunkt auf dem Anfahr-Kreisbogen mit dem Radius ($R - LM$) angefahren, um die minimal erforderliche Messweglänge LM zu garantieren. Dann wird der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messpunkt im Messvorschub angefahren und gemessen. Nach Rückfahrt auf den Messstartpunkt wird mit dem Winkelinkrement AI der nächste Messstartpunkt berechnet, angefahren und gemessen. Nach der Messung des dritten Punktes erfolgt die Berechnung des Radius und des Mittelpunktes.

G8 LM408 R AN AI Z/ZA/ZI X/XA/XI TV SP

R		Sollradius
<i>Optional:</i>		
AN	[0]	Winkel der Antastrichtung
AI	[120]	Inkrementwinkel
Z/ZA/ZI		Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
X/XA/XI		Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
TV		Werkzeugnummer für Radius-Verschleißkorrekturwerteintrag des Werkzeugs mit welchem dieses Kreisbogensegment gefertigt wurde
SP		erste Parameternummer der Messwertspeicherung
		P[SP] = Zyklusnummer
		P[SP+1] = Mittelpunkt in X
		P[SP+3] = Mittelpunkt in Z
		P[SP+4] = Radius

LM500 Nullpunktsetzen Einzelpunkt

Beim Antasten einer achsparallelen Fläche im Drehbetrieb wird nur eine Achse verfahren, deren Achskoordinate und Richtung (Vorzeichen) mit BZ oder BX vorgegeben wird. Ausgehend vom Startpunkt verfährt der Taster im Messvorschub inkrementell um BX oder BY oder BZ.

Der Abstand vom Startpunkt zur Messfläche muss größer als die minimale erforderliche Messweglänge LM aus G27 sein. Durch die senkrecht zur Antastfläche erfolgende Messung wird der Koordinatenwert unter Berücksichtigung des Tastkugelradius in der Messrichtung bestimmt.

Der gemessene Wert in einer Koordinatenachse wird als Einstellbarer Nullpunkt Q gesetzt. Mit K, oder I kann Verschiebung der gemessenen Nullpunktcoordinate vorgegeben werden (z. B. für ein Aufmaß).

G8 LM500 (BZ *K*) / (BX *I*) Q *X/XA/XI* *Y/YA/YI* *Z/ZA/ZI*

BZ Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Z

BX Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in X

Optional:

Q [*] Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt)
Z/ZA/ZI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
X/XA/XI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
K [0] Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K)
I [0] Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I)
Ein gemessener Nullpunkt hat dann die Koordinaten (K, I,)

Werkstückhandhabung beim Drehen mit Robotern unter Verwendung der Mehrkanalprogrammierung

Für die automatische Werkstückbeschickung und Werkstückentnahme wird eine Drehmaschine und ein Roboter von einer zweikanaligen CNC-Steuerung mit den **PAL-Befehlskodierungen Drehen und Fräsen** angesteuert. Zur Synchronisation der beiden Prozesse werden der Kanalsynchronisationsbefehl G98 und der Kanal-Umschaltbefehl G99 verwendet.

Im Kanal 1 läuft die CNC-Steuerung der Drehmaschine mit der **PAL-Befehlskodierung Drehen**.

Im Kanal 2 läuft die CNC-Steuerung des Roboters mit der **PAL-Befehlskodierung Fräsen**.

Fertigungszelle mit CNC-Maschine Werkzeugmagazin und Handhabungsroboter

Für die Werkstückhandhabung im PAL-Programmiersystem Fräsen wird von der folgenden Maschinen-Konfiguration ausgegangen:

Für die Werkstückhandhabung wird ein 6-Achsiger Roboter verwendet. Dabei werden die unteren 5 Achsen für die Punktprogrammierung benötigt und die sechste Achse dient zur Orientierung/Drehung eines einfachen Greifers oder eines Doppelgreifers. Die Koordinatensystemunterschiede zwischen Maschinen- und Roboterkoordinatensystem sind mit ihrer Verschiebung und Drehung zueinander bekannt.

Eine rundum abgeschlossene Fertigungszelle mit einer Zugangstür befindet sich vor der CNC-Maschine. Die Zugangstür kann vom Systembetreuer nur geöffnet werden, wenn sich der Roboter in einem gesicherten Haltemodus befindet. Ein Start des Roboters ist nur bei geschlossener Tür nach Freigabe durch den Systembetreuer möglich.

Optional kann der Roboter auch auf eine vor der Maschine verlaufende Linearführung aufgesetzt werden, um z. B. den Platz vor der Maschine freizumachen oder bei größeren Werkzeugmagazinen zusätzliche Arbeits-Positionen mit dem Linearschlitten anzufahren oder auch bei der Bestückung zwischen zwei CNC-Maschinen zu wechseln

Anmerkung: Für präzise CNC-Maschinenbestückungsaufgaben (i. A. auch mit schwereren Werkstücken) benötigt man hochgenaue Roboter, deren dadurch bedingte schwerere Bauweise eine Abgeschlossenheit zum Bedienungspersonal verlangt. Das genaue Positionieren und Ausrichten der Werkstücke bzw. der Greiferhand erfordert die Möglichkeiten der Punkt-Richtungs-Programmierung im Kanal des Roboters. Die Abläufe der Werkstückhandhabung werden mit den Synchronisationsbefehlen der Kanäle aufeinander abgestimmt.

Bei mit einer genauen Sensorik ausgestatteten Robotern, kann schon teilweise auf das Einschließen des Roboters durch einen Käfig verzichtet werden, da ein Überschreiten der Arbeitsraumgrenzen durch ein anderes Objekt die Bewegungen des Roboters sofort anhält. Die Verwendung von kollaborativen Robotern (Cobots) ist i. A. wegen der Schwere der Werkstücke und dem geforderten genauen Punkt-Richtungs-Positionieren nicht möglich.

Mit diesem Fertigungszellen-Szenarium lassen sich alle möglichen Handhabungsaufgaben exemplarisch durchführen. Dazu gibt es den Roboter Greifer in den Varianten flexibler Einzelgreifer für Werkstückrohrtail und Fertigteil und Doppelgreifer für zwei Werkstücke mit unterschiedlicher Greiferauslegung. Für das stirnseitige Greifen eines zylindrischen Werkstücks oder das Greifen an der Mantelfläche sind die Greiferbacken i. A. mit Doppelprismen ausgestattet.

Die möglichen Greifer- und Backenvarianten werden analog zu den Spannmitteln in einer Greifer-Verwaltung zusammengefasst.

Bearbeitungsablauf

Das NC-Programm wird in beiden CNC-Steuerkanälen gestartet und im Allgemeinen wird der Bearbeitungskanal 1 dann nach einer Synchronisation „Bestückungsstart“ auf die Bestückung warten und der Bestückungskanal 2 nach dem Programmstart i. A. ein Werkstück aufnehmen.

Dem Beladeschritt geht im laufenden Betrieb das Entnehmen des Fertigteils voraus: Dies kann auf zwei Arten erfolgen:

1. Der Roboter ist mit einem Doppelgreifer ausgestattet, der zwei Werkstücke aufnehmen kann: Der Roboter entnimmt mit einem entsprechenden Synchronisations-Handshake mit der freien Greiferhand das gefertigte Werkstück aus der CNC-Maschine, schwenkt die Greiferhand und belädt das Spannmittel mit dem nächsten Werkstückrohteil ebenfalls mit einem Synchronisations-Handshake.
2. Der Roboter hat nur einen Einfachgreifer und das fertige Werkstück wird zuerst entnommen und im Fertigteilmagazin abgelegt und dann das neue Rohteil aus dem Rohteilmagazin aufgenommen und in die Maschine eingesetzt.

Dies erfolgt eingerahmt von dem Handshake-Betrieb des Öffnens und Schließens der Maschinentür.

Die Programme laufen dann in einer Schleife bis die voreingestellte Losgröße vom NC-Programm erreicht wurde. Mit der Ablage des letzten Fertigteils wird das NC-Programm in beiden Kanälen beendet.

Eine mehrfache Handshake-Betrieb-Überwachung ist notwendig, da nach einem abgesetzten Befehl (Maschinentür auf, Maschinentür zu (Absaugung), Backen greifen, Backen öffnen, ...) auch abgewartet werden muss, ob dieser Steuerbefehl auch ausgeführt wurde oder z. B. wegen einer Störung nicht ausgeführt werden konnte.

Werkstückaufnahme und Werkstückablage im Werkstückmagazin und in der Maschine

Die Aufnahme und Ablage der Werkstücke im Magazin erfordert die werkstücknummernabhängige algorithmische Berechnung der Magazinpositionen in den verschiedenen Werkstückpaletten und der zugehörigen Greiferrichtungen und muss mit Punkt-Richtungsprogrammierung erfolgen. Das gleiche gilt für das Be- und Entladen der CNC-Maschine.

Die Bewegungen des Roboters von den Werkstückmagazinen in den Maschinenraum und wieder zurück wird wegen der Enge des Maschinenraums und möglichen Kollisionen i. A. im Teach-In-Betrieb durchgeführt.

Mehrkanalprogrammierung zur Werkstückhandhabung beim Drehen

Erweiterung des Drehens auf die Mehrkanalprogrammierung

Eine wichtige Funktion der CNC-Steuerungen bei der Mehrkanalprogrammierung sind die möglichen Achsüberlagerungen (d. h. eine Achse eines Bearbeitungskanals führt inkrementell die Bewegungen einer anderen Achse eines anderen Kanals mit aus). Dies ist eine Standardanwendung bei den **Langdrehern** und auch die Grundlage des sogenannten „**Balanced Cutting**“ beim Drehen.

Beim Balanced Cutting führt man den gleichen Bearbeitungszyklus mit den gleichen Werkzeugen in zwei Bearbeitungskanälen aus, in dem dieser Zyklus nur in einem Kanal als **Master-Kanal** programmiert wird und der andere Kanal als **Slave-Kanal** diese Zyklus-Bewegungen ausgehend von seinem Startpunkt inkrementell folgt bis der Zyklus mit der Rückfahrt auf den Bearbeitungsendpunkt abgeschlossen ist. Da die Drehebene der i. A. gegenüberstehenden Werkzeugsysteme (Revolver) aufeinander liegen, heben sich die Querkräfte und damit auch die Biegemomente gegenseitig auf (sind in Balance). Beim Bearbeiten der gleichen Zyklusgeometrie können daher querkraftfrei die Vorschübe auf das Doppelte oder sogar noch mehr erhöht werden (wenn die Antriebsleistung ausreicht und der Werkzeug-Freiwinkel groß genug ist).

Balanced Cutting bietet die effektivste Bearbeitungsmöglichkeit mit zwei Werkzeugrevolvern auf einem Werkstück, da es bei dem Eingriff von zwei Werkzeugen auf unterschiedlichen Bearbeitungsdurchmessern i. A. stets Konflikte in den Schnittgeschwindigkeiten geben kann und eine Bearbeitung mit der technologisch besseren konstanten Schnittgeschwindigkeit G96 praktisch ausgeschlossen ist.

Wegen der großen Bedeutung der Mehrkanalprogrammierung und der Balanced-Cutting-Bearbeitung für die Erhöhung der Produktivität wird diese Möglichkeit in die PAL-Drehsteuerung aufgenommen.

Dazu werden alle Drehbearbeitungszyklen G81, G82, G83, G86, G87, G88 und G89 sowie bei der Bearbeitung mit angetriebenen Werkzeugen die Aufrufzyklen G76, G77, G78 und G79 um eine als letzte angefügte **optionale Adresse KN** und dem **Vorgabewert KN0** erweitert mit der Bedeutung:

Für $KN > 0$ werden die Zyklusbewegungen in allen Linearachsen Z, X, Y im aktuellen Kanal mit Achsüberlagerung inkrementell auf die entsprechenden Achsen im Kanal KN übertragen und mit Erreichen des Zyklusendpunktes wird die Achsüberlagerung wieder aufgehoben.

Anmerkungen zu den Lerninhalten:

Neben der NC-Programmierung werden die planerischen und organisatorischen Inhalte besonders gefordert: Die Aufgaben bestehen dann in der Organisation und Programmierung der Vorbereitung der Balanced-Cutting-Bearbeitung im Slave-Kanal KN mit dem Setzen der den Programmablauf steuernden Synchronisationsmarken G98 vor und nach dem Zyklusaufbau im Master-Kanal und der vorbereitenden Programmteile wie Werkzeugwechsel und Startpunktanfahren mit Synchronisationsmarken im Slave-Kanal KN.

Über die Variation der Werkzeugstartposition in Kanal KN lassen sich bei G86, G87, G88 und G89 sowie G76, G77, G78 und G79 viele sinnvolle unterschiedliche Bearbeitungsvarianten programmieren.

Maschinenbefehle der Werkstückhandhabung

M67	Maschinentür öffnen
M68	Maschinentür schließen
M110	Hauptspindel Backen zu (nach innen)
M111	Hauptspindel Backen auf (nach außen)
M210	Gegenspindel Backen zu (nach innen)
M211	Gegenspindel Backen auf (nach außen)
M167	Tür 1 öffnen
M168	Tür 1 schließen
M267	Tür 2 öffnen
M268	Tür 2 schließen
M367	Tür 3 öffnen
M368	Tür 3 schließen
M467	Tür 4 öffnen
M468	Tür 4 schließen
M900	Linearschlitten des Roboters auf Position 0 (vor Maschinentür) fahren
M901	Linearschlitten des Roboters auf Position 1 fahren
M902	Linearschlitten des Roboters auf Position 2 fahren
M903	Linearschlitten des Roboters auf Position 3 fahren
M910	Greifer 1 Backen schließen
M911	Greifer 1 Backen öffnen
M919	Auswahl Greifer 1
M920	Greifer 2 Backen öffnen
M921	Greifer 2 Backen schließen
M929	Auswahl Greifer 2

G98 Wait- und NoWait-Synchronisationsmarken

Mit G98 können Synchronisationspunkte gesetzt und Synchronisationen zwischen einer beliebigen Kanalauswahl einer mehrkanaligen Maschine gesetzt werden. Die Synchronisationspunkte müssen mit einer Synchronisationsmarken-Nummer SM programmiert werden.

Ein Synchronisationspunkt darf nur dann überfahren werden, wenn der Synchronisationspunkt von allen in dem Synchronisationsaufruf programmierten Kanälen erreicht wurde oder von den Kanälen mit einer NOWAIT-Synchronisation bereits überfahren wurde. Ab dem Synchronisationspunkt laufen alle Kanäle mit einer WAIT-Synchronisation gleichzeitig weiter.

G98 SM KS . . . KS WAIT

Obligate Adressen:

SM Synchronisationsmarkennummer

KS Kanalnummern der mit dem aktuellen Kanal zu synchronisierenden Kanäle- Eine Kanalnummer KS, die von dem aktuellen Kanal verschieden ist, muss mindestens programmiert werden. KS kann mehrfach programmiert werden und die eigene Kanalnummer darf zur besseren Übersichtlichkeit mit enthalten sein.

Optional:

WAIT [*] Der Kanal wartet, bis alle mit KS programmierten Kanäle den programmierten Synchronisationspunkt in ihrem Kanal erreicht haben oder mit einer NOWAIT-Synchronisation bereits überfahren haben.

* **Default-Regelung:** Wird „WAIT“ nicht programmiert, führt G98 eine NOWAIT-Synchronisation aus: Der aktuelle Kanal setzt für die mit KS programmierten Kanäle unter der Synchronisationsmarkennummer SM ein Synchronisationshinweis „Synchronisationspunkt erreicht“ und führt seinen Programmlauf ohne Unterbrechung fort (NOWAIT-Synchronisation).

Programmierhinweise:

Der Befehl G98 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G99 Kanalwechsel im Mehrkanalprogramm

Ein mehrkanaliges PAL-NC-Programm wird als eine Programmdatei gespeichert und innerhalb dieser Programmdatei wird mit einem Umschaltbefehl zwischen den Programmteilen für die unterschiedlichen Kanäle mit dem Befehl G99 umgeschaltet.

Der Umschaltbefehl legt fest, zu welchem Kanal die NC-Befehle nach dem Umschaltbefehl bis zum nächsten Umschaltbefehl gehören. Auf diese Weise ist es möglich NC-Programmteile unterschiedlicher Kanäle, die über Synchronisationen gleichzeitig laufen sollen, direkt hintereinander zu schreiben, was die Lesbarkeit eines Programmausdrucks wesentlich erhöht, insbesondere wenn kein spezieller Mehrkanaleditor mit automatischer Synchronisationspunktanpassung zur Verfügung steht.

G99 KN

KN Kanalnummer der nachfolgenden NC-Sätze

Programmierhinweise:

Beim Programmstart ist Kanal 1 als aktiv voreingestellt.

Der Befehl G99 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G48 Gravier-/Beschriftungszyklus

Mit dem Befehl G48 können beliebige Texte kombiniert mit den Zahlenausgaben von Parameterwerten in einer Fräsbearbeitungsebene in ein vorgebbares und optional um den Setzpunkt gedrehtes Ausgabefeld graviert/gefräst werden. Die Skalierung der Texte erfolgt automatisch so, dass diese einzeilig und mittig in das Textfeld passen.

G48 LT BT HT DG V W XA/XI YA/YI ZA/ZI AR EP F E S M

LT Die Text-Adresse LT hat als Adresswert einen zwischen zwei Hochkommata stehenden Text mit Sonderzeichen und Parameteradressen (siehe unten)

HT Texthöhe

BT Textbreite

DG Tiefe der Gravur von der Materialoberfläche aus

V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

Optional:

W [V] Rückzugsebene

XA/XI [XI0] Setzpunktcoordinate der Gravieroberfläche,
G17: Setzpunkt in der 1. Geometrieachse X

YA/YI [YI0] Setzpunktcoordinate der Gravieroberfläche,
G17: Setzpunkt in der 2. Geometrieachse Y

ZA/ZI [ZI=-V] Setzpunktcoordinate der Gravieroberfläche

G17, Setzpunkt in der 3. Geometrieachse/Zustellachse

Voreinstellungswertregelung: Die erste und zweite Geometrieachse der aktuellen Werkzeugposition legen den Setzpunkt fest (inkrementelle Werte null) und die aktuelle Werkzeugposition in der dritten Geometrieachse legt die Sicherheitsebene fest, die dann um -V auf die Gravieroberfläche verschoben wird.

AR [0] Drehung des Textes um den Winkel AR um den Setzpunkt

EP [3] Setzpunkt des Gesamtschriftzuges am Hüllrechteck BTxHT des Textfeldes

EP0 mittig

links

EP1 mittig

mitte

EP2 mittig

rechts

EP3 unten

links

EP4 unten

mitte

EP5 unten

rechts

EP6 oben

links

EP7 oben

mitte

EP8 oben

rechts

F [F] Vorschub beim Fräsen in der Ebene

E [F] Tauchvorschub

S [S] Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit

M [M] Drehrichtung

Erläuterung der Text-Adresse LT, der Parameterwertausgaben und deren Formate

Der Text der Adresse LT besteht aus ASCII-Zeichen (einschließlich Leerzeichen) und darin enthaltenen Erweiterungskommandos. Alle Zeichen und die Leerstellen haben die gleiche Breite. Der Text wird durch doppelte Anführungszeichen eingerahmt. Da die doppelten Anführungszeichen den Beginn und das Ende des Textes markieren, dürfen doppelte Anführungszeichen innerhalb des Textes nicht verwendet werden.

Die Parameterwertausgaben stehen im Text in „spitzen Klammern“ gebildet aus den beiden Zeichen „kleiner als“ und „größer als“ und stehen als Platzhalter für spezielle Texte. So können mit den Erweiterungskommandos z. B. die aktuelle Uhrzeit oder das aktuelle Datum sowie Zahlen formatiert in den Text eingefügt werden.

Ausgabe des Datums und der Uhrzeit

Für die Ausgabe des Datums stehen folgende Erweiterungskommandos zur Verfügung:

<DD>	gibt den Tag als Zahl mit führender 0 aus (01 bis 31)
<MM>	gibt den Monat als Zahl mit führender 0 aus (01 bis 12)
<YY>	gibt das Jahr als zweistellige Zahl mit führender Null aus (00 bis 99)
<YYYY>	gibt das Jahr als vierstellige Zahl aus
<TIME24>	gibt Uhrzeit als 24-Stundenangabe aus.

Formatierte Zahlenausgabe:

In den spitzen Klammern stehen das Ausgabeformat gefolgt von dem Parameter P mit seinem Adresswert oder ein Systemparameternamen. Das Format und der Parameter werden durch ein Komma getrennt.

<Format,Parameter>

Ausgabeformat:

Das Format besteht aus einer Folge von #-Zeichen, die zwischen zwei #-Zeichen durch einen Punkt getrennt wird, oder einer #-Zeichenfolge, die mit einem Punkt endet, oder einer #-Zeichenfolge ohne abschließenden Punkt.

<####.###, P100> <#####., P100>, <###, P100>

Die Zahl der #-Zeichen vor dem Dezimalpunkt legt die reservierte minimale Vorkomma-Stellenzahl (vor dem Dezimalpunkt) fest, zu der noch eine freigehaltene Anzeigestelle für das mögliche Vorzeichen hinzukommt.

Dabei gelten die folgenden Regeln:

Endet das Format mit einem Punkt, wird der Parameterwert auf einen ganzzahligen Wert gerundet und mit Dezimalpunkt ausgegeben. Fehlt dieser Dezimalpunkt am Ende des Formates, so wird kein Dezimalpunkt ausgegeben.

Hat der auszugebende Parameterwert weniger Stellen vor dem Komma, werden zusätzlich Leerstellen oder wie nachstehend beschrieben führende Nullen ausgegeben, so dass die minimale Vorkomma-Stellenzahl erreicht wird.

Hat der Parameterwert mehr Stellen vor dem Komma, so wird die Stellenzahl automatisch erhöht, so dass der Zahlenwert mit allen Vorkomma-Stellen und dem optionalen Vorzeichen vor dem Komma ausgegeben werden kann.

Mit nur einem #-Zeichen vor dem Dezimalpunkt werden also stets alle Stellen eines Parameterwertes und eine Null bei einem Absolutwert kleiner als eins mit einem optionalen Vorzeichen vor dem Dezimalpunkt ausgegeben.

Negative Parameterwerte werden prinzipiell mit einem Minuszeichen ausgegeben.

Die Zahl der #-Zeichen nach dem Dezimalpunkt legt die Nachkomma-Stellenzahl (nach dem Dezimalpunkt) fest.

Hat ein Parameterwert mehr Nachkommastellen, wird dieser auf die vorgegebene Stellenzahl gerundet.

Endet die #-Zeichenfolge mit einem Punkt, wird der Parameterwert auf einen ganzzahligen Wert gerundet und mit Dezimalpunkt ausgegeben. Fehlt dieser Dezimalpunkt am Ende der #-Zeichenfolge, so wird kein Dezimalpunkt ausgegeben.

Die letzte ausgegebene Stelle wird prinzipiell aus dem Parameterwert mathematisch gerundet.

Der #-Zeichenfolge der Vorkommastellen können zwei Zeichen zur Ausgabesteuerung vorangestellt werden.

Erstens die Ziffer Null „0“ als Formatauffüll-Ziffer statt Leerzeichen und zweitens das Vorzeichen plus „+“ zur Ausgabe eines positiven Vorzeichens.

<0#####.##> <+#####.##> <+0#####.##>

Beginnt die #-Zeichenfolge oder 0#-Zeichenfolge mit einem Pluszeichen, werden auch positive Parameterwerte mit dem vorangestellten Pluszeichen graviert.

Mit der Ziffer Null (vor dem ersten #-Zeichen) wird festgelegt, dass zum Erreichen der minimalen Stellenzahl vor dem Dezimalpunkt die Ausgabe zwischen dem optionalen Vorzeichen und der ersten Ziffer mit Nullen aufgefüllt wird. Ohne die Ziffer Null wird zum Erreichen der minimalen Stellenzahl die Ausgabe vor dem optionalen Vorzeichen durch Leerstellen aufgefüllt.

Anhang V Einrichtblattsyntax Drehen

PAL2019 – Einrichten der Drehmaschine erweitert um die Konfiguration des Handhabungs-Roboters und der Werkstückpaletten

Einrichtblattsyntax Drehen PAL 2007

Einrichten der Drehmaschine und Konfiguration der MTS-Steuerung

Sämtliche Einrichtinformationen stehen als **Kommentarkopf** im Einrichtblatt, der mit dem Text

; Einrichtblatt

beginnt und der mit dem Text

; Einrichtblatt-Ende

abgeschlossen wird. Allen Einrichtinformationen ist das Kommentarzeichen Semikolon vorangestellt. Zeichenketten werden mit Hochkommata eingerahmt. Leerzeichen in den Zeichenketten vor oder hinter einem Backslash werden ignoriert.

Das **Einrichtblatt** besteht aus den nachstehenden elf Abschnitten, die mit den entsprechenden Schlüsselworten eingeleitet werden:

; Maschine

; Steuerung

; Allgemeine Informationen (optional)

; Werkstück

; Werkstück-Einspannung Hauptspindel

; Reitstock (optional)

; Werkstück-Einspannung Gegenspindel (optional, alternativ zu Reitstock)

; Werkzeugsystem

; Werkzeugkorrekturwertliste

; Nullpunktregister Hauptspindel

; Nullpunktregister Gegenspindel (optional)

Eine Abschnitts-Eintragung beginnt mit einem Schlüsselwort gefolgt von den Eingaben nach dem Doppelpunkt. Die Angaben von Namen oder Texten werden als Zeichenkette mit Hochkommata eingerahmt: “ **Name** “. Nach einem Schlüsselwort können auch mehrere Adressen mit Zahlenangaben stehen. Im Folgenden steht i für eine positive ganze Zahl und xx.xx für eine Gleitkommazahl.

Die Angaben von Werkzeugen oder Spannmittel aus den entsprechenden MTS-Verwaltungen erfolgen als Zeichenkette unter der Angabe des durch Backslashes getrennten Tripels: “**Norm \ Typ \ Identnummer**“

; Maschine: “**MTS-TC-Gegenspindel**“ oder
 “**MTS-TC-Reitstock**“ oder

und entsprechend die CNC-Steuerung

- ; **Steuerung:** "MTS2010-Turn" oder
"MTS2010-TurnMill-CYB" (Es muss für Maschine und Steuerung genau eine dieser Angaben gemacht werden.)
- ; **Allgemeine Informationen** (optionale Angaben ohne Einfluss auf das Einrichten und den Programmablauf in der Steuerung)
- ; **Programmierer:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Abteilung:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Projekt:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Erstellungszeit:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Änderungszeit:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Benennung:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Zeichnungs-Identnr:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Aufspannskizzen-Identnr:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Programmnummer:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"
- ; **Programmdateiname:** "beliebiger Text mit Leerzeichen"

Textuelle Erläuterungen in einer Einrichtblattzeile der nachstehenden Einrichtblattsyntax sind in runden Klammern angegeben. Die Einrichtblattzeilen beginnen mit dem Kommentarzeichen Semikolon.

; **Werkstück** (Alle Werkstücke sind parallel zur Z-Achse ausgerichtet und liegen zentrisch zu dieser.)

; **Zylinder:** Lxx.xx DAxx.xx (Rohteilzylinder der Länge L mit dem Durchmesser DA)

oder

; **Zylinder mit Zentrierung Form A:** Lxx.xx DAxx.xx d1=xx.xx FBxx.xx [ZL/ZR/ZB]
(Rohteilzylinder der Länge L mit dem Durchmesser DA, dem Zentrierbohrer-Durchmesser d1 (DIN333), der Zentrierfasenbreite FB, ZL links, ZR rechts oder ZB beidseitig – Voreinstellung ZB)

oder

; **Rohr:** Lxx.xx DAxx.xx DIxx.xx (Rohr der Länge L mit dem Durchmesser DA und dem Innendurchmesser DI)

oder

; **Rohr mit Zentrierfase:** Lxx.xx DAxx.xx DIxx.xx FBxx.xx [WZi] [ZL/ZR/ZB]
(Rohr der Länge L mit dem Durchmesser DA, dem Innendurchmesser DI, der Zentrierfasenbreite FB mit dem Zentrierwinkel WZi, i=60/75/90, ZL links, ZR rechts oder ZB beidseitig –Voreinstellungen WZ60 und ZB)

Dabei wird der prozentuale Anteil AdP von der Backenspitze bzw. von der X=0 zugewandten Unterseite des Backens aus gemessen. FB ist die optionale Fasenbreite der ausgedrehten Backen)

; **Einspanntiefe:** **ETxx.xx** (Einspanntiefe des Werkstückes)

oder

; **Auskraglänge:** **EAXx.xx** (Länge des aus dem Futter hervorstehenden Werkstückes)

; **Backenspannkraft:** **SpKxx.xx** (Backenspannkraft)

Spannmitteltypen zur Hauptspindelnorm DIN 55028 A8/A6 der Kurzkegelaufnahme DIN 55028 A8 (Ø139,719) oder A6 (Ø 106,375) sind:

2-Backen-Kraftspannfutter

3-Backen-Kraftspannfutter

4-Backen-Kraftspannfutter

Spannzangenfutter

Stirnmitnehmer (bei Reitstockmaschinen nur mit Reitstockpositionierung und gesetzter Reitstockspitze)

; **Reitstock** (nur bei entsprechender Maschine)

; **Reitstockspitze:** **“Spitzennorm = Morsekegel MK4 \ Spitzentyp \ Identnummer“**
(mit dem Spitzentyp “Reitstockspitze“ oder “Zentrierkegel“)

; **Reitstockposition:** **ZRxx.xx M10** (Position angefahren und Reitstockspitze nicht gesetzt)

ZRxx.xx M11 (Position angefahren und Reitstockspitze gesetzt)

; **Pinolenanpresskraft:** **PKxx.xx** (Pinolenanpresskraft in N - optional)

; **Werkstück-Einspannung Gegenspindel** (nur bei entsprechender Maschine)

; **Spannmittel:** **“Spannmittelnorm=DIN55028 A8/6 \ Spannmitteltyp \ Spannmittel-Identnummer“**

; **Spannmittelaufsatz:** **“Aufsatznorm \ Aufsatztyp \ Identnummer“** (Backen / Spannzange)

; **Spannungsart:** **[Außenspannung außenstufige Backen/ oder (Voreinstellung)**
Außenspannung innenstufige Backen/ oder
Innenspannung außenstufige Backen/ oder
Innenspannung innenstufige Backen] (optional nur für Backenfutter)

; **Weiche Futterbacken:** **SpDxx.xx AdPxx.xx ETGxx.xx [FBxx.xx]**

(Spanndurchmesser SpD kann bei Zylinder, Rohr oder N-Kant entfallen. Ausdrehposition AdP in Backenmitte als prozentuale Angabe zwischen 5 % und 95 % der Backengesamthöhe bis

zu der die weichen Futterbacken ausgedreht sind. ETG ist die geplante Einspanntiefe auf der Gegenspindel und FB die optionale Fasenbreite der ausgedrehten Backen)

- ; **Harte Futterbacken:** **SpDxx.xx BSt i** (Spanndurchmesser SpD und Backenstufe BSt von 0 – N)
- ; **Backenspannkraft:** **SpKxx.xx** (Backenspannkraft)
- ; **Gegenspindelposition:** **ZGxx.xx** (Gegenspindelposition bei Programmstart)

; **Werkzeugsystem**

Mit dem Einrichtblattbefehl **Werkzeugsatz** kann eine Standardbelegung eines Werkzeugrevolvers mit einer Korrekturwertregisterbelegung aktiviert werden. Die Werkzeuge und Korrekturwerte eines Werkzeugsatzes werden durch die im Abschnitt Werkzeugliste bzw. Werkzeugkorrekturwertliste gemachten Eingaben überschrieben.

- ; **Werkzeugsatz:** **“NC-Programmnamen“ / leer** (eines NC-Programmes des gleichen Maschinentyps mit den Werkzeugen und Korrekturwerten des Standard-Werkzeugsatzes im Einrichtblatt / oder entfernen aller Werkzeuge mit leer)

- ; **Werkzeugliste** (Die Angabe der Werkzeuge erfolgt im Einrichtblatt T-nummernspezifisch unter Angabe der Werkzeug-Aufnahmenorm, des Werkzeugtyps und der Werkzeug-Identnummer (Werkzeugname))

- ; **Ti:** **“Aufnahmenorm \ Werkzeugtyp \ Werkzeug-Identnummer“ [La xx.xx]**
(Die optionale Ausspannlänge La verändert die in der Werkzeugverwaltung voreingestellte Ausspannlänge, um ein optimales Werkzeug für die Bearbeitung zu erhalten. Der Längen- bzw. X-Korrekturwert wird dabei automatisch angepasst.)

Man beachte bei den Werkzeugkorrekturwerten: Bei Werkzeugen mit angegebener Ausspannlänge La werden prinzipiell die zu La passenden richtigen Korrekturwerte aus der Werkzeugverwaltung verwendet (die im Einrichtblatt stehenden Korrekturwerte (siehe unten) werden ignoriert).

Es gibt bei den MTS-Drehmaschinen die nachstehenden Aufnahmenormen:

- VDI30A oder VDI30A-Mill bei dem Scheibenrevolver der Maschine mit Reitstock
VDI30R oder VDI30R-Mill bei dem Sternrevolver der Maschine mit Gegenspindel

Die Drehwerkzeugtypen für die Normen VDI30A oder VDI30R sowie die Fräswerkzeugtypen für die Bearbeitung mit angetriebenen Fräswerkzeugen für die Normen VDI30A-Mill oder VDI30R-Mill für die Bearbeitungsebenen G17 (horizontale Werkzeuge) und G19 (vertikale Werkzeuge) sind in der Drehwerkzeugverwaltung angegeben.

Eine nicht im Einrichtblatt vorhandene T-Nummer lässt die Belegung dieses Werkzeugrevolverplatzes bezüglich der vorhergehenden Werkzeugbelegung unverändert. Die Zuweisung Ti: leer erzeugt eine Revolver-Werkzeugposition i ohne Werkzeug mit einem Aufnahme-Verschlussstopfen.

; Aktives Werkzeug: **Ti** (mit Korrekturwertsatznummer i)

; Werkzeug-Wechselpunkt: **Zxx.xx Xxx.xx** (Optional: überschreibt den konfigurierten WZ-Wechselpunkt)

; Werkzeugkorrekturwertliste Die Korrekturwertsätze der Werkzeuge werden im Einrichtblatt unter Angabe der T-Nummer, der Korrekturwertsatznummer TC und der Korrekturwertregisterwerte angegeben (die Angaben entsprechen den üblichen Steuerungseintragungen). Die Korrekturwerte sollten beim Einrichten von der MTS-Werkzeugdatenbank automatisch übernommen werden.

; Ti TCi: KZxx.xx KXxx.xx Qi QZxx.xx QXxx.xx Rxx.xx Apxx.xx Krxx.xx DBxx.xx SLxx.xx
(Korrekturwerte KZ und KX, Quadrant Q, Schneidpunktvektor QZ, QX, Kompensationsradius R, Plattenwinkel Ap, Einstellwinkel Kr, Werkzeugdurchmesser/-Breite DB, Schneidenlänge SL)

; Nullpunktregister Hauptspindel (der einstellbaren Nullpunkte in Maschinenkoordinaten für die Hauptspindel)

; Nullpunkt G54: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)
; Nullpunkt G55: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)
; Nullpunkt G56: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)
; Nullpunkt G57: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)

; Nullpunktregister Gegenspindel (Optionale Angabe der einstellbaren Nullpunkte in Maschinenkoordinaten für die Gegenspindel, wenn diese nicht mit G30 automatisch übernommen werden sollen.)

; Nullpunkt G54: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)
; Nullpunkt G55: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)
; Nullpunkt G56: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)
; Nullpunkt G57: **Zxx.xx Xxx.xx** (Angabe in absoluten Maschinenkoordinaten)

Diese Nullpunkte können dann vom NC-Programm aus mit G54 – G57 aktiviert werden.

Erweiterung des Einrichteblatts für den Handhabungsroboter

; **Roboterkonfiguration**

; **Roboter:** "PAL-Knickarm-Robot G17 Rn" (n=1,2,3 für unterschiedliche große Roboter)

mit der Steuerung

; **Roboter-Steuerung:** "PAL2018-Mill ABC G17"

und der Transformation zwischen beiden

; **Roboter-Bezugspunktposition in CNC-Maschinenkoordinaten:** Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx

; **Roboter-Euler-Drehwinkel bezüglich CNC-Maschinenkoordinatensystem:**
CRxx.xx ARxx.xx CRxx.xx

; **Greifer:** "(Spannmittelnorm=) T-Nut-A14H8 \ Spannmitteltyp \ Spannmittel-Identnummer"
(Einfachgreifer oder Doppelgreifer)

(Rohteil-Greiferdaten)

; **Greiferaufsatz1:** "Aufsatznorm \ Aufsatztyp \ Identnummer"
(Futter-Backen, Spannkomponten, passend zu Spannmitteltyp & Identnr)

mit den Zusatzinformationen

; **Greifer-Ausrichtung1:** GRxx.xx (Drehung eines Greiferbackens gegenüber der Nulllage der Greiferachse)

; **Greiferspannungsart1:** [Außenspannung außenstufige Backen/ oder (Voreinstellung)
Außenspannung innenstufige Backen/ oder
Innenspannung außenstufige Backen/ oder
Innenspannung innenstufige Backen]

; **Weiche Futterbacken1:** SpDx.x AdPx.x [FBx.x] (Backenfestlegung s. oben)
Spanndurchmesser SpD kann bei Zylinder, Rohr oder N-Kant entfallen. Ausdrehposition AdP in Backenmitte als prozentuale Angabe zwischen 5 % und 95 % der Backengesamthöhe bis zu der die weichen Futterbacken bei Rohr oder Zylinder ausgedreht sind). FB ist die optionale angedrehte Fase der Backen.

; **Greifer-Einspanntiefe1:** ETxx.xx (Einspanntiefe des Werkstückes im Futter – Bei einer Zylinderspannung mit horizontalen Prismenbacken entfällt die Eingabe der Einspanntiefe)

(nur bei Doppelgreifern: Fertigteil-Greiferdaten)

; **Greiferaufsatz2:** "Aufsatznorm \ Aufsatztyp \ Identnummer"
(Futter-Backen, Spannkomponten, passend zu Spannmitteltyp & Identnr)

mit den Zusatzinformationen

; **Greifer-Ausrichtung2:** GDxx.xx (Drehung eines Greiferbackens gegenüber der Nulllage der Greiferachse)

- ; Greiferspannungsart2: [Außenspannung außenstufige Backen/ oder (Voreinstellung)
 Außenspannung innenstufige Backen/ oder
 Innenspannung außenstufige Backen/ oder
 Innenspannung innenstufige Backen]
- ; Weiche Futterbacken2: SpDx.x AdPx.x [FBx.x] (Backenfestlegung s. oben)
 Spanndurchmesser SpD kann bei
 Zylinder, Rohr oder N-Kant entfallen.
 Ausdrehposition AdP in Backenmitte
 als prozentuale Angabe zwischen 5 %
 und 95 % der Backengesamthöhe bis zu
 der die weichen Futterbacken bei Rohr
 oder Zylinder ausgedreht sind). FB ist
 die optionale angedrehte Fase der
 Backen.
- ; Greifer-Einspanntiefe2: ETxx.xx (Einspanntiefe des Werkstückes im Futter – Bei einer
 Zylinderspannung mit horizontalen Prismenbacken
 entfällt die Eingabe der Einspanntiefe)

Anmerkung:

Quaderförmige Rohteile oder Fräs-Fertigteile können mit Zwei-Backen-Greifern gegriffen werden.

Erweiterung des Einrichteblatts für die Werkstückhandhabung mit Werkstückmagazin und Werkstückpaletten

Definition Werkstückpalette

Unter einer Werkstückpalette verstehen wir eine in sich abgeschlossene Einlagerungseinheit für ein oder mehrere Werkstücke. Eine Werkstückpalette gibt es in unterschiedlichen Formen und auch für unterschiedliche Anwendungen. Standardwerkstückpaletten haben i. A. eine Stapelkistenform und es gibt sie mit geschlossenen Seiten und Boden sowie mit einer Inneneinteilung mit vorgegebenen Werkstück-Positionen und -Ausrichtungen. Von der geschlossenen Bauweise geht der aktuelle Entwicklungstrend in Richtung einer stabilen Drahtgitterkonstruktion mit Werkzeugpositionen und einer Klemm-Möglichkeit der Werkstücke an Ihren Positionen für einen direkten Weitertransport zu Werkstückreinigungsanlagen oder zur Qualitätsendkontrolle.

Die Werkstückpaletten gibt es standardmäßig zur Aufnahme von

- Z. zylindrischen Werkstücken und Formwerkstücken mit zylindrischem Anteil mit vertikaler oder horizontaler Ausrichtung der Rotationsachse in der Palette
- Q. quaderförmigen Werkstücken und Formwerkstücken mit rechteckigem Grundflächenanteil
- F. Freiformwerkstücken
- S. als Sonderpaletten (z. B. mit Nullpunktspannsystem für Palettenwechsler)

Die Paletten der Typen Z, Q und F können in ihrer Größe und Werkstückanzahl festgelegt werden.

Die Sonderpaletten werden geometrisch mit ihren Werkzeugeinsatzpositionen und Einsetzrichtungen durch eine 3D-Geometrie-Datei beschrieben.

Definition Werkstückmagazin

Unter einem Werkstückmagazin verstehen wir ein (z. B. tischförmiges) Ablagesystem für mehrere Werkstückpaletten für Werkstückrohnteile und Fertigteile an vorgegebenen Ansetzpositionen und Ansetzrichtungen für die Paletten. Ein Werkstückmagazin hat einen Magazin-Nullpunkt und ein zugehöriges Koordinatensystem. Bei zu großem geometrischem Unterschied zwischen Rohteil und Fertigteil müssen für diese Werkstücke unterschiedliche Be- und Entladepaletten verwendet werden.

Ein Magazin wird einem Arbeitszellenbereich bei oder auch vor einer CNC-Maschine zugeordnet. Die Nullpunkte der beiden Systeme sind durch eine Verschiebung und Drehung miteinander verbunden.

Der Transport der Werkstücke zwischen Werkstückmagazin und CNC-Maschine erfolgt mit Hilfe von Handhabungsrobotern.

Für Ausbildungszwecke wird ein einfaches Werkzeugmagazin wird z. B. aus einem **Bereitstellungstisch** gebildet, auf dem die Werkstück-Rohteil- und -Fertigteilpaletten abgelegt werden.

Geometriedefinition der Werkstückpaletten

Die Grundform der vorstehenden Paletten Z, Q und F ist eine quaderförmige, i. A. stapelbare Palette mit vorgebbaren Außenmaßen und einer an die Anwendungen Z, Q oder F angepassten Inneneinteilung.

Diese Paletten sind konfigurierbar in ihrer Größe (Abmessungen in X, Y, Z), der Zahl der Werkstückablagepositionen $n = NX * NY$, der geometrischen Anordnung dieser Positionen in Matrixform mit Anzahl NX und Abstand DX in X-Richtung sowie Anzahl NY und Abstand DY in Y-Richtung, der Werkstück-Hüllform (Zylinder LD oder Quader LX x LY und der Höhe LZ in beiden Fällen), der Einsetzrichtung der Werkstücke in den Positionen der Palette und der Höhe des Füllstoffes HZ mit den Werkstück-Hüllform-Aussparungen.

Dialogaufbau des Werkstückmagazins

Nach der Auswahl eines Werkstückmagazins kann dieses mit Werkstückpaletten mit Rohteilen und optional auch mit leeren Fertigteilpaletten aufgefüllt werden. Diese Werkstückpaletten können in dem ausgewählten Werkstück-Magazin an einer ausgewählten Paletten-Ansetzposition angesetzt und mit XPOS, YPOS, ZPOS bezüglich dieser verschoben und um die drei Winkel AR, BR, CR gedreht werden. An **einer** Magazin-Ansetzposition können auch mehrere Werkstückpaletten angesetzt, verschoben und gedreht werden (beschränkt nur durch den zur Verfügung stehenden Platz).

Neben standardisierten Werkstückpaletten „WP XxYxZ“ mit vorgegebener Größe in X, Y, Z - Schlüsselwort „Werkstückpalette“ - können Werkstückpaletten auch 3D-mäßig definiert und mit Werkstückablagepositionen versehen werden. Diese Werkstückpaletten werden mit Ihrem Dateinamen ausgewählt.

Für die Entnahme von Rohteilen (Standardteile oder vorgefertigte Teile) aus Werkstückmagazinpaletten und die Ablage der gefertigten Werkstücke in den Paletten mit den Werkstück-Einspannausrichtungen AM, BM, CM können diese Paletten im Einrichtedialog vorgegeben werden.

Dabei können für die Ablage der Werkstücke im Magazin auch mehrere verschiedene Werkstücke definiert werden, mit denen unterschiedliche Werkstückpaletten bestückt werden können.

Einrichteblatte-Erweiterung um die Werkstückmagazine

Magazinbelegung im Einrichteblatt

; Werkstückpalette 1
; Werkstück-Magazin:
"Magazin/Werkstückpalette/WP 400x800x135" NX2 NY5 DX140 DY150 HZ40 LD120
; Paletten-Ansetzpositionsnummer im Magazin: APN1
; Palettenposition: XPOS-275 YPOS-100 ZPOS250
; Palettenausrichtung: AR45
; Werkstück-Einsetzausrichtung: BM90
; Bestückt mit Werkstück: 1
;
;
; Werkstückpalette 2
; Werkstück-Magazin:
"Magazin/ Werkstückpalette/WP 800x500x100" NX5 NY3 DX100 DY110 HZ30 LD100
; Palettenposition: XPOS275 YPOS0 ZPOS200
; Palettenausrichtung: AR90 BR90
; Werkstück-Einsetzausrichtung: BM-90
; Bestückt mit Werkstück: 3
;
;
; Werkstückpalette 3
; Werkstück-Magazin: "Magazin/Werkstückpalette/WP Dateiname"
; Palettenposition: XPOS905 YPOS0 ZPOS100
; Werkstück-Einsetzausrichtung: AM-90
; Bestückt mit Werkstück: 2