

# PAL 2019 Programmiersystem Fräsen – Programmieranleitung

30.10.2019

Unverändert: Schwarz **Neue Zyklen/Messen: Blau** **Veränderte Zyklen: Grün** **Nicht verfügbar: Rot**

## Wegbefehle

G0	Verfahren im Eilgang (Eilganglogik entfernt)
G1	Linearinterpolation im Arbeitsgang
G2	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn (Korrektur PAL2007 um fehlende Programmialternative)
G3	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn (Siehe G02)
G4	Verweilzeit
G5	Setzen der Verschleißkorrekturwerte
G6	Modale Adressen der Werkzeugwechselfunktanfahrt
G7	Elementarer Messbefehl: In Abschnitt In-Prozess-Messen
G8	Elementare Messzyklen: In Abschnitt In-Prozess-Messen
G9	Genauhalt
G10	Verfahren im Eilgang in Polarkoordinaten
G11	Linearinterpolation im Arbeitsgang in Polarkoordinaten
G12	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn mit Polarkoordinaten
G13	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn mit Polarkoordinaten
G14	Werkzeugwechselfunkt anfahren (Übertragung von PAL-Programmen auf konkrete Maschinen)
G15	Sonderbearbeitungsebene der direkten Programmierung aller NC-Achsen
G16	Inkrementelle Drehung der Bearbeitungsebene
G17	Ebenenwahl 2,5D-Bearbeitung (Standardebene)
G18	Ebenenwahl 2,5D-Bearbeitung (Standardebene)
G19	Ebenenwahl 2,5D-Bearbeitung (Standardebene)
G20	Linearinterpolation im Eilgang in allen NC-Achsen (in G15)
G21	Linearinterpolation im Arbeitsgang in allen NC-Achsen (in G15)
G22	Unterprogrammaufruf
G23	Programmteilwiederholung
G24	Modale Zyklusadressen für PAL-Fräszyklen
G25	noch frei
G26	Mess-Taster-Kalibrierzyklus: In Abschnitt In-Prozess-Messen
G27	Modale Zyklusadressen Messen: In Abschnitt In-Prozess-Messen
G28	Toleranzwertadressen: In Abschnitt In-Prozess-Messen
G29	Bedingte und unbedingte Programmsprünge
G30	belegt beim Drehen
G31	belegt beim Drehen
G32	belegt beim Drehen
G33	belegt beim Drehen
G34	Eröffnung Konturtaschenzyklus mit Vorbohren
G35	Schrupptechnologie des Konturtaschenzyklus (HSC-Fräsen)
G36	Restmaterialschrupp-Technologie Konturtaschenzyklus (HSC-Fräsen)
G37	Schlicht-Technologie Konturtaschenzyklus mit Fasen und Stufen
G38	Konturbeschreibung Konturtaschenzyklus
G39	Aufruf/Abschluss Konturtaschenzyklus
G40	Abwahl der Fräser/Schneidenradiuskorrektur
G41	Anwahl der Fräser/Schneidenradiuskorrektur links
G42	Anwahl der Fräser/Schneidenradiuskorrektur rechts
G43	noch frei

G44	noch frei
G45	Lineares tangenciales An- oder Abfahren an eine Kontur
G46	Tangenciales An- oder Abfahren an eine Kontur im Viertelkreis
G47	Tangenciales An- oder Abfahren an eine Kontur im Halbkreis
G48	noch frei
G49	Konturfräsen
G50	Aufheben von inkrementellen Nullpunktverschiebungen und Drehungen
G51	Einstellbare Nullpunkte setzen (zur Übernahme gemessener Nullpunkte)
G52	noch frei
G53	Alle Nullpunktverschiebungen und Drehungen aufheben
G54 - G57	Einstellbare Nullpunkte aktivieren
G58	Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung polar und Drehung
G59	Absolute / inkrementelle Nullpunktverschiebung kartesisch und Drehung
G60	noch frei
G61	Linearinterpolation für Konturzüge
G62	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge
G63	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge
G64	noch frei
G65	Makro-Aufruf (für Parameterprogrammierung)
G66	Spiegeln
G67	Skalieren
G68	noch frei
G69	Mehrkant Fräsen (auf Kreisfläche Freistellen)
G70	Umschalten auf Maßeinheit Zoll (inch)
G71	Umschalten auf Maßeinheit Millimeter (mm)
G72	Rechtecktasche mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G73	Kreistasche/-zapfen mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G74	Nutzzyklus mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G75	Kreisbogennut mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G76	Bohrbild Gerade, Rahmen, Gitter
G77	Mehrfachzyklus auf einem Teilkreis oder mehreren konzentrischen Teilkreisen
G78	Zyklusaufruf an einem Punkt mit Polarkoordinaten
G79	Zyklusaufruf an einem Punkt
G80	Abschluss einer Kontur bei Zyklen (Konturtasche und Konturfräsen)
G81	Bohrzyklus mit In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G82	Tiefbohrzyklus mit Spanbruch mit In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G83	Tiefbohrzyklus mit Spanbruch und Entspannen mit In-Prozess-Mess-Erweiter.
G84	Gewindebohrzyklus
G85	Reibzyklus mit In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G86	Ausdrehzyklus mit In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G87	Bohrfräszyklus mit In-Prozess-Mess-Erweiterungen
G88	Innengewindefräszyklus
G89	Außengewindefräszyklus
G90	Absolutmaßangabe
G91	Kettenmaßangabe
G92	belegt beim Drehen
G94	Millimetervorschub mm/min
G95	Umdrehungsvorschub mm/U
G96	Konstante Schnittgeschwindigkeit m/min
G97	Konstante Drehzahl U/min
M06	Werkzeugwechsel mit M06

## **Mehrkanalprogrammierung und Werkstückhandhabung**

Werkstückhandhabung mit Robotern

M-Befehle zur Werkstückhandhabung

- G98 WAIT- und NOWAIT-Synchronisationsmarken (PAL2007)
- G99 Kanalwechsel im Mehrkanalprogramm (PAL2007)

## **In-Prozess-Messen**

- G07 Elementarer Messbefehl für eine Berührungspositionsmessung
- G08 Elementare Messzyklen
- G26 Mess-Taster-Kalibrierzyklus für Kalbrierringe und Kalibrierkugeln
- G27 Modale Zyklusadressen Messen
- G28 Toleranzwertadressen für Form- und Lageabweichungen

## **Parameterprogrammierung**

Allgemeine Grundlagen

Systemparameter

Rechenoperationen

Allgemeine geometrische Grundlagen

Arithmetische und Logische Ausdrücke

Logische Anweisungen mit Verzweigungen IF und Schleifen DO, DO

WHILE

- G65 Makro-Aufruf (Macro call)

## **Einrichteblatterweiterungen**

Einrichteblattsyntax-Erweiterungen für Werkstückhandhabung:

Erweiterung um Werkstückmagazine für Rohteile und Fertigteile

## G0 Linearinterpolation im Eilgang

Das Werkzeug verfährt im Eilgang mit größtmöglicher Geschwindigkeit mit Linearinterpolation der Wegstrecke auf den mit X, Y und Z programmierten Zielpunkt. Der Eilgang endet mit einem Genauhalt.

G0 X/XI/XA Y/YI/YA Z/ZI/ZA F S M TC TR TL

### Optional:

X /XI /XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17)
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y/YI /YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17)
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z /ZI /ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (3. Geometrieachse G17)
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
F	Vorschub
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen
TC	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuswertes
TL	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur

Bei der Eilgangbewegung werden **alle** Koordinatenachsen interpolierend verfahren. **Die früher übliche Eilganglogik wird bei PAL2019 nicht mehr verwendet!**

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

## G0 mit Punkt-Richtungs-Programmierung für 5-Achs-Bearbeitungszentren und Werkstück-Handhabungsroboter (Tool-Tip-Control)

Bei der Punkttrichtungs-Programmierung kann zu der Eilgang-Bewegung in den drei Linearachsen auf den Zielpunkt mit den beiden Rundachsen der Maschine auch eine Werkzeugrichtung im Zielpunkt mit Hilfe der 3 Vektorkomponenten XR, YR, ZR und einer zusätzlichen optionalen Orientierung der (nicht rotierenden) Werkzeugspindel mit dem Winkel AE im aktuellen Werkstückkoordinatensystem programmiert werden. Die Werkzeugrichtung ist definiert als Richtung vom Werkzeugschneidenpunkt (Verfahrenspunkt) zum Werkzeugansatzpunkt und stimmt daher mit der Werkzeugspindelachse überein.

Ausgehend von der aktuellen Werkzeugrichtung im Startpunkt werden die kontinuierlich eingestellten Zwischenrichtungen auf dem Weg zum Endpunkt mit der im NC-Satz programmierten Werkzeugrichtung XR, YR, ZR so berechnet, dass alle Zwischenrichtungen in der vom Startrichtungs- und Endrichtungsvektor aufgespannten Richtungsebene liegen (Bewegung der Zwischenrichtungsvektoren entlang eines Großkreises auf der Kugeloberfläche der normierten Richtungsvektoren), wobei die Endrichtung mit dem **kleineren** der beiden Winkelintervalle in der

Richtungsebene angefahren wird. Die Richtungen dieses Winkelintervalls werden bei der Linearachsbewegung im Eilgang von der aktuellen Werkzeugrichtung im Startpunkt gleichmäßig mit der Bewegung in den Linearachsen in die Endrichtung im Endpunkt eingestellt. Zu den dabei simultan mit den Linearachsen eingestellten Richtungen werden von der Steuerung auch die zugehörigen Achswerte der Rundachsen berechnet und gegebenenfalls der Eilgangvorschub reduziert, wenn der Winkelvorschub in einer beteiligten Rundachse dabei größer als der konfigurierte maximale Winkelvorschub dieser Rundachse werden würde.

Die Punkttrichtungs-Programmierung wird an dem Vorhandensein **einer** der Vektoradressen XR, YR oder ZR erkannt. Die Programmierung der Nullvektorkomponenten XR0, YR0 und ZR0 wird als Richtungseingabe ignoriert (dies ist auch die Vorbelegung bei Nicht-Programmierung dieser Komponenten). Siehe Abschnitt „Allgemeine geometrische Grundlagen zur Werkstückhandhabung“.

Die Greifer-Richtungs-Programmierung wird an dem Vorhandensein **einer** der Vektoradressen XN, YN oder ZN erkannt. Die Programmierung der Nullvektorkomponenten XN0, YN0 und ZN0 wird ignoriert (dies ist auch die Vorbelegung bei Nicht-Programmierung dieser Komponenten). Die Adressen der Greiferorientierung und der Spindelorientierungswinkel AE **sind nicht selbsthaltend** (Vorbelegung 0).

G0 *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI XR YR ZR XN YN ZN AE F S M TC TR TL*

*Optional:*

X /XI /XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17)
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y/YI /YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17)
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z /ZI /ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (3. Geometrieachse G17)
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
XR	[0] 1. Komponente des Werkzeugrichtungsvektors in Werkstückkoordinaten
YR	[0] 2. Komponente des Werkzeugrichtungsvektors in Werkstückkoordinaten
ZR	[0] 3. Komponente des Werkzeugrichtungsvektors in Werkstückkoordinaten
XN	[0] 1. Komponente der Richtung der Greifer-Null-Lage in Werkstückkoordinaten
YN	[0] 2. Komponente der Richtung der Greifer-Null-Lage in Werkstückkoordinaten
ZN	[0] 3. Komponente der Richtung der Greifer-Null-Lage in Werkstückkoordinaten
AE	[0] Winkel der Greifer-/Werkzeugspindelorientierung bezogen auf die Null-Lage bei nicht rotierender Spindel
F	Vorschub
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen
TC	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuswertes
TL	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur

**Hinweise:**

Bei einem Verfahrssatz **mit Linearachsbewegungsanteil** und einer Änderung der Werkzeugrichtung durch Programmierung des Richtungsvektors wird ausgehend von der aktuellen Werkzeugrichtung in der Bewegungsstartposition auf dem Weg der Linearachsen in den programmierten Endpunkt des linearen Bewegungsanteils, die neue Werkzeugrichtung gleichmäßig in allen erforderlichen Rundachsen in die Rundachs-Endpunktlage der programmierten neuen Werkzeugrichtung mit verfahren, so dass sie **im Endpunkt** die programmierte Werkzeugspindelrichtung hat. Bei größeren Richtungsänderungen muss dabei die Vorschubgeschwindigkeit in den Linearachsen von der CNC-Steuerung reduziert werden, da die Rundachsen sonst nicht folgen können (deshalb die Forderung nach hochdynamischen Maschinen für diese Bearbeitungsmethoden).

Enthält der Verfahrssatz **keinen linearen Bewegungsanteil** wird mit dem maximalen Winkel-Vorschub der Rundachse mit dem größten Quotienten Winkelgradstrecke/maximale Winkelgeschwindigkeit (unter Verwendung der konfigurierten maximalen Achswinkelgeschwindigkeiten der Maschinenkonfiguration) die neue Richtung in allen Achsen **an der aktuellen Position** eingeschwenkt.

Die einmal eingestellte Werkzeugrichtung jedoch ist selbsthaltend und bleibt solange bestehen bis sie in G0 oder G1 mit der Programmierung von XR, YR, ZR (nicht alle gleich null) verändert wird oder mit einer neuen Ebenenanwahl auf die Standard-Zustellrichtung dieser Ebene zurückgesetzt wird.

**Man beachte**, dass mit dieser Selbthaltefunktion der zuletzt eingestellten Werkzeugrichtung **alle weiteren Bearbeitungen** (wie Kreisbogenbewegungen G2, G3, Bearbeitungszyklen, etc.) mit dieser Werkzeugrichtung ausgeführt werden. Da dies i.a. nicht gewünscht sein wird, muss die Werkzeugrichtung mit G0 oder G1 wieder in die Standardrichtung der Bearbeitungsebene zurückgeschwenkt werden.

Das Zurücksetzen der Werkzeugorientierung kann in den Bearbeitungsebenen mit  
G17: G0 (XR0 YR0) ZR1, G18: G0 (XR0) YR1 (ZR0) G19: G0 XR1 (YR0 ZR0)  
programmiert werden, wobei die eingeklammerten Adressen mit Wert null wegen der Vorbelegung nicht programmiert werden müssen.

## G1 Linearinterpolation im Arbeitsgang

Das Werkzeug verfährt linear mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit auf den programmierten Zielpunkt.

G1 *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI D AS RN H F E FW S M TC TR TL*

### *Optional:*

X /XI /XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17)
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y/YI /YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17)
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z /ZI /ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (3. Geometrieachse G17)
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
D	Länge der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene (D positiv)
AS	Anstiegswinkel der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene bezogen auf die positive, erste Geometrieachse (G17: X, G18:Z, G19:Y)
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
FW	Winkelvorschub im Grad/min bei Bewegungen ohne linearem Anteil
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen
TC	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR	inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuswertes
TL	inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur

Es können maximal zwei der vier Geometrieadressen X, Y, D, AS programmiert werden. Die Koordinaten-Selbsthaltefunktion 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).

Bei der Bewegung werden alle Koordinaten interpolierend verfahren. Werden im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung TC, TR, TL, 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 Verfahrsatzes ausgeführt.

## G1 mit Punkt-Richtungs-Programmierung für 5-Achs-Bearbeitungszentren und Werkstück-Handhabungsroboter (Tool-Tip-Control)

Bei der Punkttrichtungs-Programmierung kann zu der Bewegung in den drei Linearachsen auf den Zielpunkt mit den beiden Rundachsen der Maschine auch eine Werkzeugrichtung im Zielpunkt mit Hilfe der 3 Vektorkomponenten XR, YR, ZR und einer zusätzlichen optionalen Orientierung der (nicht rotierenden) Werkzeugspindel mit dem Winkel AE im aktuellen Werkstückkoordinatensystem programmiert werden. Die Werkzeugrichtung ist definiert als Richtung vom Werkzeugschneidepunkt (Verfahrpunkt) zum Werkzeugansatzpunkt und stimmt daher mit der Werkzeugspindelachse überein.

Ausgehend von der aktuellen Werkzeugrichtung im Startpunkt werden die kontinuierlich eingestellten Zwischenrichtungen auf dem Weg zum Endpunkt mit der im NC-Satz programmierten Werkzeugrichtung XR, YR, ZR so berechnet, dass alle Zwischenrichtungen in der vom Startrichtungs- und Endrichtungsvektor aufgespannten Richtungsebene liegen (Bewegung der Zwischenrichtungsvektoren entlang eines Großkreises auf der Kugeloberfläche der normierten Richtungsvektoren), wobei die Endrichtung mit dem **kleineren** der beiden Winkelintervalle in der Richtungsebene angefahren wird. Die Richtungen dieses Winkelintervalls werden bei der Linearachsbewegung im programmierten Vorschub von der aktuellen Werkzeugrichtung im Startpunkt gleichmäßig mit der Linearbewegung in die Endrichtung im Endpunkt eingestellt. Zu den dabei simultan mit den Linearachsen eingestellten Richtungen werden von der Steuerung auch die zugehörigen Achswerte der Rundachsen berechnet und gegebenenfalls der Linearvorschub reduziert, wenn der Winkelvorschub in einer beteiligten Rundachse dabei größer als der konfigurierte maximale Winkelvorschub dieser Rundachse werden würde.

Die Punkttrichtungs-Programmierung wird an dem Vorhandensein **einer** der Vektoradressen XR, YR oder ZR erkannt. Die Programmierung der Nullvektorkomponenten XR0, YR0 und ZR0 wird als Richtungseingabe ignoriert (dies ist auch die Vorbelegung bei Nicht-Programmierung dieser Komponenten). Siehe Abschnitt „Allgemeine geometrische Grundlagen zur Werkstückhandhabung“.

Die Greifer-Richtungs-Programmierung wird an dem Vorhandensein **einer** der Vektoradressen XN, YN oder ZN erkannt. Die Programmierung der Nullvektorkomponenten XN0, YN0 und ZN0 wird ignoriert (dies ist auch die Vorbelegung bei Nicht-Programmierung dieser Komponenten). Die Adressen der Greiferorientierung und der Spindelorientierungswinkel AE **sind nicht selbsthaltend** (Vorbelegung 0).

G1 X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI XR YR ZR XN YN ZN AE F E FW S M TC TR TL

*Optional:*

X /XI /XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17)
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y/YI /YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17)
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z /ZI /ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (3. Geometrieachse G17)
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
XR	[0] 1. Komponente des Werkzeugrichtungsvektors in Werkstückkoordinaten
YR	[0] 2. Komponente des Werkzeugrichtungsvektors in Werkstückkoordinaten
ZR	[0] 3. Komponente des Werkzeugrichtungsvektors in Werkstückkoordinaten

XN	[0]	1. Komponente der Richtung der Greifer-Null-Lage in Werkstückkoordinaten
YN	[0]	2. Komponente der Richtung der Greifer-Null-Lage in Werkstückkoordinaten
ZN	[0]	3. Komponente der Richtung der Greifer-Null-Lage in Werkstückkoordinaten
AE	[0]	Winkel der Greifer-/Werkzeugspindelorientierung bezogen auf die Null-Lage bei nicht rotierender Spindel
F		Vorschub
E		Feinkonturvorschub für Übergangselemente
FW		Winkelvorschub im Grad/min bei Bewegungen ohne linearem Anteil
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen
TC		Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR		inkrementelle Veränderung Werkzeugradiuswertes
TL		inkrementelle Veränderung Werkzeuglängenkorrektur

### Hinweise:

Bei einem Verfahrssatz **mit Linearachsbewegungsanteil** und einer Änderung der Werkzeugrichtung durch Programmierung des Richtungsvektors wird ausgehend von der aktuellen Werkzeugrichtung in der Bewegungsstartposition auf dem Weg der Linearachsen in den programmierten Endpunkt des linearen Bewegungsanteils, die neue Werkzeugrichtung gleichmäßig in allen erforderlichen Rundachsen in die Rundachs-Endpunktlage der programmierten neuen Werkzeugrichtung mit verfahren, so dass sie **im Endpunkt** die programmierte Werkzeugspindelrichtung hat. Bei größeren Richtungsänderungen muss dabei die Vorschubgeschwindigkeit in den Linearachsen von der CNC-Steuerung reduziert werden, da die Rundachsen gegebenenfalls nicht folgen können (deshalb die Forderung nach hochdynamischen Maschinen für diese Bearbeitungsmethoden).

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 in der Richtungsebene angefahren wird. In diesem Fall wird die Winkeländerung in der Richtungsebene mit dem Winkelvorschub FW eingestellt. Dabei wird der Winkelvorschub reduziert, wenn der Winkelvorschub in einer beteiligten Rundachse dabei größer als der konfigurierte maximale Winkelvorschub dieser Rundachse werden würde.

Die einmal eingestellte Werkzeugrichtung jedoch ist selbsthaltend und bleibt solange bestehen bis sie in G0 oder G1 mit der Programmierung von XR, YR, ZR (nicht alle gleich null) verändert wird oder mit einer neuen Ebenenanwahl auf die Standard-Zustellrichtung dieser Ebene zurückgesetzt wird.

**Man beachte**, dass mit dieser Selbthaltefunktion der zuletzt eingestellten Werkzeugrichtung **alle weiteren Bearbeitungen** (wie Kreisbogenbewegungen G2, G3, Bearbeitungszyklen, etc.) mit dieser Werkzeugrichtung ausgeführt werden. Da dies i.a. nicht gewünscht sein wird, muss die Werkzeugrichtung mit G0 oder G1 wieder in die Standardrichtung der Bearbeitungsebene zurückgeschwenkt werden.

Das Zurücksetzen der Werkzeugorientierung kann in den Bearbeitungsebenen mit G17: G0 (XR0 YR0) ZR1, G18: G0 (XR0) YR1 (ZR0) G19: G0 XR1 (YR0 ZR0) programmiert werden, wobei die eingeklammerten Adressen mit Wert null wegen der Vorbelegung nicht programmiert werden müssen.

## G2 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn

Das Werkzeug verfährt mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen der Bearbeitungsebene im Uhrzeigersinn auf den programmierten Endpunkt.

Zur Bestimmung des Kreisbogens gibt es die Möglichkeiten:

- Endpunkt - Mittelpunkt
- Endpunkt - Radius
- Endpunkt - Öffnungswinkel
- Mittelpunkt - Öffnungswinkel

Wird außerdem ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse 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.

G2 *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI I/IA J/JA R AO RN O F E S M*

### *Optional:*

X /XI /XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17)
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y/YI /YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17)
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z /ZI /ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (3. Geometrieachse G17)
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
I /IA	X-Mittelpunktkoordinateneingabe in G17, G18
I	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
IA	X-Mittelpunktcoordinate absolute Werkstückkoordinateneingabe
J /JA	Y-Mittelpunktkoordinateneingabe in G17, G19
J	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
JA	Y-Mittelpunktcoordinate absolute Werkstückkoordinateneingabe
R	Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium
R+	kürzerer Bogen
R-	längerer Bogen
AO	Öffnungswinkel      AO ist nur positiv zugelassen, da die Kreisorientierung mit G2 oder G3 festgelegt wird.
RN	[0] Übergangselement zum nächsten Konturelement
RN+	Verrundungsradius
RN-	Fasenbreite
O	[1] Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium
O1	kürzerer Bogen
O2	längerer Bogen
F	Vorschub
E	Feinkonturvorschub für Übergangselemente
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen

Satzalternativen:

G2	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI	I/IA	J/JA			RN	O	F	E	S	M
G2	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI	J/JA	I/IA			RN	O	F	E	S	M
G2	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI			R		RN	O	F	E	S	M
G2	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI				AO	RN	O	F	E	S	M
G2			Z/ZA/ZI	I/IA	J/JA		AO	RN	O	F	E	S	M

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

Bei der Programmierung des Kreismittelpunktes ist zu beachten, dass eine nicht programmierte Mittelpunktkoordinate den inkrementellen Wert null als Vorbelegung erhält. Die Lösungsauswahl wird mit der Adresse O des Bogenlängenkriteriums programmiert. Wird dabei auch eine zweite Endpunktkoordinate programmiert, so muss deren Wert zu genau einer der möglichen Lösungen passen. 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.

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).

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

## G3 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn

Das Werkzeug verfährt mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen der Bearbeitungsebene entgegen dem Uhrzeigersinn auf den programmierten Endpunkt.

Zur Bestimmung des Kreisbogens gibt es die Möglichkeiten:

- Endpunkt - Mittelpunkt
- Endpunkt - Radius
- Endpunkt - Öffnungswinkel
- Mittelpunkt - Öffnungswinkel

Wird außerdem ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse 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.

G3 *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI I/IA J/JA R RN O F E S M*

### *Optional:*

X /XI /XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17)
X	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
XI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
XA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Y/YI /YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17)
Y	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
YI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
YA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Z /ZI /ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (3. Geometrieachse G17)
Z	absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
ZI	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
I /IA	X-Mittelpunktkoordinateneingabe in G17, G18
I	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
IA	X-Mittelpunktcoordinate absolute Werkstückkoordinateneingabe
J /JA	Y-Mittelpunktkoordinateneingabe in G17, G19
J	inkrementelle Koordinateneingabe von der aktuellen Werkzeugposition
JA	Y-Mittelpunktcoordinate absolute Werkstückkoordinateneingabe
R	Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium
R+	kürzerer Bogen
R-	längerer Bogen
AO	Öffnungswinkel      AO ist nur positiv zugelassen, da die Kreisorientierung mit G2 oder G3 festgelegt wird.
RN	[0] Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium
RN+	kürzerer Bogen
RN-	längerer Bogen
O	[1] Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium
O1	kürzerer Bogen
O2	längerer Bogen
F	Vorschub
E	Feinkonturvorschub für Übergangselemente
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen

Satzalternativen:

G3	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI	I/IA	J/JA			RN	O	F	E	S	M
G3	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI	J/JA	I/IA			RN	O	F	E	S	M
G3	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI			R		RN	O	F	E	S	M
G3	X/XA/XI	Y/YA/YI	Z/ZA/ZI				AO	RN	O	F	E	S	M
G3			Z/ZA/ZI	I/IA	J/JA		AO	RN	O	F	E	S	M

Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunktkoordinate der Bearbeitungsebene nur dann verwendet, wenn dies für die Bestimmung des Konturelements notwendig ist. Die Selbsthaltefunktion für beide Endpunktkoordinaten der Bearbeitungsebene erzeugt bei der Programmierung des Mittelpunktes eine Vollkreisbewegung und bei der Programmierung des Kreisradius oder des Öffnungswinkels ohne Mittelpunktskoodinaten eine Nullbewegung.

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

Bei der Programmierung des Kreismittelpunktes ist zu beachten, dass eine nicht programmierte Mittelpunktkoordinate den inkrementellen Wert null als Vorbelegung erhält. Die Lösungsauswahl wird mit der Adresse O des Bogenlängenkriteriums programmiert. Wird dabei auch eine zweite Endpunktkoordinate programmiert, so muss deren Wert zu genau einer der möglichen Lösungen passen. Das Bogenlängenkriterium ist dann ohne Bedeutung.

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

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).

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

## G5 Setzen der Verschleißkorrekturwerte

Mit diesem Befehl kann für ein Werkzeug T und dessen Korrekturwert TC eine inkrementelle Verschleißkorrektur berücksichtigt werden.

G5 T *TC VR VX VY VZ RK ZK IT IN*

Obligat:

T Werkzeugnummer

*Optional: Inkrementell wirkende Verschleißkorrekturwerte*

TC [1] Verschleißkorrekturwertregisternummer

VR [0] Radius-Verschleißkorrekturwert

VX [0] X-Verschleißkorrekturwert -bei Drehwerkzeugen mit orientiertem Spindelhalt

VY [0] Y-Verschleißkorrekturwert -bei Drehwerkzeugen mit orientiertem Spindelhalt

VZ [0] Z-Verschleißkorrekturwert

RK [0] maximal zulässiger Betrag des Radius-Verschleißkorrekturwerts

ZK [0] maximal zulässiger Betrag des Z-Verschleißkorrekturwerts

IT [0] Parameternummer des Parameters mit der Werkzeugnummer des den Verschleiß erzeugenden Werkzeugs (z. B: Werkzeugaufruf mit T=P(IT) )

IN [0] Nummer des Schwesterwerkzeugs (Schwesterwerkzeugaufruf mit T=P(IN) )

### Inkrementelle Verschleißkorrekturwerte

Mit G5 werden die programmierten Verschleißkorrekturwerte zu den aktuellen Verschleißkorrekturwerten hinzu addiert.

### Schwesterwerkzeugsteuerung:

Im Fall, dass der Betrag des Verschleißes in R oder in Z die Betragsmaxima RK oder ZK übersteigt wird für  $IT > 0$  und  $IN > 0$  ein Schwesterwerkzeug T definiert durch  $P(IT) = IN$  und  $T=P(IT)$ .

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

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

## G6 Modale Adressen der Werkzeugwechsellpunktanfahrt

Zu den Koordinaten eines Werkzeugwechsellpunktes der Maschinenkonfiguration in absoluten Maschinenkoordinaten können mit diesem G-Befehl zwei Zwischenpunkte in absoluten Maschinenkoordinaten definiert werden, deren Achswerte zur Festlegung einer Zwischenpunktfolge bei der Anfahrt auf den Werkzeugwechsellpunkt mit G14 angefahren werden können.

Zusätzlich kann eine inkrementelle Rückzugsbewegung vor der eigentlichen Anfahrt des Werkzeugwechsellpunktes als Voreinstellwert für G14 vorgegeben werden.

G6 *XT YT ZT XO YO ZO AO BO CO DO VO YT ZT AT BT CT DT VT*

### *Optionale Adressen:*

#### **Inkrementelle Freifahrbewegungen in X, Y und Z am Werkstück**

XT	[100]	Freifahrlänge in X beim Drehen (maximale Auskraglänge in X)
	[0]	Freifahrlänge in X beim Fräsen
YT	[0]	Freifahrlänge in Y
ZT	[180]	Freifahrlänge in Z (maximale Werkzeuglänge/Auskraglänge in Z)
		<b>1. Anfahr-Zwischenpunkt</b> (Voreinstellung speziell für Fräsen/Plandrehen)
XO	[0]	X-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
YO	[0]	Y-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
ZO	[*]	Z-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes * Voreinstellung = maximaler Z-Wert des Verfahrbereichs
AO	[0]	A-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
BO	[0]	B-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
CO	[0]	C-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
VO	[0]	V-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes (Gegenspindel-Z-Achse)
DO	[0]	D-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes (Gegenspindel-C-Achse)
		<b>2. Anfahr-Zwischenpunkt</b> (Voreinstellung speziell für Drehen)
XT	[*]	X-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes * Voreinstellung = maximaler X-Wert des Verfahrbereichs
YT	[0]	Y-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes
ZT	[0]	Z-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes
AT	[0]	A-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes
BT	[0]	B-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes
CT	[0]	C-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes
VT	[0]	V-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes (Gegenspindel-Z-Achse)
DT	[0]	D-Wert des 2. Zwischenanfahrpunktes (Gegenspindel-C-Achse)
		<b>2. Werkzeugwechsellpunkt für Maschinen mit Doppel-WZ-Magazin</b>
XW	[0]	X-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
YW	[0]	Y-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
ZW	[*]	Z-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes * Voreinstellung = maximaler Z-Wert des Verfahrbereichs
AW	[0]	A-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
BW	[0]	B-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes
CW	[0]	C-Wert des 1. Zwischenanfahrpunktes

## G14 Konfigurierter Werkzeugwechsellpunkt mit Zwischenpunkten anfahren

Die in der praktischen CNC-Ausbildung geforderte Übersetzung der PAL-Programme in steuerungsspezifische Programme erfordert eine Anpassung bei der Anfahrt des Werkzeugwechsellpunktes an die unterschiedlichen Maschinen. Die alte PAL-G14-Festlegung kann dabei zu Kollisionen und Überschreitungen des Verfahrbereichs führen, wenn diese Anfahrt nicht universeller konfiguriert werden kann.

G14 [H] [XT] [YT] [ZT] [O] [Q]

### Optional:

H	[0]	Anfahrsteueradresse für die in G6 definierten inkrementellen Koordinaten XT, YT, ZT H0 : Inkrementelle Bewegung auf XT, YT, ZT in allen Achsen gleichzeitig. H1 : Inkrementelle Bewegung zuerst in den Koordinaten XT, YT und danach in ZT. H2 : Inkrementelle Bewegung zuerst in der Koordinaten ZT und danach in XT und ZT.
XT	[*]	Inkrementeller X-Rückzugswert (* Vorbelegungswert aus G6)
YT	[*]	Inkrementeller Y-Rückzugswert
ZT	[*]	Inkrementeller Z-Rückzugswert
O	[0]	Danach erfolgt eine Bewegung auf den konfigurierten Werkzeugwechsellpunkt der Maschine unter Zuhilfenahme der in G6 definierten Zwischenpunkte der Werkzeugwechsellpunktanfahrt Abspeichern der aktuellen Koordinatenposition und der Schwenkwinkel sowie der Nullpunkte in Parametern O0: Direkte Anfahrt des Werkzeugwechsellpunkts O1: 1. Variante Wechsellpunktanfahrt mit Zwischenpositionen aus G6 O2: 2. Variante Wechsellpunktanfahrt mit Zwischenpositionen aus G6 O3: 3. Variante Wechsellpunktanfahrt mit Zwischenpositionen aus G6 O4: 4. Variante Wechsellpunktanfahrt mit Zwischenpositionen aus G6 O5: 5. Variante Wechsellpunktanfahrt mit Zwischenpositionen aus G6 Diese Anfahrvarianten Oi, i>0, werden von G14 als Makro-Aufruf mit L=(Startnummer+O) aufgerufen. (Startnummer definiert im Makro)
Q	[0]	Rückfahrt des Werkzeugs Q0: Fahrt zum Werkzeugwechsellpunkt Q1: Rückfahrt zu der mit G14 zuvor verlassenen Bearbeitungsstartposition nur für Oi, i>0, im Rückfahrteil des des Zyklus Q2: Fahrt zum 2. Werkzeugwechsellpunkt (definiert mit G6)

Bei einer Schwenkachse im Werkzeugspindelkopf muss eine aktive eingeschwenkte Bearbeitungsebene zuvor ausgewählt werden.

Bei der Fahrt zum Werkzeugwechsellpunkt (Q0) werden die absoluten Achswerte X, Y, Z der mit XT, YT, ZT in Werkstückkoordinaten angefahrenen Rückzugsposition und die Rundachswerte von A/B, C sowie der aktuelle Nullpunkt abgespeichert und ein Steuerparameter auf den Wert 1 oder 2 (2. Werkzeugwechsellpunkt), d.h. Werkzeugwechsellpunkt angefahren, gesetzt. Dann werden das Maschinenkoordinatensystem angewählt, die Korrekturwerte ausgewählt und die aktuellen Koordinaten im Maschinenkoordinatensystem werden ebenfalls gespeichert und dann im Maschinenkoordinatensystem mit den Zwischenpunkten aus G6 auf den Werkzeugwechsellpunkt gefahren.

Beim Aufruf von G14 mit Q1 wird der abgespeicherte Punkt in Maschinenkoordinaten wieder angefahren, falls der Steuerparameter den Wert 1 oder 2 hat: andernfalls wird mit Fehlermeldung abgebrochen. Dieser Punkt wird bei der Rückfahrt mit den neuen Werkzeugkorrekturwerten und mit Zwischenpositionen aus G6 wieder angefahren, es werden dabei auch die Rundachsen wieder eingestellt, der alte Nullpunkt wieder aktiviert sowie der Steuerparameter auf null gesetzt.

## G15 Sonderbearbeitungsebene der direkten Programmierung aller NC-Achsen für Sonderbearbeitungen und Positionieraufgaben

In der Sonderbearbeitungsebene G15, aktiviert aus einer beliebigen Bearbeitungsebene G17/18/19 heraus, kann danach mit den Befehlen G20 und G21 die direkte Programmierung aller in einem Bearbeitungskanal einer Maschine vorhandenen NC-Achsen unter ihren Adressnamen in absoluten Achskoordinaten ausgeführt werden.

G15 O FL FW

*Optional:*

O	[0]	O0	Vorschubsteuerung mit der Länge des in den Linearachsen X, Y, Z programmierten Verfahrfahrwegs mit dem modal anstehenden Vorschub F in G94 oder G95 mit Mitführen der Rundachsen
		O>0 :	Achsnummer der den Vorschub steuernden Achse. Wird diese Achse nicht bewegt, so wird die nächste Achsnummer (modulo 6) verwendet. Die Achsnummernzuordnung in O ist: O1: X-Achse, O2: Y-Achse, O3: Z-Achse, O4: A-Achse, O5: B-Achse und O6: C-Achse. In Abhängigkeit vom Achstyp, Linear- oder Rundachse, wird FL oder FW verwendet.
FL	[1000]		Vorschub der angewählten Linearachse in mm/Min
FW	[180]		Vorschub der Rundachsen in Winkelgrad /Min

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

1. alle aktiven Drehungen und Nullpunktverschiebungen mit G58 und G59 werden aufgehoben
2. der in der Standardebene aktive Einstellbare Nullpunkt der Linearachsen X, Y, Z bleibt erhalten
3. nur die G-Befehle G20, G21 mit den Achswerten und mit den Adressen FL, FW, F, S, M können programmiert werden
4. das Programmieren einer Bearbeitungsebene mit G17, G18 oder G19 beendet die Sonderbearbeitungsebene

Beim Einschalten von G15 werden nach der Aufhebung der Verschiebungen und Drehungen die aktuellen Achskoordinatenpositionen der vorhandenen Achsen nicht verändert.

Die Programmierung einer Bearbeitungsebene G17, G18 oder G19 beendet die Sonderbearbeitungsebene und aktiviert die programmierte Bearbeitungsebene. **Vorsicht** beim Einschwenken der Achsen einer beliebigen Bearbeitungsebene (Einschwenken kann mit H3 unterdrückt werden).

Für eine anschließende Programmieraufgabe bei Werkstückhandhabungsaufgaben ist die Bearbeitungsebene im Allgemeinen neu anzuwählen. **Praktischer Hinweis:** Vor dem Verlassen von G15, sollten bei Handhabungsaufgaben die Rundachsen bereits in der ungefähren Richtung eingeschwenkt sein, die mit der ersten Bearbeitungsebenenwahlbefehl eingeschwenkt wird.

Die Anwendung von G15 ist das freie Programmieren aller Achsen insbesondere auch bei Teach-In-Anwendungen der Werkstückhandhabung: Manuelle Bewegungen in den Maschinenachsen im Jog-Mode der Maschine können so in NC-Programme übertragen werden oder auch direkt mit G20 oder G21 programmiert werden. Eine wichtige Anwendung dieser Bearbeitungsebene ist z.B. das Bewegen eines Werkstückhandhabungsautomaten in einem Kanal der Maschinensteuerung.

G15 ersetzt den Befehl der simultanen 5-Achsbearbeitung der PAL 2007-Frässteuerung  
G17/G18/G19 AB / AC / BC / A / B / C

## G20 Linearinterpolation im Eilgang in allen NC-Achsen

Es können alle vorhandenen Linear- und Rundachsen der Maschine in absoluten Koordinaten im Eilgang verfahren werden.

G20 X Y Z A B C FL FW S M O

### *Optional:*

X	Linearachse in X-Richtung
Y	Linearachse in Y-Richtung
Z	Linearachse in Z-Richtung
A	Maschinen-Rundachse mit Drehung um die X-Achsenrichtung
B	Maschinen-Rundachse mit Drehung um die Y-Achsenrichtung
C	Maschinen-Rundachse mit Drehung um die Z-Achsenrichtung
CS	Drehung um die Werkzeugspindelachse oder 6. Roboterachse
FL	Vorschub von Linearachsen in mm/min
FW	Vorschub von Rundachsen in Winkelgrad/min
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Maschinenfunktionen
	Voreinstellung für alle Adressen: Aktueller Wert
O	[1] Achsnummer der den Vorschub steuernden Achse (siehe G15). Wird diese Achse nicht bewegt, so wird die nächste Achsnummer modulo 6 verwendet, usw. In Abhängigkeit vom steuernden Achstyp wird FL oder FW verwendet.

Dieser Befehl darf nur in der Sonderbearbeitungsebene G15 programmiert werden.

Die Adressen FL und FW der Vorschübe sind selbsthaltend.

## G21 Linearinterpolation im Arbeitsgang in allen NC-Achsen

Es können alle vorhandenen Linear- und Rundachsen der Maschine in absoluten Koordinaten im Arbeitsgang verfahren werden.

G21 X Y Z A B C FL FW F S M O

### *Optional:*

X	Linearachse in X-Richtung
Y	Linearachse in Y-Richtung
Z	Linearachse in Z-Richtung
A	Maschinen-Rundachse mit Drehung um die X-Achsenrichtung
B	Maschinen-Rundachse mit Drehung um die Y-Achsenrichtung
C	Maschinen-Rundachse mit Drehung um die Z-Achsenrichtung
CS	Drehung um die Werkzeugspindelachse oder 6. Roboterachse
FL	Vorschub von Linearachsen in mm/min
FW	Vorschub von Rundachsen in Winkelgrad/min
F	Vorschub
S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Maschinenfunktionen
	Voreinstellung für alle Adressen: Aktueller Wert
O	[1] Achsnummer der den Vorschub steuernden Achse (siehe G15). Wird diese Achse nicht bewegt, so wird die nächste Achsnummer modulo 6 verwendet, usw. In Abhängigkeit vom steuernden Achstyp wird FL oder FW verwendet.

Dieser Befehl darf nur in der Sonderbearbeitungsebene G15 programmiert werden.

Die Adressen FL und FW der Vorschübe sind selbsthaltend.

## 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 /

Obligat:

L                    Unterprogramm-Nummer

*Optional:*

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

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.

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).

## G23 Programmteiwiederholung

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

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.

## G24 Modale Zyklusadressen für PAL-Fräszyklen

G24 RD SG OH FR VH DR/AA CB CM BA WA BB WB BC WC BD WD AV

### Optional:

		<b>Trochoidale Bearbeitung:</b>
RD	[5]	minimaler Radius bei An- und Abfahrbewegungen ohne Bearbeitung in Prozent des minimalen Radius der trochoidalen Bearbeitung RM (um Eckenfahrten zu vermeiden)
SG	[10]	An- und Abfahrradius mit Bearbeitung an die Kontur und an den minimalen trochoidalen Radius RM in Prozent des minimalen Radius RM
OH	[3]	Schruppsteueradresse
	OH1	Ohne Konturfolgen
	OH2	Mit Konturfolgen
	OH3	Ohne Konturfolgen aber mit abschließendem Konturschnitt
	OH4	Vollkreisbewegung
		<b>Adressen der Seitenwechselbewegung ohne Materialabtrag</b>
FR	[9000]	Pseudo-Eilganggeschwindigkeit
VH	[1]	Horizontaler Sicherheitsabstand
DR		Rückzugshöhe bei der Seitenwechselbewegung
AA	[5]	Abhebewinkel ab Erreichen des Sicherheitsabstands
		<b>Fasen:</b>
CB	[0]	Fasenbreite
CM	[50]	Arbeitsbereichsmitte des Faswerkzeuges in Prozent
		0%: Oberkante der Fase entspricht der Oberkante (Z+) der Faswerkzeugflanke
		100%: Unterkante der Fase entspricht der Unterkante (Z-) der Faswerkzeugflanke
		<b>Rand-Stufen:</b>
BA	[0]	Breite der 1. Stufe
WA	[0]	Tiefe der 1. Stufe
BB	[0]	Breite der 2. Stufe
WB	[0]	Tiefe der 2. Stufe
BC	[0]	Breite der 3. Stufe
WC	[0]	Tiefe der 3. Stufe
BD	[0]	Breite der 4. Stufe
WD	[0]	Tiefe der 4. Stufe
		<b>Vorbohren:</b>
AV	[1]	Sicherheitsaufmaß zum Boden oder zum Aufmaß AK bei der Taschenbearbeitung

## G29 Bedingte / unbedingte Programmsprünge zur Satznummer N

### Veränderung des alten PAL2007-Befehls G29 in zwei Stufen:

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 für Programmentscheidungen verwendet wird.

Ein in runden Klammern stehender logischer Ausdruck besteht aus zwei arithmetischen Ausdrücken, die in der Entscheidungssituation zwei berechnete Zahlenwerte haben und 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 ist dann entweder **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 dem G29-Abfrage stehende NC-Satz ausgeführt.

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

**Anmerkung:** G29 entspricht dann dem neuen GOTO-Befehl, der jedoch **ohne Satznummern-Adresse N** programmiert wird.

Das Program 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.

**Hinweis:** In einem weiteren Übergang erfolgt der Ersatz von G29 durch die in der Informatik übliche IF-Abfrage in der Form (siehe Parameterprogrammierung)

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

Der Befehl G29 N LA wird aus Kompatibilitätsgründen vorerst beibehalten.

## G34 Eröffnung Konturtaschenzyklus

Es wird die Programmierung des allgemeinen, universellen Konturtaschenzyklus mit der Vorgabe der Taschentiefe und der Aufmaße eingeleitet.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit ein Bohrwerkzeug und die technologischen Daten für ein Vorbohren zu programmieren. Die Bohrpositionen, Zustellpositionen der einzelnen Arbeitsschritte, Schruppen, Restspan, Schichten werden automatisch durch den Zyklus berechnet.

G34 ZA/ZI AK AL RA RI T D DM O U VB DR F S M

Obligat:

ZA|ZI Absolute/inkrementelle Tiefe der Rechtecktasche (3. Geometrieachse)

*Optional:*

### **Aufmaße und Verrundungsradien**

AK [0] Aufmaß auf die Kontur  
AL [0] Aufmaß auf den Boden  
RA [0] Außenecken-Verrundungsradius  
RI [0] Innenecken-Verrundungsradius

### **Vorbohren:**

T Vorbohrwerkzeug  
D Zustelltiefe beim Vorbohren (muss zusammen mit T programmiert werden)  
DM [1/10D] Minimale Zustelltiefe  
O [2] Auswahl der Verweilzeiteinheit:  
O1 Verweilzeit in Sekunden  
O2 Verweilzeit in Umdrehungen  
U [1] Verweilzeit am Bohrgrund in Sekunden oder Zahl der Umdrehungen  
VB [1] Sicherheitsabstand vom Bohrgrund  
DR [0] Reduzierwert der Zustelltiefe  
F [F] Vorschub  
S [S] Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit  
M [M]: Drehrichtung

Das Vorbohr-Werkzeug wird wie bei den anderen Arbeitsschritten, Schruppen, Restspan, Schichten automatisch eingewechselt.

Durch den Parameter RM (Minimalradius der Schruppbewegungen beim trochoidalen Hochgeschwindigkeits-Fräsen) kann für die einzelnen Arbeitsschritte, Schruppen, Restspan-Bearbeitung, Schichten separat festgelegt werden, ob trochoidal bearbeitet werden soll oder nicht. Weitere Parameter für die trochoidale Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung können mit G24, Modale Zyklusadressen, gesetzt werden.

## G35 Schrupptechnologie des Konturtaschenzyklus

G35 T D V TC TR TL DM DB RH DH/AE O Q RA DE DS DV RM F E S M

### Obligat:

T		Werkzeugnummer
D		Maximale Zustelltiefe, die verwendete Zustellung $\leq D$ wird so berechnet, dass die mit D zu bearbeitende Gesamtzustelltiefe ein ganzzahliges Vielfaches der verwendeten Zustellung ist.

### Optional:

V		Sicherheitsabstand
TC	[1]	Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TL	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeuglängenwertes
DM	[D/8]	Maximale Zustelländerung, so dass ein Zustellniveau mit einer Inselhöhe zusammenfällt
DB	[80]	Maximale Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers, die verwendete Zustellung $\leq DB$ wird so berechnet, dass die alle horizontalen Zustellungen bis zum Taschenrand gleich groß sind.
RH	[*]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung * Voreinstellung: 3/4 WZ-Radius
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel
O	[1]	Zustellbewegung und Vorschuboptimierung beim Ausräumen O1 Senkrecht Eintauchen des Werkzeugs mit Ausräumvorschuboptimier. O2 Helikales Eintauchen des Werkzeugs mit Ausräumvorschuboptimierung O11 Senkrecht Eintauchen des Werkzeugs ohne Ausräumvorschuboptimier. O12 Helikales Eintauchen des Werkzeugs ohne Ausräumvorschuboptimier.
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Q1 Gleichlauf Q2 Gegenlauf
RA	[5]	Prozentuale Aufmaßreduzierung der jeweils darüber liegenden Zustellung
DE	[D]	Endzustellung
DS	[0]	Startzustellung
DV	[5]	Minimale Verfahrlängelänge bei der Vorschuboptimierung
RM		Minimalradius der Schruppbewegungen beim Hochgeschwindigkeits-Fräsen
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Drehrichtung

## G36 Restmaterialschrupp-Technologie Konturtaschenzyklus

G36 T D V TC TR TL DM DB RH DH/AE O Q RA DE DS DV RM F E S M

Obligat:

T		Werkzeugnummer
D		Maximale Zustelltiefe, die verwendete Zustellung $\leq D$ wird so berechnet, dass die mit D zu bearbeitende Gesamtzustelltiefe ein ganzzahliges Vielfaches der verwendeten Zustellung ist.

*Optional:*

V		Sicherheitsabstand
TC	[1]	Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkr. Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TL	[0]	inkr. Veränderung des Werkzeuglängenwertes
DM	[D/8]	Maximale Zustelländerung, so dass ein Zustellniveau mit einer Inselhöhe zusammenfällt
DB	[75]	Maximale Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers, die verwendete Zustellung $\leq DB$ wird so berechnet, dass die alle horizontalen Zustellungen bis zum Taschenrand gleich groß sind.
RH	[*]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung * Voreinstellung: 3/4 WZ-Radius
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel
O	[1]	Zustellbewegung und Vorschuboptimierung beim Ausräumen O1 Senkrecht eintauchen des Werkzeugs mit Ausräumvorschuboptimierung. O2 Helikales Eintauchen des Werkzeugs mit Ausräumvorschuboptimierung O11 Senkrecht eintauchen des Werkzeugs ohne Ausräumvorschuboptimierung. O12 Helikales Eintauchen des Werkzeugs ohne Ausräumvorschuboptimierung.
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Q1 Gleichlauf Q2 Gegenlauf
RA	[5]	Prozentuale Aufmaßreduzierung der jeweils darüber liegenden Zustellung
DE	[D]	Endzustellung
DS	[0]	Startzustellung
DV	[5]	Minimale Verfahrlängänge bei der Vorschuboptimierung
RM		Minimalradius der Schrubbewegungen beim Hochgeschwindigkeits-Fräsen
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Drehrichtung

## G37 Technologie Konturtaschenzyklus für Schlichten, Stufen und Fasen

G37 kann bis zu dreimal programmiert werden, um das Werkzeug und die Bearbeitungstechnologie für das Schlichten, das Ansetzen von Randstufen und das Fasen der Kanten festzulegen. Im Fall von angesetzten Stufen werden alle Stufenkanten gefast. Die dazu erforderlichen Taschenzyklusadressen werden mit G24 festgelegt.

G37 T D V TC TR TL DM DB RH DH/AE O Q H VA DE DS DV RM EC QM F E S M

Obligat:

T		Werkzeugnummer
D		Maximale Zustelltiefe, die verwendete Zustellung $\leq D$ wird so berechnet, dass die mit D zu bearbeitende Gesamtzustelltiefe ein ganzzahliges Vielfaches der verwendeten Zustellung ist.
<i>Optional:</i>		
V		Sicherheitsabstand
TC	[1]	Korrekturwertspeichernummer
TR	[0]	inkr. Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TL	[0]	inkr. Veränderung des Werkzeuglängenwertes
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl QM1 Schlichten QM-1 Fasen QM-3 Stufen
DM	[D/10]	Maximale Zustelländerung, so dass ein Zustellniveau mit einer Inselhöhe zusammenfällt
DB	[10]	Maximale Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers, die verwendete Zustellung $\leq DB$ wird so berechnet, dass bei mehrfachen Schlicht-Zustellungen alle horizontalen Zustellungen bis zum Taschenrand gleich groß sind.
RH	[*]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung * Voreinstellung: 3/4 WZ-Radius
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel
O	[1]	Zustellbewegung und Vorschuboptimierung beim Ausräumen O1 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeugs mit Ausräumvorschuboptimier. O2 Helikales Eintauchen des Werkzeugs mit Ausräumvorschuboptimierung O11 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeugs ohne Ausräumvorschuboptimier. O12 Helikales Eintauchen des Werkzeugs ohne Ausräumvorschuboptimier.
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Q1 Gleichlauf Q2 Gegenlauf
H	[4]	Bearbeitungsart H4 Schlichten erst Rand dann Boden H5 Schlichten erst Boden dann Rand H6 nur Rand H7 nur Boden H8 nur die Schlicht-Restspäne des Bodens in einem zweiten G37-Aufruf mit kleinerem Schlichtwerkzeug schlichten
VA	[5]	Prozentuale Aufmassvergrößerung
DE	[D]	Endzustellung
DS	[0]	Startzustellung
DV	[5]	Minimale Verfahrlängle bei der Vorschuboptimierung
RM		Minimalradius der Boden-Schlichtbewegungen beim Hochgeschwindigkeits-

Fräsen		
EC	[0]	Anzahl der Leerschnitte PAL2018
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Drehrichtung

Für QM-1 bzw. QM-2 (Fasen/Stufen) ist als Eingabe nur der QM-Wert und das Werkzeug T sowie die Schnittwerte mit F, S und M zu programmieren. Die Geometriedaten für die Fasen und Stufen werden mit G24 festgelegt.

## G39 Aufruf/Abschluss Konturtaschenzyklus

G39 ZA|ZI *V W AN H O XA/XI/X YA/YI/Y*

Obligat:

ZA|ZI Materialoberfläche

*Optional:*

V	[1]	Sicherheitsabstand von der Materialoberfläche
W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
AN	[0]	Winkel für das mäanderförmige Ausräumen
H	[1]	Bearbeitungsart
		H1 Schruppen
		H2 Planschruppen
		H4 Schlichten erst Rand dann Boden
		H8 Planschlichten
		H14 Schruppen und Schlichten erst Rand dann Boden
		H28 Planschruppen und -schlichten
O	[1]	Schruppen/Schlichten
		O1 Schruppen/Schlichten mit Restmaterialschruppen
		O2 Schruppen/Schlichten ohne Restmaterialschruppen
		O3 Schruppen/Schlichten des Restmaterialschruppen
X/XA/XI		G90, G91/absolute/inkrementelle X-Bearbeitungsstartposition
Y/YA/YI		G90, G91/absolute/inkrementelle Y-Bearbeitungsstartposition

Voreinstellungswert wird vom Zyklus optimal berechnet.

### **Anmerkung:**

Die Entscheidung über die Bearbeitungsart (konturparallel, trochoidal oder mäanderförmig) wird in den Aufrufzyklen G35, G36 und G37 getroffen.

## G40 Abwahl der Fräserradiuskorrektur

**Funktion** Mit dem Befehl G40 wird die mit G41 oder G42 eingeschaltete Fräserradiuskorrektur aufgehoben. Die Abwahl der Fräserradiuskorrektur wird in einem eigenen NC-Satz programmiert.

Die Steuerung fährt zunächst auf den Endpunkt des letzten zuvor programmierten und mit Fräserradiuskorrektur abzufahrenden Konturelementes (siehe G41/42) und zwar so, dass der Fräser das letzte Konturelement im Endpunkt berührt (gemeinsame Tangente im Berührungspunkt). 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 Abfahrpunktposition 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 tangentielle Abfahrstrategie programmiert werden.

**NC-Satz**

```
G40 [ X/XI/XA ] [ Y/YI/YA ] [ Z/ZI/ZA ]
G40 G0 / G1 [ X/XI/XA ] [ Y/YI/YA ] [ Z/ZI/ZA ]
G40 G10 / G11 RP AP/AI [ Z/ZI/ZA ]
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 Fräserradiuskompensation mit G40 zusammen mit G1 oder G11 ist die Programmierung einer Fase oder Verrundung mit RN nicht erlaubt.

Wird G40 allein ohne weitere Adresse programmiert, so führt die Selbsthaltefunktion der **kompensierten** Endpunktkoordinaten (der mit dem Werkzeugmittelpunkt angefahrenen Koordinaten) des Konturendpunktes X, Y 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 Werkzeugmittelpunktskoordinaten 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 Fräsermittelpunkt auf diesen programmierten Endpunkt erfolgen (wobei die Kontur im Endpunkt verletzt wird). Die Programmierung von einer Koordinate **könnte** dann eine nicht-achsparallele Bewegung ergeben.

## Anfahr- und Abfahrstrategien von Werkzeugen an die Kontur

Es gibt spezielle An- und Abfahrbedingungen an Bearbeitungskonturen mit Radiuskompensation.

Die Bearbeitungskontur wird als Anfahrbedingung im Kontur-Startpunkt um

- eine tangential anschließende Anfahrstrecke der Länge DL
- einen tangential anschließenden Anfahrviertelkreis mit Radius RR
- einen tangential anschließenden Anfahrhalbkreis mit Radius RR

und als Abfahrbedingung im Endpunkt der programmierten Kontur um

- eine tangential anschließende Abfahrstrecke der Länge DL
- einen tangential anschließenden Anfahrviertelkreis mit Radius RR
- einen tangential anschließenden Anfahrhalbkreis mit Radius RR ergänzt.

Diese An- und Abfahrstrecke wird über die volle Länge mit Kompensation abgefahren. Die Entscheidung, ob An- oder Abfahrt erfolgt über den mit zu programmierenden Befehl G41/42 oder G40. Die Anfahrstrategie wird zusammen mit G41/G42 und die Abfahrstrategie zusammen mit G40 programmiert.

Wenn G41/G42 als Anfahrbedingung programmiert wird, verfährt das Werkzeug in der XY-Ebene auf den berechneten **kompensierten** Startpunkt der Anfahrbewegung als Zustellpunkt. Die Anfahrt auf diesen Zustellpunkt in der Ebene erfolgt im Eilgang, wenn dieser modal wirksam ist – andernfalls im Arbeitsgang.

Am Zustellpunkt wird dann im Eilgang auf die optionale Zustell-Koordinate der Sicherheitsebene WV zugestellt. Danach findet eine Verzweigung nach der Steueradresse O statt:

- O0: Bei vertikaler Zustellung wird im Vorschub E auf den Z-Wert zugestellt. 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 angefahren.
- O1: In diesem Fall wird die Zustellung auf den Z-Wert als helikale 3D-Bewegung **zusammen** mit der tangentialen linearen oder kreisförmigen Anfahrbewegung im Vorschub E ausgeführt.

Wenn G40 als Abfahrbedingung programmiert wird, wird eine lineare oder kreisförmige tangentiale Abfahrbewegung im Vorschub F ausgeführt.

- O0: Bei der programmierten vertikalen Zustellung fährt das Werkzeug mit Kompensation vom Konturendpunkt auf einer tangential abgehenden Strecke der Länge DL oder einem Viertelkreis oder einem Halbkreis mit Radius RR weiter. Von dort erfolgt eine Bewegung auf die optional mit Z programmierte Rückzugsposition.
- O1: In diesem Fall wird die optionale Rückzugsbewegung auf Z **zusammen** mit der tangentialen linearen bzw. kreisförmigen Abfahrbewegung im Vorschub F als helikale 3D-Bewegung ausgeführt.

Danach wird in beiden Fällen O0/O1 im Eilgang die mit WV optional programmierte Rückzugsebene in der Zustellachse angefahren und die Kompensation ausgeschaltet.

**Die PAL2007 Befehle G45, G46, G47 und G48 sind nicht mehr gültig.**

## G45 Lineares tangenciales An- oder Abfahren an eine Kontur

G40/G41/G42 G45 DL *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI WV O F E S M*

Obligat:

DL Länge der tangentialen An-/Abfahrbewegung

*Optional:*

X/XA/XI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate
Y/YA/YI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle Y-Koordinate
Z/ZA/ZI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate
WV		Sicherheitsebene absolut G41/G42, Rückzugsebene absolut G40
O	[0]	Zustellbewegung
		O0 Vertikal
		O1 3D-Bewegung
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktion

## G46 Tangentiales An- oder Abfahren an eine Kontur im Viertelkreis

G40/G41/G42 G46 RR *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI WV O F E S M*

Obligat:

RR Radius des Viertelkreises bezogen auf den Fräsermittelpunkt

*Optional:*

X/XA/XI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate
Y/YA/YI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle Y-Koordinate
Z/ZA/ZI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate
WV		Sicherheitsebene absolut G41/G42, Rückzugsebene absolut G40
O	[0]	Zustellbewegung
		O0 Vertikal
		O1 3D-Bewegung
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktion

## G47 Tangentiales An- oder Abfahren an eine Kontur im Halbkreis

G40/G41/G42 G47 RR *X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI WV O F E S M*

Obligat:

RR Radius des Halbkreises bezogen auf den Fräsermittelpunkt

*Optional:*

X/XA/XI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate
Y/YA/YI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle Y-Koordinate
Z/ZA/ZI		abhängig von G90 G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate
WV		Sicherheitsebene absolut G41/G42, Rückzugsebene absolut G40
O	[0]	Zustellbewegung
		O0 Vertikal
		O1 3D-Bewegung
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktion

## G49 Konturfräsen (Beschreibung für G17)

Mit dem Zyklus G43 wird der Konturfräszyklus aufgerufen. Mit den Zyklusadressen werden die An- und Abfahrbedingungen an die Kontur sowie die Bearbeitungstechnologie mit den vertikalen und horizontalen Zustellungen und die Aufmaße festgelegt. Die anschließend an G49 programmierte Kontur beginnt mit einem G0- oder G1-Satz und wird mit G80 abgeschlossen. Der Zyklus G49 **darf nur bei modal aktivem G40 aufgerufen werden**. Mit der Beendigung des Zyklus wird auf G40 zurückgeschaltet.

G49 G40/G41/G42 ZA/ZI ZM D V *ZB OA BA OE BE W H O AK AL RA VA DS DE  
F E S M DF FF SF*

### Obligat:

G	G41/G42/G40 Radiuskompensationsanwahl/abwahl
	G40 ohne Kompensation
	G41 Kompensation links
	G42 Kompensation rechts
ZA ZI	Tiefe der Bahn
ZM	Materialoberfläche absolut
D	maximale Zustelltiefe, Zustelltiefenfolge mit DE und DS
V	Sicherheitsabstand von der Materialoberfläche

### Optional:

	<b>Geometriefestlegung:</b>
ZB	Oberkante der Materialbearbeitung absolut, wenn von der Materialoberfläche verschieden (Anwendung bei Hinterschneidungen und Bearbeitung mit Scheiben-, Schlitz oder T-Nutfräsern)
OA	[46] Anfahrbedingung an die Kontur (siehe auch G45/46/47)
	OA45 lineare tangentielle Anfahrt mit Länge BA (auch bei G40 zulässig)
	OA46 tangentielle Anfahrt im Viertelkreis mit Radius BA (nur bei G41/G42)
	OA47 tangentielle Anfahrt im Halbkreis mit Radius BA (nur bei G41/G42)
BA	[5] Länge der tangentialen <b>Anfahrt</b> oder Radius des Anfahrkreisbogens
OE	[46] Abfahrbedingung von der Kontur (siehe auch G45/46/47)
	OE45 lineare tangentielle Abfahrt mit Länge BE (auch bei G40 zulässig)
	OE46 tangentielle Abfahrt im Viertelkreis mit Radius BE (nur bei G41/G42)
	OE47 tangentielle Abfahrt im Halbkreis mit Radius BE (nur bei G41/G42)
BE	[5] Länge der tangentialen <b>Abfahrt</b> oder Radius des Abfahrkreisbogens
	<b>Steueradressen des Zyklus-Ablaufs:</b>
W	Höhe der Rückzugsebene absolut
H	[1] Bearbeitungsart
	H1 Schruppen
	H4 Schlichten
	H14 Schruppen und Schlichten
	<b>Schrupp-Technologie:</b> D und
DS	[D] Startzustellung
DE	[D] Endzustellung
F	[F] Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F] Zustellvorschub
S	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktion
	<b>Schlicht-Technologie:</b>
AK	[0] Aufmaß auf die Kontur (nur bei G41/G42)
AL	[0] Aufmaß auf den Boden und dem optionalen oberen Rand bei

		Hinterschneidungen mit ZB
RA	[0]	Prozentuale Aufmaßreduzierung der jeweils darüber liegenden Zustellung
VA	[0]	Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten
DF	[D]	maximale Zustelltiefe Schlichten, für DF=0 wird der Rand mit einer Zustellung in voller Höhe geschlichtet
EC	[0]	Zahl der Leerschnitte
FF	[F]	Vorschub Schlichten
SF	[S]	Drehzahl Schlichten/Schlicht-Schnittgeschwindigkeit

**Hinweis:** Das Fasen der Kontur kann durch einen erneuten Zyklusaufwurf mit einem Fas-Werkzeug und Radiuskompensation realisiert werden, wobei gegebenenfalls der Fas-Werkzeugdurchmesser manipuliert werden muss.

## G51 Einstellbare Nullpunkte setzen (Datum set)

Mit dem Befehl G51 ist es möglich, angetastete Koordinatenwerte als Einstellbare Nullpunkte zu übernehmen.

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

Obligat:

Q                    Nummer des einstellbaren Nullpunktes (54-56)

*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

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

## G59 Absolute / inkrementelle Nullpunktverschiebung/-drehung

G59 *XA/XI YA/YI ZA/ZI AA/AI*

### Optional:

<i>XA/XI</i>	absolute/inkrementelle X-Koordinate der Nullpunktverschiebung
<i>YA/YI</i>	absolute/inkrementelle Y-Koordinate der Nullpunktverschiebung
<i>ZA/ZI</i>	absolute/inkrementelle Z-Koordinate der Nullpunktverschiebung
<i>AA/AI</i>	absolute/inkrementelle Drehung des Koordinatensystems um die Zustellachse der Bearbeitungsebene

### Hinweise:

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

Ein absoluter Koordinatenwert oder absoluter Winkelwert bezieht sich auf das Koordinatensystem des aktiven Einstellbaren Nullpunkts.

Ein inkrementeller Koordinatenwert oder inkrementeller Winkelwert bezieht sich auf das Koordinatensystem des aktuellen Werkstückkoordinatensystems.

Nach der Verschiebung wird das verschobene Werkstückkoordinatensystem optional um den Winkel *AA/AI* um die Zustellachse gedreht.

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

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), muss der G59 Befehl in zwei G59 Befehle aufgeteilt werden: Beispiel für G17 mit Zustellachse Z

<i>G59 XA/YA ZA/ZI</i>	absolute Verschiebung in einer Bearbeitungsebenenkoordinate X oder Y
<i>G59 YI/XI AA AI</i>	inkrementelle Verschiebung in der anderen Bearbeitungsebenenkoordinate – Verschiebung in der Zustellachse Z in beliebiger Zeile

### Wichtiger Hinweis:

Eine Nullpunktverschiebung G59 wird aufgehoben, wenn  
eine Skalierung oder  
eine Spiegelung  
programmiert wird.

# Generelle Erweiterungen bei allen PAL-Taschen- & Freistellzyklen

## 1. Fasen und angesetzte Stufen

Bei allen PAL-Taschen- und Freistellzyklen können mit der Steueradresse QM die Berandungskanten mit einer Fase oder angesetzten Stufen versehen werden. Im Fall von angesetzten Stufen werden beim Fasen alle Kanten gleich gefast (z.B. zum Entgraten).

Dazu ist zum Fasen ein erneuter Zyklusaufruf oder eine Zykluswiederholung mit geänderter Steueradresse QM und einem eingewechselten Fas-Werkzeug erforderlich.

Zum Fasen können die folgenden Werkzeugtypen verwendet werden:

- Fasenfräser
- Winkelfräser
- Entgrat-Werkzeuge
- Prismenfräser

## 2. Allgemeine Zustellfolge mit Startzustellung DS und Endzustellung DE

## 3. Schlichten

Das Schlichten kann in mehreren vertikalen und horizontalen Zustellungen erfolgen.

Optional kann das Schlichten auch durch Leerschnitte zur Verbesserung der Oberfläche ergänzt werden.

## 4. In-Prozess-Messen

Es können die Berandungen und der Boden einer Zyklusgeometrie als Aufrufvariante mit einem Messtaster gemessen und Verschleißkorrekturwerte gesetzt werden und die Ergebnisse zu einem Messprotokoll zusammengefasst werden.

## 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 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 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=P<sub>x</sub> durch Programmteilwiederholung oder Schleifen mehrfach aufgerufen werden, z.B. für

QM0 Überspringen des Zyklus

QM1 Bearbeiten ohne Stufen

QM3 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM ohne Stufen

**QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)**

QM-1 Fasen

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

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 Taschenzyklen 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:

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  $LT \leq 0$ .

## Vorauswahl der durchzuführenden Messungen für das In-ProzessMessen in den PAL-Fräszyklen

Der Umfang der Messungen wird mit der optionalen Steueradresse QL der Messzyklen festgelegt, die vom Anwender in den Mess-Adress-Vorgaben G28 vordefiniert wird. Dieser vordefinierte Wert von QL wird im Parameterwert P8100 abgespeichert und als Vorgabewert für QL an alle Bearbeitungszyklen übergeben wird.

- QL [P8100] Mess-Steuerindex (P8100 ist die Mess-Adress-Voreinstellung in G28)
- QL0 Keine Prüfung
- QL1 Messen in der Bearbeitungsebene
- QL2 Messen nur in der Zustellrichtung. Beachten: Die Messung der Tiefe bei Bohrungen mit Spiralbohrern wird durch die konische Spitze verfälscht.
- 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
- QL11 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene mit den Grenzwerten von G28 prüfen
- QL12 Form- und Lagetoleranzen in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen
- QL13 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen
- QL14 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene unter Einbeziehung der Verrundungsradien und in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen
- QL15 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit **Vertikal-Winkelberechnungen** mit den Grenzwerten von G28 prüfen
- QL16 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene wie QL15 und zusätzlich mit **Horizontal-Winkelberechnungen** und Mittelwertbildungen mit den Grenzwerten von G28 prüfen

QL<sub>xx</sub> = QL(xx+100) **Zusätzlich** zu den Messungen in den Bearbeitungsebenen werden auch die Verundungen der Rechtecktaschen und Rechteckzapfen gemessen

## Adressen zur Festlegung des Messumfangs und der Messpositionen beim In-Prozess-Messen

Neben dieser übergeordneten Steueradresse QL gibt es Adressen, die den Messvorgang im Detail festlegen und die vom Anwender individuell verändert werden können. Insbesondere müssen die durch QL geforderten Messungen mit den nachstehenden Adressen auch ermöglicht werden. So ist z.B. mit dem Vorgabewert von  $DU=DQ$  keine vertikale Winkelmessung möglich. Umgekehrt wird in der horizontalen Ebene  $DU \neq DQ$  keine Messung durchgeführt, wenn der Benutzer mit der übergeordneten Steueradresse QL die Ausgabe der vertikalen Wand- oder Zapfenwinkel ausgeschlossen hat.

DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche Alle Messungen der Zyklusgeometrie finden in der X/Y-Schnittebene durch den mit DQ definierten Z-Achswert statt.
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche $DU \neq DQ$ , $DU = DQ$ : Keine vertikale Winkelmessung in der Zustellrichtung Die Messungen in einer zweite X/Y-Schnittebene DU finden nur für $DU \neq DQ$ statt und auch nur wenn vertikale Winkelmessungen mit $QL=5, 6, 15$ oder $16$ durchgeführt werden sollen.
DW	[0]	Prozentualer horizontaler Abstand = (Sollwert Länge oder Breite) * DW /100) der symmetrisch zur Objektmitte liegenden Messpunkte für die horizontale Winkelmessung in Prozent der Taschen- & Zapfenlängen. In DW sind mögliche Taschen- und der Zapfen-Verrundungsradien zu berücksichtigen. $DW=0$ : Keine horizontale Winkelmessung in der Bearbeitungseben. Mit $DW > 0$ werden in einer X/Y-Schnitteben bei Strecken der Zyklusgeometrie jeweils zwei Messungen durchgeführt, der Mittelwert als Ergebnis gespeichert und im Messprotokoll ausgegeben. Bemerkung zur Winkelmessung: Die Messgenauigkeit ist umso höher je größer der Messpunkt Abstand.
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RQ	[0]	2. Abstand vom Mittelpunkt zur 2. Tiefenmess-Position
AQ	[0]	2. Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten einer 2. Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt für eine Winkelberechnung des Taschenbodens Bei der Tiefenmessung von Taschen oder Bohrungen können bei fehlendem geschlossenen Boden ein oder zwei beliebig liegende Messpunkte für die Tiefenmessung und Bodenwinkelmessung vorgegeben werden
TV	[0]	Werkzeugnummer für Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur. Da der PAL-Messzyklus ein Wiederholungsaufwurf nach der Fertigung mit dem neuen Werkzeug Messtaster ist, kann so die Werkzeugnummer für die Eintrag der Verschleißkorrekturen für das zuvor benutzte Fertigungswerkzeug mitgeteilt werden. Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
SO	[50]	Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Messzyklus mit G76/77. Dieser Wiederholungsoffset wird bei jeder Wiederholung eines Zyklusaufwurfs zu der vorhergehenden Nummer SP addiert. Der Wert von SO ist so zu wählen, dass die für weitere Benutzer-Auswertungen erforderlichen Ergebnisse bei den Mehrfachaufrufen nicht überschrieben werden.
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung Für einen PAL-Messzyklus wird mit der Adresse SP die erste Parameternummer der ab dieser Nummer gespeicherten Messergebnisse programmiert. Der Bedeutung der in den nachfolgenden Parametern abgespeicherten Messergebnisse wird nachstehend angegeben.

## In-Prozess-Mess-Ergebnisse der PAL-Bearbeitungszyklen

Die Ergebnisse eines Messzyklus werden zu einem Ausgabeprotokoll zusammengestellt und zur weiteren Verwendung der Messdaten auch in Parametern abgespeichert.

### PAL-Zyklen    Parameternummer    Bedeutung des Parameterwertes

#### Position des Zyklusobjekts

G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP]	= Mess-Zyklus-G-Befehl + 100 * vorhandene Satznummer N
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+1]	= Setzpunkt der Zyklusgeometrie in X
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+2]	= Setzpunkt der Zyklusgeometrie in Y
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+3]	= Tiefe in Z des Zyklusgeometriebodens

#### Zyklusgeometrie, Orientierung und Verschleißkorrekturwerte

G72 G73	P[SP+4]	= Höhe des Kreis- oder Rechteckzapfens
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+5]	= X-Komponente normierter Richtungsvektor des Objektzentrums
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+6]	= Y-Komponente normierter Richtungsvektor des Objektzentrums
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+7]	= Z-Komponente normierter Richtungsvektor des Objektzentrums
G72 G73 G74 G75 G87	P[SP+8]	= X-Verschleißkorrekturwert
G72 G73 G74 G75 G87	P[SP+9]	= Y-Verschleißkorrekturwert
G72 G73 G74 G75 G87	P[SP+10]	= Z-Verschleißkorrekturwert
G72 G73 G74 G75 G87	P[SP+11]	= Radius-Verschleißkorrekturwert

#### Horizontale Messebene DQ

Die Messungen erfolgen mittig zu den Seitenlängen und bei Kreisen in den Quadrantenpunkten. Mit  $DW > 0$  (Aktivierung der horizontalen Winkelmessung) werden die Seiten von Rechtecken, Rechteckzapfen oder Nuten jeweils an 2 symmetrisch zur Mitte liegenden Positionen der Längen und Breiten gemessen und als Ergebnis in der horizontalen Messebene die Mittelwerte der beiden Messungen verwendet. Im Fall  $DW=0$  wird nur eine Messung in der Mitte durchgeführt.

G72 G73	G75 G8x	P[SP+12]	= Radius von Kreistasche oder Bohrung oder größerer Nutkreisbogenradius oder maximaler Verrundungsradius einer Rechtecktasche
G72	G75	P[SP+13]	= Minimaler Verrundungsradius einer Rechtecktasche oder kleinerer Nutkreisbogenradius
G72 G73	G75	P[SP+14]	= Radius Kreiszapfen oder maximaler Verrundungsradius des Rechteckzapfens oder Nutabschlusskreisradius im beim Startwinkel
G72	G75	P[SP+15]	= Minimaler Verrundungsradius des Rechteckzapfens oder Nutabschlusskreisradius im beim Endwinkel
G72	G74 G75	P[SP+16]	= Länge der Tasche/Nut/Öffnungswinkel der Kreisbogennut
G72	G74 G75	P[SP+17]	= Breite der Tasche/Nut
G72		P[SP+18]	= Länge des Zapfens
G72		P[SP+19]	= Breite des Zapfens

#### Horizontale Messebene DU

Die Messpunkte haben die gleichen Ebenenpositionen wie bei DQ und werden in der gleichen Richtung angefahren.

G72 G73	G75 G8x	P[SP+22]	= Radius von Kreistasche oder Bohrung oder größerer Nutkreisbogenradius oder maximaler Verrundungsradius einer Rechtecktasche
G72	G75	P[SP+23]	= Minimaler Verrundungsradius einer Rechtecktasche oder kleinerer Nutkreisbogenradius
G72 G73	G75	P[SP+24]	= Radius Kreiszapfen oder maximaler Verrundungsradius des Rechteckzapfens oder Nutabschlusskreisradius im beim Startwinkel
G72	G75	P[SP+25]	= Minimaler Verrundungsradius des Rechteckzapfens oder Nutabschlusskreisradius im beim Endwinkel

G72	G74 G75	P[SP+26] = Länge der Tasche/Nut/Öffnungswinkel der Kreisbogennut
G72	G74 G75	P[SP+27] = Breite der Tasche/Nut
G72		P[SP+28] = Länge des Zapfens
G72		P[SP+29] = Breite des Zapfens

### **Vertikal-Winkelmessungen mit $DQ \neq DU$ und Mittelwertbildungen**

Aus den Messungen werden in jeder der Bearbeitungsebene DQ und DU die Zentren der Objekte und der Zapfen berechnet und daraus die vertikalen Richtungsvektoren durch die beiden Zentrumsunkte berechnet und als Ergebnisse abgespeichert.

**Man beachte:** Im Fall einer Werkzeugverbiegung (Deflection) bei der Bearbeitung können sich durch diese Mittelwertbildung korrekte Richtungsvektoren des Zyklusobjekts ergeben, obwohl die Berandungsflächen sämtlich einen Abweichungswinkel haben (die sich bei der Berechnung des Richtungsvektors gegenseitig aufheben).

Daher werden zusätzlich die 4 Winkel zur positiven Zustellachse Z der Verbindungslinien der jeweils übereinanderliegenden Taschen-Berandungs- und Zapfenmesspunkte in der Ebene berechnet, die aus der Zustellachsrichtung und Messpunktanfahrrichtung gebildet wird.

G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+30] = Winkel der Verbindungslinie der Y/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Taschenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in Y-Richtung
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+31] = Winkel der Verbindungslinie der X/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Taschenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in -X-Richtung
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+32] = Winkel der Verbindungslinie der Y/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Taschenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in -Y-Richtung
G72 G73 G74 G75 G8x	P[SP+33] = Winkel der Verbindungslinie der X/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Taschenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in X-Richtung
G72 G73	P[SP+34] = Winkel der Verbindungslinie der Y/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Zapfenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in Y-Richtung
G72 G73	P[SP+35] = Winkel der Verbindungslinie der X/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Zapfenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in -X-Richtung
G72 G73	P[SP+36] = Winkel der Verbindungslinie der Y/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Zapfenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in -Y-Richtung
G72 G73	P[SP+37] = Winkel der Verbindungslinie der X/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Zapfenwandmesspunkte/-Quadrantenpunkte in X-Richtung
G72 G73	P[SP+38] = X-Komponente des normierten Richtungsvektors des Zapfens
G72 G73	P[SP+39] = Y-Komponente des normierten Richtungsvektors des Zapfens
G72 G73	P[SP+40] = Z-Komponente des normierten Richtungsvektors des Zapfens

### **Horizontal-Winkelmessungen mit $DW > 0$**

Mit  $DW > 0$  werden in jeder horizontalen X/Y-Messebene DQ und DU bei jeder Strecke zwei Messpositionen bestimmt und daraus der Winkel der Strecke in der X/Y-Ebene berechnet. Die Winkelwerte der Winkel-Betrags-Maxima der beiden Winkel-Abweichungswerte aus DQ und DU wird nachstehend gespeichert.

G72	G74	P[SP+41] = Winkel der in Y-Richtung liegenden Taschenseite zur X-Richtung
G72		P[SP+42] = Winkel der in -X-Richtung liegenden Taschenseite zur Y-Richtung
G72	G74	P[SP+43] = Winkel der in -Y-Richtung liegenden Taschenseite zur X-Richtung
G72		P[SP+44] = Winkel der in X-Richtung liegenden Taschenseite zur Y-Richtung
G72		P[SP+45] = Winkel der in Y-Richtung liegenden Zapfenseite zur X-Richtung
G72		P[SP+46] = Winkel der in -X-Richtung liegenden Zapfenseite zur Y-Richtung
G72		P[SP+47] = Winkel der in -Y-Richtung liegenden Zapfenseite zur X-Richtung
G72		P[SP+48] = Winkel der in X-Richtung liegenden Zapfenseite zur Y-Richtung

## G69 Mehrkant Freistellen mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Messerweiterungen

Es wird ein Mehrkant unter Berücksichtigung von Aufmaßen über einer zentrisch liegenden Freistellfläche gefräst. Der Mehrkant-Drehwinkel wird so festgelegt, dass für den Winkel null eine Kante senkrecht auf der ersten Geometrie-Achse steht. Der Setzpunkt ist das Zentrum des Mehrkants.

Der Zyklus kann gesteuert durch QM und H mit unterschiedlichen Werkzeugen zum Schruppen, Schlichten, dem Ansetzen von Randstufen oder Fasen aufgerufen werden.

G69 O DK/LK DF ZA/ZI D V *QM RN H W DB Q OF DS DE F E S M*  
*AK AL RA VA DF FF SF QL DQ DU DW RP AP RQ AQ*  
*TV SO SP*

Obligat:		<b>Mehrkantgeometrie, Zustellung und Sicherheitsabstand</b>
O		Anzahl der Kanten (> 0)
DK		Schlüsselweite - nur für geradzahliges O
LK		Kantenlänge
DF		Durchmesser der Freistellfläche um das Mehrkant-Zentrum
ZA/ZI		Absolute/inkrementelle Tiefe Freistellfläche
D		Zustelltiefe Schruppen, Zustelltiefe berechnet mit D, DE und DS
V		Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
<i>Optional:</i>		<b>Steueradressen des Zyklus-Ablaufs:</b>
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl
		QM0 Überspringen des Zyklus
		QM1 Bearbeiten ohne Stufen
		QM2 Bearbeiten mit Stufen
		QM-1 Fasen
		QM-2 nur die Stufen am Mehrkantrand ansetzen
RN		Verrundungsradius der Kantenecken
H	[1]	Bearbeitungsart
		H1 Schruppen
		H4 Schlichten erst Rand dann Boden
		H5 Schlichten erst Boden dann Rand
		H6 nur Rand schlichten
		H7 nur Boden schlichten
		H14 Schruppen und Schlichten erst Rand dann Boden
		H15 Schruppen und Schlichten erst Boden dann Rand
		H16 Schruppen und Schlichten nur Rand
		H17 Schruppen und Schlichten nur Boden
W		Höhe der Rückzugsebene absolut
		<b>Schrupp-Technologie-Adressen:</b>
DB	[80]	Horizontale Zustellung in % des Werkzeugdurchmessers
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung
		Q1 Gleichlauf
		Q2 Gegenlauf
OF	[0]	Vorschuboptimierung
		OF0 Vorschuboptimierung aus
		OF1 Vorschuboptimierung für konstante Spandicke ein
DS	[0]	Startzustellung
DE	[D]	Endzustellung
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene

S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktion
		<b>Schlicht-Technologie:</b>
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden
RA	[0]	Prozentuale Aufmaßreduzierung bei der jeweils darüber liegenden Zustellung
VA	[0]	Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten
DF	[D]	maximale Zustelltiefe Schlichten, für DF=0 wird der Rand mit einer Zustellung in voller Höhe geschlichtet
DJ	[10]	Horizontale Schlicht-Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
EC	[0]	Anzahl der Leerschnitte
FF	[F]	Vorschub Schlichten
SF	[S]	Drehzahl Schlichten
		<b>In-Prozess-Mess-Adressen:</b>
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	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung möglich
DW	[0]	Horizontaler Abstand für die Winkelmessung in Prozent der Taschen- und Zapfenlängen, DW=0: Keine Winkelmessung in der Bearbeitungsebene
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RQ	[0]	2. Abstand vom Mittelpunkt zur 2. Tiefenmess-Position
AQ	[0]	2. Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten einer 2. Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt für eine Winkelberechnung des Taschenbodens Der gemessene Winkel liegt in der Ebene der Verbindungslinie der beiden Messpunkte und der Z-Achse!
TV	[0]	Werkzeugnummer für automatische Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur. Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

**Definition eines ausgearteten 1- bzw. 2-Kants:** Ein 1-Kant kann nur mit seiner Kantenlänge programmiert werden. Beim 2-Kant sind die Kanten zueinander parallel. Beim 1- und 2-Kant werden die Kanten bis zum Rand der Freistellfläche verlängert und über den Rand der Freistellfläche mit einem Kreisbogen verbunden (Ein 1-Kant entspricht bei dieser Definition einer Kreisfläche mit abgeschnittener Sehnenfläche und ein 2-Kant einer Kreisfläche mit zwei gegenüberliegenden abgeschnittenen Sehnenflächen).

Nur bei geradzahliger Anzahl von Kanten kann die Schlüsselweite oder die Kantenlänge eingegeben werden, bei ungeradzahliger Anzahl von Kanten muss die Kantenlänge programmiert werden.

#### **Hinweise:**

Eine optionale Drehung der Mehrkantflächen um die Z-Achse erfolgt beim Aufruf der Zyklen mit G76, G77, G78 und G79.

Beim Schruppen wird mit den Zustellungen DS, DE, D geschruppt und beim Schlichten, mit der Zustellung DF (ohne DS und DE) geschlichtet. Falls DF nicht programmiert ist wird der Rand in voller Höhe in einem Arbeitsgang geschlichtet.

## G72 Rechtecktasche / Rechteckzapfen in Rechtecktasche mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Messerweiterungen

Mit unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien (konturparalleles oder trochoidales HSC-Fräsen) wird eine Rechtecktasche oder eine Rechtecktasche mit zentrischem Rechteckzapfen gefräst oder eine Rechteckfläche oder ein zentrischer Rechteckzapfen auf einer Rechteckfläche freigestellt. Dabei werden Aufmaße berücksichtigt. Der Setzpunkt wird mit der Adresse EP programmiert.

Der Zyklus kann gesteuert durch QM und H mit unterschiedlichen Werkzeugen zum konventionellen oder HSC-Bearbeiten, Schlichten, dem Ansetzen von Randstufen oder Fasen aufgerufen werden.

G72 LP BP ZA/ZI D V *RN LZ BZ RZ HA/HI EP W QM H Q O OR AK AL RH DH/AE DB DS DE RA RM DT F E S M QS VA DF DJ EC FF SF MS ME QL DQ DU DW RP AP RQ AQ TV SO SP*

**Obligat:** **Rechtecktaschengeometrie, Fräszustellung und Sicherheitsabstand**  
 LP Länge der Tasche in der 1. Geometrieachse  
 BP Breite der Tasche in der 2. Geometrieachse  
 ZA|ZI Absolute/inkrementelle Tiefe der Rechtecktasche oder Freistellfläche  
 D Zustelltiefe Schruppen, Zustelltiefenfolge berechnet mit D, DE und DS  
 V Sicherheitsabstand von der Materialoberfläche

*Optional:*

RN [0] Eckenradius der Tasche  
**Zapfengeometrie, Setzpunkt und globale Rückzugsebene:**  
 LZ [0] Länge des zentrischen sitzenden Zapfens  
 BZ [0] Breite des zentrischen sitzenden Zapfens  
 RZ [0] Verrundungsradius des Zapfens  
 HA/HI [HI0] absolute oder inkrementelle Zapfenhöhe ( $\leq$  Materialhöhe)  
 EP [0] Setzpunktfestlegung für den Rechteckzapfenzyklus  
 EP0 Rechtecktaschenmittelpunkt (=ZMA)  
 EP1 Tascheneckpunkt im 1. Quadranten eines Achsenkreuzes im ZMA  
 EP2 Tascheneckpunkt im 2. Quadranten eines Achsenkreuzes im ZMA  
 EP3 Tascheneckpunkt im 3. Quadranten eines Achsenkreuzes im ZMA  
 EP4 Tascheneckpunkt im 4. Quadranten eines Achsenkreuzes im ZMA  
 W [100] Höhe der Rückzugsebene absolut  
**Steueradressen des Programmablaufs:**  
 QM [1] Bearbeitungsauswahl  
 QM0 Überspringen des Zyklus  
 QM1 Bearbeiten ohne Stufen  
 QM2 Bearbeiten mit Stufen  
 QM3 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM ohne Stufen  
 QM4 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM mit Stufen  
 QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)  
 QM-1 Fasen  
 QM-2 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen  
 QM-3 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen unter Beachtung der Schlichtreihenfolge der H-Adresse  
 H [1] Bearbeitungsart  
 H1 Schruppen  
 H2 Planschruppen  
 H4 Schlichten erst Rand dann Boden

		H5	Schlichten erst Boden dann Rand
		H6	nur Rand schlichten
		H7	nur Boden schlichten
		H8	Planschlichten
		H14	Schruppen und Schlichten erst Rand dann Boden
		H15	Schruppen und Schlichten erst Boden dann Rand
		H16	Schruppen und Schlichten nur Rand
		H17	Schruppen und Schlichten nur Boden
		H28	Planschruppen und Schlichten
		<b>Schrupp-Technologie-Adressen:</b>	
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Schruppen	
		Q1	Gleichlauf
		Q2	Gegenlauf
OF	[0]	<b>Vorschuboptimierung</b>	
		OF0	Vorschuboptimierung aus
		OF1	Vorschuboptimierung für konstante Spandicke ein
O	[1]	Zustellbewegung	
		O1	Senkrechtes Eintauchen
		O2	Helikales Eintauchen
		O4	Zustellung im Eilgang bis auf Sicherheitsabstand zum Aufmaß
OR	[1]	<b>Planfräsrichtung</b>	
		OR1	Planfräsen in Richtung der 1. Geometrieachse
		OR2	Planfräsen in Richtung der 2. Geometrieachse
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur	
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche	
RH	[40]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung in Prozent des Fräserdurchmessers	
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung oder alternativ AE	
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel in Winkelgrad beim helikalen Zustellen	
DB	[80]	Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers	
DS	[0]	Startzustellung: Erste Zustelltiefe von der Materialoberfläche aus	
DE	[0]	Endzustellung: Letzte Zustelltiefe vor Erreichen der Endtiefe (plus Aufmaß)	
RA	[0]	Prozentuale Aufmaßreduzierung bei der jeweils darüber liegenden Zustellung	
RM	[300]	<b>RM ist der Bewegungs-Minimalradius in Prozent des Fräserdurchmessers bei den trochoidalen Schrubbewegungen</b>	
DT	[10]	<b>Horizontale Zustellung beim trochoidalen Schruppen in % des Fräserdurchmessers</b>	
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene	
E	[F]	Eintauchvorschub beim Zustellen	
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit	
M	[M]	Zusatzfunktion	
		<b>Schlicht-Technologie-Adressen:</b>	
QS	[1]	Bearbeitungsrichtung Schlichten	
		QS1	Gleichlauf
		QS2	Gegenlauf
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur	
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche	
VA	[0]	Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten	
DF	[0]	maximale vertikale Zustelltiefe beim Schlichten. Im Default-Fall DF=0 wird die gesamte Randtiefe mit einer Schlichtzustellung geschlichtet.	
DJ	[10]	Horizontale Schlicht-Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers	
EC	[0]	Anzahl der Leerschnitte	

FF	[F]	Vorschub Schlichten
SF	[S]	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit Schlichten
MS	[M]	M-Zusatzfunktion beim Schlichten
ME	[M]	M-Zusatzfunktion bei Zyklusende

#### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

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	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung möglich
DW	[0]	Horizontaler Abstand für die Winkelmessung in Prozent der Taschen- und Zapfenlängen, DW=0: Keine Winkelmessung in der Bearbeitungsebene
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RQ	[0]	2. Abstand vom Mittelpunkt zur 2. Tiefenmess-Position
AQ	[0]	2. Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten einer 2. Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt für eine Winkelberechnung des Taschenbodens Der gemessene Winkel liegt in der Ebene der Verbindungslinie der beiden Messpunkte und der Z-Achse!
TV	[0]	Werkzeugnummer für automatische Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur. Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
SO	[50]	Parameternummern Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

#### **Hinweise zur trochoidalen Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung (HSC), Messen und Verschleißkorrektur:**

Weitere Adressen für die trochoidale Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung können mit G24, Modale Zyklusadressen, gesetzt werden.

Eine optionale Drehung der Rechteckflächen um die Z-Achse erfolgt beim Aufruf der Zyklen mit G76, G77, G78 und G79.

Beim In-Prozess-Messen von Rechtecktaschen und Nuten muss daher das Koordinatensystem um den jeweiligen Drehwinkel des Zyklusobjektes mitgedreht werden, um die Startpositionen und Messanfahrichtungen richtig zu wählen zu können.

TV ist die Werkzeugnummer des zu korrigierenden Werkzeugs. Die Adresse TV kann verwendet werden, um den beim Messen ermittelten Verschleiß eines Werkzeugs in den Verschleißkorrekturwerten im Werkzeugspeicher zu aktualisieren.

So kann z.B. nach der Bearbeitung eines Rechteckzapfens die Länge oder die Breite gemessen werden. Weichen die Werte vom Sollmaß ab, wird der als halbe Differenz ermittelte Verschleiß des Werkzeugs zu dem in die Werkzeugverschleißtabelle enthaltenen Verschleißkorrekturwert hinzuaddiert. Beim nächsten Bearbeitungsschritt mit diesem Werkzeug wird dann dieser zusätzliche Verschleiß des Werkzeugs automatisch berücksichtigt.

## G73 Kreistasche / Kreiszapfen in Kreistasche mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Messerweiterungen

Mit unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien (konturparalleles oder trochoidales HSC-Fräsen) wird eine Kreistasche oder eine Kreistasche mit zentrischem Kreiszapfen gefräst oder eine Kreisfläche oder ein zentrischer Kreiszapfen auf einer Kreisfläche freigestellt. Dabei werden Aufmaße berücksichtigt. Der Setzpunkt ist stets der gemeinsame Mittelpunkt.

Der Zyklus kann gesteuert durch QM und H mit unterschiedlichen Werkzeugen zum konventionellen oder HSC-Bearbeiten (beim Zapfen), Schlichten, dem Ansetzen von Randstufen oder Fasen aufgerufen werden.

G73 R ZA/ZI D V RZ HA/HI W QM H Q O AK AL RH DH/AE DB DS DE RA RM DT F E S M QS VA DF DJ EC FF SF MS ME QL DQ DU RP AP RQ AQ TV SO SP

**Obligat: Kreistaschengeometrie, Fräzustellung und Sicherheitsabstand**

R Radius der Tasche  
 ZA|ZI Absolute/inkrementelle Tiefe der Kreistasche oder Freistellfläche  
 D Zustelltiefe Schruppen, Zustelltiefenfolge berechnet mit D, DE und DS  
 V Sicherheitsabstand von der Materialoberfläche

*Optional:* **Zapfengeometrie und Rückzugsebene:**

RZ [0] Zapfenradius  
 HA/HI [HI0] absolute oder inkrementelle Zapfenhöhe ( $\leq$  Materialhöhe)  
 W [100] Höhe der Rückzugsebene absolut

**Steueradressen des Programmablaufs:**

QM [1] Bearbeitungsauswahl  
 QM0 Überspringen des Zyklus  
 QM1 Bearbeiten ohne Stufen  
 QM2 Bearbeiten mit Stufen  
 QM3 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM ohne Stufen  
 QM4 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM mit Stufen  
 QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)  
 QM-1 Fasen  
 QM-2 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen  
 QM-3 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen unter Beachtung der Schlichtreihenfolge der H-Adresse

H [1] Bearbeitungsart  
 H1 Schruppen  
 H2 Planschruppen  
 H4 Schlichten erst Rand dann Boden  
 H5 Schlichten erst Boden dann Rand  
 H6 nur Rand schlichten  
 H7 nur Boden schlichten  
 H8 Planschlichten  
 H14 Schruppen und Schlichten erst Rand dann Boden  
 H15 Schruppen und Schlichten erst Boden dann Rand  
 H16 Schruppen und Schlichten nur Rand  
 H17 Schruppen und Schlichten nur Boden  
 H28 Planschruppen und -schlichten

**Schrupp-Technologie-Adressen:**

Q [1] Bearbeitungsrichtung Schruppen  
 Q1 Gleichlauf  
 Q2 Gegenlauf

OF	[0]	Vorschuboptimierung OF0 Vorschuboptimierung aus OF1 Vorschuboptimierung für konstante Spandicke ein
O	[1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtes Eintauchen O2 Helikales Eintauchen O4 Zustellung im Eilgang bis auf Sicherheitsabstand V zum Aufmaß
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche
RH	[40]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung in Prozent des Fräserdurchmessers
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung oder alternativ AE
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel in Winkelgrad beim helikalen Zustellen
DB	[80]	Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
DS	[0]	Startzustellung: Erste Zustelltiefe von der Materialoberfläche aus
DE	[0]	Endzustellung: Letzte Zustelltiefe vor Erreichen der Endtiefe (plus Aufmaß) Mit D, DS und DE kann eine individuelle Zustellfolge gebildet werden-
RA	[0]	Prozentuale Aufmaßreduzierung bei der jeweils darüber liegenden Zustellung
RM	[300]	RM ist der Bewegungs-Minimalradius in Prozent des Fräserdurchmessers bei den trochoidalen Schruppbewegungen (hier Zapfen-Bearbeitung als Kreisnut)
DT	[10]	Horizontale Zustellung beim trochoidalen Schruppen in % des Fräserdurchmessers
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub beim Zustellen
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Zusatzfunktion
<b>Schlicht-Technologie-Adressen:</b>		
QS	[1]	Bearbeitungsrichtung Schlichten
	QS1	Gleichlauf
	QS2	Gegenlauf
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche
VA	[0]	Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten
DF	[0]	maximale vertikale Zustelltiefe beim Schlichten. Im Default-Fall DF=0 wird die gesamte Randtiefe mit einer Schlichtzustellung geschlichtet.
DJ	[10]	Horizontale Schlicht-Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
EC	[0]	Anzahl der Leerschnitte
FF	[F]	Vorschub Schlichten
SF	[S]	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit Schlichten
MS	[M]	M-Zusatzfunktion beim Schlichten
ME	[M]	M-Zusatzfunktion bei Zyklusende
<b>In-Prozess-Mess-Adressen:</b>		
QL	[P8100]	Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)
DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RQ	[0]	2. Abstand vom Mittelpunkt zur 2. Tiefenmess-Position
AQ	[0]	2. Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten einer 2. Tiefenmess-Position mit

dem Pol im Zyklusmittelpunkt für eine Winkelberechnung des Taschenbodens  
Der gemessene Winkel liegt in der Ebene der Verbindungslinie der beiden  
Messpunkte und der Z-Achse!

TV	[0]	Werkzeugnummer für automatische Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur . Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
SO	[50]	Parameternummern Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

### **Hinweise zur trochoidalen Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung (HSC), Messen und Verschleißkorrektur:**

Weitere Adressen für die trochoidale Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung können mit G24, Modale Zyklusadressen, gesetzt werden.

TV ist die Werkzeugnummer des zu korrigierenden Werkzeugs. Die Adresse TV kann verwendet werden, um den beim Messen ermittelten Verschleiß eines Werkzeugs in den Verschleißkorrekturwerten im Werkzeugspeicher zu aktualisieren.

So kann z.B. nach der Bearbeitung einer Kreistasche der Radius und die Position gemessen werden. Weichen die Werte vom Sollmaß ab, wird der ermittelte Verschleiß des Werkzeugs in die Werkzeugtabelle eingetragen. Beim nächsten Bearbeitungsschritt mit diesem Werkzeug wird der Verschleiß des Werkzeugs automatisch berücksichtigt.

## G74 Nut mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Messerweiterungen

Mit unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien (*pendelnd*, konturparallel oder im trochoidalen HSC-Fräsen) wird eine Nut unter Berücksichtigung der Aufmaße in unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien gefräst.

Der Zyklus kann gesteuert durch QM und H mit unterschiedlichen Werkzeugen zum konventionellen oder HSC-Bearbeiten, Schlichten, dem Ansetzen von Randstufen oder Fasen aufgerufen werden.

G74 LP BP ZA/ZI D V *EP W QM H Q O OVAK AL RH DH/AE DB DS DE RA RM DT F E S M QS VA DF DJ EC FF SF MS ME QL DQ DU DW RP AP RQ AQ TV SO SP*

Obligat:		<b>Nutgeometrie, Fräzzustellung und Sicherheitsabstand</b>
LP		Länge der Nut in der 1. Geometrieachse, Bedingung $LP \geq BP$
BP		Breite der Nut in der 2. Geometrieachse (Durchmesser Abschlusskreisbögen)
ZA ZI		Absolute/inkrementelle Tiefe der Kreistasche oder Freistellfläche
D		Zustelltiefe Schruppen, Zustelltiefenfolge berechnet mit D, DE und DS
V		Sicherheitsabstand von der Materialoberfläche
<i>Optional:</i>		<b>Setzpunkt und globale Rückzugsebene:</b>
EP	[0]	Setzpunktfestlegung für den Nutzyklus EP0 Nutmittelpunkt EP1 Mittelpunkt des rechten Abschlusshalbkreises (in Richtung der positiven 1. Geometrieachse) EP3 Mittelpunkt des linken Abschlusshalbkreises (in Richtung der negativen 1. Geometrieachse)
W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut <b>Steueradressen des Programmablaufs:</b>
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl QM0 Überspringen des Zyklus QM1 Bearbeiten ohne Stufen QM2 Bearbeiten mit Stufen QM3 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM ohne Stufen QM4 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM mit Stufen QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP) QM-1 Fasen QM-2 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen QM-3 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen unter Beachtung der Schlichtreihenfolge der H-Adresse
H	[1]	Bearbeitungsart H1 Schruppen H4 Schlichten erst Rand dann Boden H5 Schlichten erst Boden dann Rand H6 nur Rand schlichten H7 nur Boden schlichten H14 Schruppen und Schlichten erst Rand dann Boden H15 Schruppen und Schlichten erst Boden dann Rand H16 Schruppen und Schlichten nur Rand H17 Schruppen und Schlichten nur Boden <b>Schrupp-Technologie-Adressen:</b>
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Schruppen Q1 Gleichlauf Q2 Gegenlauf

OF	[0]	Vorschuboptimierung OF0 Vorschuboptimierung aus OF1 Vorschuboptimierung für konstante Spandicke ein
O	[1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtes Eintauchen O2 Helikales Eintauchen O3 Pendelndes Eintauchen O4 Zustellung im Eilgang bis auf Sicherheitsabstand V zum Aufmaß
OV	[0]	Einseitig oder beidseitig offene Nutseiten OV0 Beidseitig durch Halbkreis geschlossene Nut OV1 Nut offen im rechten Abschlusshalbkreis (Richtung der positiven 1. Geometrieachse) OV2 Nut offen im linken Abschlusshalbkreis (Richtung der negativen 1. Geometrieachse) OV3 Nut beidseitig offen Die offene Nutseite wird durch die Verbindungsstrecke der Kreisbogenendpunkte gebildet. Diese Strecke ist eine Freistellkontur (d.h. vor dieser Kontur ist bis zur Nuttiefe kein Material vorhanden). Die Zustellung erfolgt unabhängig von O auf einer offenen Nutseite durch senkrechtes Zustellen - im Eilgang falls der Werkzeugdurchmesser kleiner als die Nutbreite ist.
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche
RH	[40]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung in Prozent des Fräserdurchmessers
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung oder alternativ AE
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel in Winkelgrad beim helikalen Zustellen
DB	[80]	Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
DS	[0]	Startzustellung: Erste Zustelltiefe von der Materialoberfläche aus
DE	[0]	Endzustellung: Letzte Zustelltiefe vor Erreichen der Endtiefe (plus Aufmaß) Mit D, DS und DE kann eine individuelle Zustellfolge gebildet werden-
RA	[0]	Prozentuale Aufmaßreduzierung bei der jeweils darüber liegenden Zustellung
RM	[300]	RM ist der Bewegungs-Minimalradius in Prozent des Fräserdurchmessers bei den trochoidalen Schruppbewegungen (hier Zapfen-Bearbeitung als Kreisnut)
DT	[10]	Horizontale Zustellung beim trochoidalen Schruppen in % des Fräserdurchmessers
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub beim Zustellen
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Zusatzfunktion
		<b>Schlicht-Technologie-Adressen:</b>
QS	[1]	Bearbeitungsrichtung Schlichten
	QS1	Gleichlauf
	QS2	Gegenlauf
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche
VA	[0]	Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten
DF	[0]	maximale vertikale Zustelltiefe beim Schlichten. Im Default-Fall DF=0 wird die gesamte Randtiefe mit einer Schlichtzustellung geschlichtet.
DJ	[10]	Horizontale Schlicht-Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
EC	[0]	Anzahl der Leerschnitte
FF	[F]	Vorschub Schlichten
SF	[S]	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit Schlichten
MS	[M]	M-Zusatzfunktion beim Schlichten

ME [M] M-Zusatzfunktion bei Zyklusende

#### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

QL	[P8100]	Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)
DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
DW	[0]	Horizontaler Abstand für die Winkelmessung in Prozent der Taschen- und Zapfenlängen, DW=0: Keine Winkelmessung in der Bearbeitungsebene
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RQ	[0]	2. Abstand vom Mittelpunkt zur 2. Tiefenmess-Position
AQ	[0]	2. Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten einer 2. Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt für eine Winkelberechnung des Taschenbodens Der gemessene Winkel liegt in der Ebene der Verbindungslinie der beiden Messpunkte und der Z-Achse!
TV	[0]	Werkzeugnummer für automatische Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur. Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
SO	[50]	Parameternummern Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

#### **Hinweise zur trochoidalen Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung (HSC), Messen und Verschleißkorrektur:**

Weitere Adressen für die trochoidale Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung können mit G24, Modale Zyklusadressen, gesetzt werden.

Eine optionale Drehung der Nut um die Z-Achse erfolgt beim Aufruf der Zyklen mit G76, G77, G78 und G79.

Beim In-Prozess-Messen von Rechtecktaschen und Nuten muss daher das Koordinatensystem um den jeweiligen Drehwinkel des Zyklusobjektes mitgedreht werden, um die Startpositionen und Messanfahrrichtungen richtig zu wählen zu können.

TV ist die Werkzeugnummer des zu korrigierenden Werkzeugs. Die Adresse TV kann verwendet werden, um den beim Messen ermittelten Verschleiß eines Werkzeugs in den Verschleißkorrekturwerten im Werkzeugspeicher zu aktualisieren.

So können z.B. nach der Bearbeitung einer Nut die Länge oder die Breite gemessen werden. Weichen die Werte vom Sollmaß ab, wird der ermittelte Verschleiß des Werkzeugs in die Werkzeugtabelle eingetragen. Beim nächsten Bearbeitungsschritt mit diesem Werkzeug wird der Verschleiß des Werkzeugs automatisch berücksichtigt.

## G75 Kreisbogennut mit Stufen, Fasen und In-Prozess-Messerweiterungen

Mit unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien (konturparalleles oder trochoidales HSC-Fräsen) wird eine Nut unter Berücksichtigung der Aufmaße in unterschiedlichen Bearbeitungsstrategien (konturparallel, trochoidal oder pendelnd) gefräst.

Der Zyklus kann gesteuert durch QM und H mit unterschiedlichen Werkzeugen zum konventionellen oder HSC-Bearbeiten, Schlichten, dem Ansetzen von Randstufen oder Fasen aufgerufen werden.

G75 RP BP AN AO AP ZA/ZI D V *EP W QM H Q O OVAK AL RH DH/AE DB DS DE RA RM DT F E S M QS VA DF DJ EC FF SF MS ME QL DQ DU RP AP RQ AQ TV SO SP*

Obligat:		<b>Nutgeometrie, Fräszustellung und Sicherheitsabstand</b>
BP		Breite der Nut (Durchmesser der Abschlusskreisbögen)
RP		Radius der Nut
AN		Polarer Startwinkel des Nutstartkreismittelpunktes
AO		Polarer Öffnungswinkel
AP		Polarer Endwinkel des Nutabschlusskreismittelpunktes
		Es müssen zwei der drei Winkel programmiert werden.
ZA ZI		Absolute/inkrementelle Tiefe der Nut (3. Geometrieachse)
D		Zustelltiefe Schruppen, Zustelltiefenfolge berechnet mit D, DE und DS
V		Sicherheitsabstand von der Materialoberfläche
<i>Optional:</i>		<b>Setzpunkt und globale Rückzugsebene:</b>
EP	[0]	Setzpunktfestlegung für den Nutzyklus
		EP0 Nutmittelpunkt
		EP1 Mittelpunkt des Anfangshalbkreises
		EP3 Mittelpunkt des Abschlusshalbkreises
W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
		<b>Steueradressen des Programmablaufs:</b>
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl
		QM0 Überspringen des Zyklus
		QM1 Bearbeiten ohne Stufen
		QM2 Bearbeiten mit Stufen
		QM3 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM ohne Stufen
		QM4 Bearbeiten trochoidal mit Minimalradius RM mit Stufen
		QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)
		QM-1 Fasen
		QM-2 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen
		QM-3 nur die Stufen am Taschenrand ansetzen unter Beachtung der Schlichtreihenfolge der H-Adresse
H	[1]	Bearbeitungsart
		H1 Schruppen
		H4 Schlichten erst Rand dann Boden
		H5 Schlichten erst Boden dann Rand
		H6 nur Rand schlichten
		H7 nur Boden schlichten
		H14 Schruppen und Schlichten erst Rand dann Boden
		H15 Schruppen und Schlichten erst Boden dann Rand
		H16 Schruppen und Schlichten nur Rand
		H17 Schruppen und Schlichten nur Boden

		<b>Schrupp-Technologie-Adressen:</b>
Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Schruppen Q1 Gleichlauf Q2 Gegenlauf
OF	[0]	Vorschuboptimierung OF0 Vorschuboptimierung aus OF1 Vorschuboptimierung für konstante Spandicke ein
O	[1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtes Eintauchen O2 Helikales Eintauchen O3 Pendelndes Eintauchen O4 Zustellung im Eilgang bis auf Sicherheitsabstand $V$ zum Aufmaß
OV	[0]	Einseitig oder beidseitig offene Nutseiten OV0 Beidseitig durch Halbkreis geschlossene Nut OV1 Nut offen im Anfangshalbkreis der Nut OV2 Nut offen im Endhalbkreis der Nut OV3 Nut beidseitig offen Die offene Nutseite wird durch die Verbindungsstrecke der Kreisbogenendpunkte gebildet. Diese Strecke ist eine Freistellkontur (d.h. vor dieser Kontur ist bis zur Nuttiefe kein Material vorhanden). Die Zustellung erfolgt unabhängig von O auf einer offenen Nutseite durch senkrechtes Zustellen - im Eilgang falls der Werkzeugdurchmesser kleiner als die Nutbreite ist.
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche
RH	[40]	Radius der Mittelpunktbahn bei helikaler Zustellung in Prozent des Fräserdurchmessers
DH		Zustellung pro Helix-Umdrehung oder alternativ AE
AE	[5]	Werkzeugeintauchwinkel in Winkelgrad beim helikalen Zustellen
DB	[80]	Horizontale Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
DS	[0]	Startzustellung: Erste Zustelltiefe von der Materialoberfläche aus
DE	[0]	Endzustellung: Letzte Zustelltiefe vor Erreichen der Endtiefe (plus Aufmaß) Mit D, DS und DE kann eine individuelle Zustellfolge gebildet werden-
RA	[0]	Prozentuale Aufmaßreduzierung bei der jeweils darüber liegenden Zustellung
RM	[300]	RM ist der Bewegungs-Minimalradius in Prozent des Fräserdurchmessers bei den trochoidalen Schruppbewegungen (hier Zapfen-Bearbeitung als Kreisnut)
DT	[10]	Horizontale Zustellung beim trochoidalen Schruppen in % des Fräserdurchmessers
F	[F]	Vorschub beim Fräsen in der Ebene
E	[F]	Eintauchvorschub beim Zustellen
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Zusatzfunktion
		<b>Schlicht-Technologie-Adressen:</b>
QS	[1]	Bearbeitungsrichtung Schlichten QS1 Gleichlauf QS2 Gegenlauf
AK	[0]	Aufmaß auf die Kontur
AL	[0]	Aufmaß auf den Boden, AL negativ: Taschenvertiefung für Durchgangstasche
VA	[0]	Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten
DF	[0]	maximale vertikale Zustelltiefe beim Schlichten. Im Default-Fall DF=0 wird die gesamte Randtiefe mit einer Schlichtzustellung geschlichtet.
DJ	[10]	Horizontale Schlicht-Zustellung in % des aktuellen Werkzeugdurchmessers
EC	[0]	Anzahl der Leerschnitte
FF	[F]	Vorschub Schlichten

SF	[S]	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit Schlichten
MS	[M]	M-Zusatzfunktion beim Schlichten
ME	[M]	M-Zusatzfunktion bei Zyklusende

#### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

QL	[P8100]	Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)
DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RQ	[0]	2. Abstand vom Mittelpunkt zur 2. Tiefenmess-Position
AQ	[0]	2. Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten einer 2. Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt für eine Winkelberechnung des Taschenbodens Der gemessene Winkel liegt in der Ebene der Verbindungslinie der beiden Messpunkte und der Z-Achse!
TV	[0]	Werkzeugnummer für automatische Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur . Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
SO	[50]	Parameternummern Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

#### **Hinweise zur trochoidalen Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung (HSC), Messen und Verschleißkorrektur:**

Weitere Adressen für die trochoidale Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung können mit G24, Modale Zyklusadressen, gesetzt werden.

Eine optionale Drehung der Kreisbogennut um die Z-Achse erfolgt beim Aufruf der Zyklen mit G76, G77, G78 und G79.

Beim In-Prozess-Messen von Rechtecktaschen und Nuten muss daher das Koordinatensystem um den jeweiligen Drehwinkel des Zyklusobjektes mitgedreht werden, um die Startpositionen und Messanfahrrichtungen richtig zu wählen zu können.

TV ist die Werkzeugnummer des zu korrigierenden Werkzeugs. Die Adresse TV kann verwendet werden, um den beim Messen ermittelten Verschleiß eines Werkzeugs in den Verschleißkorrekturwerten im Werkzeugspeicher zu aktualisieren.

So kann z.B. nach der Bearbeitung einer Nut die Breite gemessen werden. Weicht dieser Werte vom Sollmaß ab, wird der ermittelte Verschleiß des Werkzeugs in die Werkzeugtabelle eingetragen. Beim nächsten Bearbeitungsschritt mit diesem Werkzeug wird der Verschleiß des Werkzeugs automatisch berücksichtigt.

## **G76 Bohrbild Gerade, Rahmen, Gitter (*Hole pattern line, frame, grit*)**

Die Wiederholung der Zyklusaufrufe mit gleichem Abstand D auf der eindimensionalen Geraden mit Richtung AS wird erweitert mit einer zweiten Richtung AI (bezogen auf die Richtung AS) und einem zweiten Abstand DI zu einem zweidimensionalen Wiederholungsbild der Zyklusaufrufe in den Varianten Flächen-Punktgitter oder nur der Gitterpunkte des Randes (Rahmen).

G76 D AS O *AR W H X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI Q AI DI OI*

Obligat:

D Abstand der Zyklusaufrufpunkte auf der ersten Geraden  
 AS Winkel der Geraden der Zyklusaufrufe (bezüglich 1. Geometrieachse)  
 O Anzahl der Zyklusaufrufpunkte (Zahl der Spalten der Gittermatrix)

*Optional:*

AR [0] Drehwinkel zur 1. Geometrieachse um den das Zyklusobjekt gedreht wird  
 W [100] Höhe der Rückzugsebene absolut  
 H [1] Rückfahrposition  
     H1 Sicherheitsebene wird nach jeder Zyklusausführung angefahren, nach  
         letzter Aufruf-Position jedoch die Rückzugsebene  
     H2 Rückzugsebene wird nach jeder Zyklusausführung angefahren  
         Startpunkt des Bohrbildes (1. Aufrufposition)  
 X/XA/XI [\*] G90, G91/absolute/inkrementelle X-Koordinate des ersten Aufrufpunkts  
 Y/YA/YI [\*] G90, G91/absolute/inkrementelle Y-Koordinate des ersten Aufrufpunkts  
 Z/ZA/ZI [\*] G90, G91/absolute/inkrementelle Z-Koordinate des ersten Aufrufpunkts  
     [\*] Default: aktuelle Werkzeugposition  
 Q [0] Gerade oder Rahmen oder Gitter  
     Q0 Gerade  
     Q1 Rahmen  
     Q2 Gitter  
 DI [D] Abstand der Zyklusaufrufe auf der zweiten Geradenrichtung  
 AI [0] Inkrementeller Winkel der zweiten Rahmen/Gitterrichtung bezüglich der  
     Richtung AS der ersten Richtung der Zykluswiederholungen  
 OI [1] Anzahl der Aufrufpositionen in Richtung AI (Zeilenanzahl der Gittermatrix)

## G77 Mehrfachzyklus auf einem Teilkreis oder mehreren konzentrischen Teilkreisen (Lochkreisen)

G77 R AN/AI AI/AP *O RI OI I/IA J/JA Z/ZI/ZA AR Q W H FP*

Obligat:

R	Radius des Teilkreises, R = 0 ist zulässig
AN	Polarer Winkel der ersten Zyklusaufrufposition bezogen auf die positive 1. Geometrieachse (G17 : X)
AI	Inkrementeller Winkel mit Orientierung ( $\pm$ ) zwischen zwei benachbarten Zyklusaufrufpositionen
AP	Polarer Winkel der letzten Zyklusaufrufposition bezogen auf die positiven 1. Geometrieachse (G17 : X)
O	Anzahl der Zyklusaufrufe auf dem Teilkreis

*Optional:*

<i>RI</i>	<i>Radiusinkrement für konzentrische Teilkreise (positiv oder negativ)</i>
<i>OI</i>	<i>Anzahl der konzentrischen Teilkreise</i>
<i>I/IA</i> [I0]	Mittelpunktcoordinate des Teilkreismittelpunkts in G17, G18 I X-Koordinatendifferenz zwischen Kreismittelpunkt und aktueller Werkzeugposition IA X-Mittelpunktcoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
<i>J/JA</i> [J0]	Mittelpunktcoordinate des Teilkreismittelpunkts in G17, G18 J Y-Koordinatendifferenz zwischen Kreismittelpunkt und aktueller Werkzeugposition JA Y-Mittelpunktcoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
<i>Z/ZI/ZA</i> [Zi-V]	Materialoberfläche (Voreinstellung ZI=-V) Z absolute oder inkrementell Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementell Koordinatenwerteingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe
<i>AR</i> [0]	Drehwinkel mit Orientierung ( $\pm$ ), um den vorab das Zyklusobjekt (Tasche/Nut) um die Zustellachsrichtung in seinem Setzpunkt gedreht wird.
<i>Q</i> [1]	Orientierung der zu bearbeitenden Zyklusgeometrie Q1 Mitdrehen des Objektes (Voreinstellung): Das Objekt wird ab der zweiten Bearbeitungsposition um den inkrementellen Winkel AI um seinen Setzpunkt gedreht. Q2 feste Orientierung des Objektes
<i>W</i> [V]	Höhe der Rückzugsposition absolut in Werkstückkoordinaten
<i>H</i> [1]	Rückfahrposition H1 die Sicherheitsebene wird zwischen zwei Positionen angefahren, die Rückzugsebene erst nach der letzten Position H2 die Rückzugsebene wird zwischen zwei Positionen angefahren H3 Es wird wie bei H1 verfahren, jedoch wird die nächste Position nicht linear, sondern auf einem Teilkreisbogen angefahren.
<i>FP</i> [F]	<i>Positioniervorschub in G94 auf dem Teilkreisbogen bei H3</i>

**Hinweise:**

Ein Sonderfall bei G77 ist der Mehrfachaufruf der Kreisbogennut G75 mit Setzpunkt im Kreisbogenmittelpunkt, wenn die Kreisbogennuten auf einem Kreis mit dem Radius der Kreisbogennut liegen sollen. Mit der Voreinstellung Mitdrehen Q1 des Objektes muss auch R0 programmiert werden.

Im Fall eines negativen Inkrements RI muss für das Produkt  $ABS(RI) \cdot OI > R$  gelten.

## Messoption für die Zyklen G81, G82, G83, G85, G86, G87

Für eine einheitliche Erweiterung der Bohrzyklenfamilie zu Messzyklen werden diese Zyklen mit den nachstehenden optionalen Parametern erweitert. Der Aufruf der Bohrzyklen zum Messen erfolgt wie bei den Taschen mit QM5.

Die Bestimmung einer Verschleißkorrektur bei den Bohrzyklen ist bei Wendeplattenbohrern, Reib- und Ausdreh-Werkzeugen und mit Einschränkung auch bei Spiralbohrern zur Standzeitüberwachung durch Überschreitung von Verschleißgrenzwerten sinnvoll, auch wenn keine tatsächliche Korrekturmöglichkeit – außer beim Bohrfräszyklus G87 – besteht.

		<b>Steueradressen des Programmablaufs:</b>
QM	[1]	Bearbeitungsauswahl
		QM0 Überspringen des Zyklus
		QM1 Bearbeiten
		QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)
		<b>In-Prozess-Mess-Adressen:</b>
QL	[P8100]	Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Vorgaben in G28)
		QL0 Keine Prüfung
		QL1 Messen in der Bearbeitungsebene
		QL2 Messen in der Zustellrichtung Beachten: Die Messung der Tiefe bei Bohrungen mit Spiralbohrern wird durch die konische Spitze verfälscht.
		QL3 Messen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung
		QL5 Messen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit Vertikal-Winkelberechnungen
		QL11 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene mit den Grenzwerten von G28 prüfen
		QL12 Form- und Lagetoleranzen in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen
		QL13 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen
		QL14 Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit Winkelberechnungen mit den Grenzwerten von G28 prüfen
DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87
	[ZI/2]	Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
TV	[0]	Werkzeugnummer für Verschleißkorrektur, TV0: keine Verschleißkorrektur. Diese Adresse wird nur bei G81 – G83, G85, G86 und G87 für die Berechnung der Verschleißkorrekturen und zur möglichen Bestimmung eines Schwesterwerkzeugs verwendet.
RB	[0]	Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur Bestimmung der Verschleißkorrekturen
	[R]	Defaultwert bei G87
SO	[50]	Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus

SP [500] erste Parameternummer der Messwertspeicherung

## Abspeicherung der Messergebnisse in den Parametern

### Position des Zyklusobjekts

P[SP] = Mess-Zyklusnummer + 100 \* vorhandene Satznummer N

P[SP+1] = Setzpunkt der Zyklusgeometrie in X

P[SP+2] = Setzpunkt der Zyklusgeometrie in Y

P[SP+3] = Tiefe in Z des Zyklusgeometriebodens

### Orientierung und Verschleißkorrekturwerte

P[SP+5] = X-Komponente normierter Richtungsvektor der Bohrung

P[SP+6] = Y-Komponente normierter Richtungsvektor der Bohrung

P[SP+7] = Z-Komponente normierter Richtungsvektor der Bohrung

P[SP+10] = Z-Verschleißkorrekturwert

P[SP+11] = Radius-Verschleißkorrekturwert

### Messebene DQ

P[SP+12] = Radius von Kreistasche oder Bohrung

### Messebene DU

P[SP+22] = Radius von Kreistasche oder Bohrung

### Vertikal-Winkelmessungen mit DQ ≠ DU und Mittelwertbildungen

Aus den Messungen werden in jeder der Bearbeitungsebene DQ und DU die Zentren der Objekte und der Zapfen berechnet und daraus die Richtungsvektoren durch die beiden Zentrumsunkte berechnet und als Ergebnisse abgespeichert.

P[SP+30] = Winkel der Verbindungslinie der Y/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Bohrungsmesspunkte/-Quadrantenpunkte in Y-Richtung

P[SP+31] = Winkel der Verbindungslinie der X/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Bohrungsmesspunkte/-Quadrantenpunkte in -X-Richtung

P[SP+32] = Winkel der Verbindungslinie der Y/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Bohrungsmesspunkte/-Quadrantenpunkte in -Y-Richtung

P[SP+33] = Winkel der Verbindungslinie der X/Z-Ebene der beiden übereinanderliegenden Bohrungsmesspunkte/-Quadrantenpunkte in X-Richtung

## G81 Bohrzyklus mit In-Prozess-Messerweiterungen

G81 ZA/ZI V *W F S M QM QL DQ DU RP AP RB SO SP*

Obligat:

ZA/ZI Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung  
V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W [100] Höhe der Rückzugsebene absolut  
F [F] Bohrvorschub  
S Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit

### **Steueradressen des Programmablaufs:**

QM [1] Bearbeitungsauswahl  
QM0 Überspringen des Zyklus  
QM1 Bearbeiten  
QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)

### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

QL [P8100] Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)  
DQ [D] Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche  
Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87  
[ZI/2] Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86  
DU [DQ] Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche  
DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung  
RP [0] Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position  
AP [0] Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt  
RB [0] Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur Bestimmung des Werkzeugverschleißes, RB0 keine Überprüfung  
SO [50] Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus  
SP [500] erste Parameternummer der Messwertspeicherung

Man beachte: Die Messung der Tiefe bei Bohrungen mit Spiralbohrern wird durch die konische Spitze verfälscht.

## G82 Tieflochbohrzyklus mit Spanbruch und mit In-Prozess-Mess-erweiterungen

G82 ZA/ZI D V *W VB DR DM DA O U F E S M QM QL DQ DURP APRB SO SP*

Obligat:

ZA/ZI	Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung
D	Zustelltiefe / Messtiefe, vorzeichenlos bei Messoption
V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
VB	[1]	Rückzugsabstand vom Bohrgrund
DR	[0]	Reduzierwert der Zustelltiefe (ohne Vorzeichen)
DM	[*]	Mindestzustellung; Default: Werkzeugradius / 2
DA		Anbohrtiefe
U		Verweilzeit am Bohrgrund (Spanbruch)
O	[2]	Verweilzeiteinheit
	O1	Sekunden
	O2	Umdrehungen
F	[F]	Bohrvorschub
E	[F]	Anbohrvorschub
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktion

### **Steueradressen des Programmablaufs:**

QM	[1]	Bearbeitungsauswahl
	QM0	Überspringen des Zyklus
	QM1	Bearbeiten
	QM5	Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)

### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

QL	[P8100]	Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)
DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
		Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87
	[ZI/2]	Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
		DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RB	[0]	Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur Bestimmung des Werkzeugverschleißes, RB0 keine Überprüfung
SO	[50]	Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

Man beachte: Die Messung der Tiefe bei Bohrungen mit Spiralbohrern wird durch die konische Spitze verfälscht.

## G83 Tieflochbohrzyklus mit Spanbruch und Entleeren sowie mit In-Prozess-Messerweiterungen

G83 ZA/ZI D V W VB DR DM DA O U F E S M QM QL DQ DU RP AP RB SO SP

Obligat:

ZA/ZI		Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung
D		Zustelltiefe / Messtiefe, vorzeichenlos bei Messoption
V		Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
VB	[1]	Rückzugsabstand vom Bohrgrund
DR	[0]	Reduzierwert der Zustelltiefe (ohne Vorzeichen)
DM	[*]	Mindestzustellung; Default: Werkzeugradius / 2
DA		Anbohrtiefe
U		Verweilzeit am Bohrgrund (Spanbruch)
O	[2]	Verweilzeiteinheit
	O1	Sekunden
	O2	Umdrehungen
F	[F]	Bohrvorschub
E	[F]	Anbohrvorschub
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit

### **Steueradressen des Programmablaufs:**

QM [1]		Bearbeitungsauswahl
	QM0	Überspringen des Zyklus
	QM1	Bearbeiten
	QM5	Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter (SP)

### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

QL [P8100]		Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)
DQ [D]		Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
		Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87
	[ZI/2]	Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86
DU [DQ]		Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche
		DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
RP [0]		Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP [0]		Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
RB [0]		Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur Bestimmung des Werkzeugverschleißes, RB0 keine Überprüfung
SO [50]		Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP [500]		erste Parameternummer der Messwertspeicherung

Man beachte: Die Messung der Tiefe bei Bohrungen mit Spiralbohrern wird durch die konische Spitze verfälscht.

## G84 Gewindebohrzyklus

G84 ZA/ZI F M V *W S M*

Obligat:

ZA/ZI	Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung
F	Gewindesteigung
M	Drehrichtung des Werkzeuges beim Eintauchen
V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		weitere Zusatzfunktion

## G85 Reibzyklus mit In-Prozess-Messerweiterungen

G85 ZA/ZI V *W F E S M QM QL DQ DU RP AP RB SO SP*

Obligat:

ZA/ZI Tiefe der Bohrung, absolut/inkrementell ab Materialoberfläche  
V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W [100] Höhe der Rückzugsebene absolut  
F [F] Bohrvorschub  
E [F] Rückzugsvorschub  
S Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit  
M Zusatzfunktion

### **Steueradressen des Programmablaufs:**

QM [1] Bearbeitungsauswahl  
QM0 Überspringen des Zyklus  
QM1 Bearbeiten  
QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)

### **In-Prozess-Mess-Adressen:**

QL [P8100] Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)  
DQ [D] Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche  
Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87  
[ZI/2] Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86  
DU [DQ] Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche  
DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung  
RP [0] Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position  
AP [0] Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt  
RB [0] Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur Bestimmung des Werkzeugverschleißes, RB0 keine Überprüfung  
SO [50] Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus  
SP [500] erste Parameternummer der Messwertspeicherung

## G86 Ausdrehzyklus mit In-Prozess-Messerweiterungen

G86 ZA/ZI V W DR F S M QM QL DQ DU RP AP RB SO SP

Obligat:

ZA/ZI Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung  
 V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

Optional:

W [100] Höhe der Rückzugsebene absolut  
 DR [WZDm/20] Freifahrweg in der Bearbeitungsebene  
 F [F] Bohrvorschub  
 S Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit  
 M Zusatzfunktion  
**Steueradressen des Programmablaufs:**  
 QM [1] Bearbeitungsauswahl  
 QM0 Überspringen des Zyklus  
 QM1 Bearbeiten  
 QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)

### In-Prozess-Mess-Adressen:

QL [P8100] Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)  
 DQ [D] Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche  
 Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87  
 [ZI/2] Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86  
 DU [DQ] Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche  
 DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung  
 RP [0] Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position  
 AP [0] Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position  
 mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt  
 RB [0] Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur  
 Bestimmung des Werkzeugverschleißes, RB0 keine Überprüfung  
 SO [50] Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus  
 SP [500] erste Parameternummer der Messwertspeicherung

## G87 Bohrfräszyklus mit In-Prozess-Messerweiterungen

Mit G87 wird eine Bohrung durch helikales Zustellen eines Fräswerkzeuges hergestellt.

G87 ZA/ZI R D V *W F S M QM QL DQ DU RP AP TV RB SO SP*

Obligat:

ZA/ZI	Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung
R	Radius der Bohrung
D	Helikale Zustellung, Messtiefe
V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
F	[F]	Bohrvorschub
S		Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktion

### Steueradressen des Programmablaufs:

QM	[1]	Bearbeitungsauswahl
		QM0 Überspringen des Zyklus
		QM1 Bearbeiten
		QM5 Messen der Zyklusgeometrie gemäß QL und Abspeichern unter P(SP)

### In-Prozess-Mess-Adressen:

QL	[P8100]	Mess-Steuerindex (siehe Mess-Adress-Voreinstellungen in G28)
DQ	[D]	Abstand der horizontalen Messebene von der Materialoberfläche Defaultwert D in den Zyklen G82, G83 und G87
	[ZI/2]	Defaultwert ZI/2 = halbe Zustellung in den Zyklen G81, G85 und G86
DU	[DQ]	Abstand der 2. horizontalen Messebene von der Materialoberfläche DU≠DQ, DU=DQ: Keine Winkelmessung in der Zustellrichtung
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmess-Position
AP	[0]	Winkel: RP, AP sind die Polarkoordinaten der Tiefenmess-Position mit dem Pol im Zyklusmittelpunkt
TV	[0]	Werkzeugnummer für automatische Verschleißkorrektur, TV0 keine Verschleißkorrektur. Man beachte: TV darf bei der Verwendung der Mehrfachzyklusaufrufe G76/77 <b>nicht</b> verwendet werden.
RB	[0]	Sollradius der Bohrung zur Überprüfung der Toleranzmaße und zur Bestimmung der Verschleißkorrekturen, RB0 keine Überprüfung
SO	[50]	Parameternummern-Offset für SP bei Mehrfachaufruf eines Zyklus
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung

**Hinweis:** Die Bearbeitung wird durch eine Kreisbewegung ohne Zustellung abgeschlossen. Die Abfahrbewegung erfolgt tangential auf einem Kreis und endet im Mittelpunkt.

## G88 Innengewindefräszyklus

Mit der Gewindetiefe und der Gewindesteigung wird die Zahl der Gewinderillen bestimmt. Mit der Zahl der Werkzeugrillen ergibt sich die Zahl der ganzen Helixumdrehungen, die mit dem Versatz  $D \cdot Q$  einzeln mit An- und Abfahrbewegungen ausgeführt werden. Nur bei Q1 werden alle Helixumdrehungen hintereinander mit nur einer An- und Abfahrbewegung ausgeführt.

Wenn die Zahl der Gewinderillen kein ganzzahliges Vielfaches von Q ist, wird die Restzahl der Gewinderillen-Luftschnitte über der Materialoberfläche ausgeführt, so dass der Sicherheitsabstand gegebenenfalls automatisch vergrößert wird.

G88 ZA/ZI DN D Q V *W BG F S M*

Obligat:

ZA/ZI	Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung
R	Radius der Bohrung
DN	Nenndurchmesser des Innengewindes
D	Gewindesteigung
	D+ Bearbeitung von oben nach unten
	D- Bearbeitung von unten nach oben
Q	Gewinderillenzahl des Werkzeugs
V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
BG	[2]	Bewegungsrichtung des Fräasers
F	[F]	Vorschub
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Zusatzfunktion

Die An- und Abfahrbewegung erfolgt vom Zentrum weg bzw. zum Zentrum des Gewindes hin. Die Bearbeitung wird mit dem Erreichen der Zustelltiefe abgeschlossen. Aber: Der Zyklus führt An- und Abfahrbewegungen in der Bearbeitungsebene aus, denen eine zum Kreissektorwinkel proportionale Zustellung überlagert wird, um den Gewindeeinlauf und -auslauf nicht zu verletzen. Dies bedingt am Gewindestartpunkt (Materialoberfläche) und am Gewindeendpunkt Überlaufzustellwege, die bei Bohrungstiefen zu berücksichtigen sind. Der Zyklus benötigt einen Kreissektor von je 90 Grad um die An- und Abfahrbewegung durchzuführen. Dies erfordert einen beidseitigen Gewindeüberlaufweg von einem Viertel der Gewindesteigung D.

Die Gewindedrehrichtung ergibt sich aus dem Vorzeichen von D und der Bewegungsrichtung BG.

## G89 Außengewindefräszyklus

Mit der Gewindetiefe und der Gewindesteigung wird die Zahl der Gewinderillen bestimmt. Mit der Zahl der Werkzeugrillen ergibt sich die Zahl der ganzen Helixumdrehungen, die mit dem Versatz  $D \cdot Q$  einzeln mit An- und Abfahrbewegungen ausgeführt werden. Nur bei  $Q1$  werden alle Helixumdrehungen hintereinander mit nur einer An- und Abfahrbewegung ausgeführt. Wenn die Zahl der Gewinderillen kein ganzzahliges Vielfaches von  $Q$  ist, wird die Restzahl der Gewinderillen-Luftschnitte über der Materialoberfläche ausgeführt, so dass der Sicherheitsabstand gegebenenfalls automatisch vergrößert wird.

G89 ZA/ZI DN D Q V *W BG F S M*

Obligat:

ZA/ZI	Absolute/inkrementelle Tiefe der Bohrung
R	Radius der Bohrung
DN	Nenndurchmesser des Innengewindes
D	Gewindesteigung D+ Bearbeitung von oben nach unten D- Bearbeitung von unten nach oben
Q	Gewinderillenzahl des Werkzeugs
V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche

*Optional:*

W	[100]	Höhe der Rückzugsebene absolut
BG	[2]	Bewegungsrichtung des Fräasers
F	[F]	Vorschub
S	[S]	Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit
M	[M]	Zusatzfunktion

Der Radius der An- und Abfahrbewegung wird in Abhängigkeit vom Gewindekerndurchmesser, der Steigung und dem Werkzeugdurchmessers von der Steuerung berechnet. Die Bearbeitung wird mit dem Erreichen der Zustelltiefe abgeschlossen. Aber: Der Zyklus führt An- und Abfahrbewegungen in der Bearbeitungsebene aus, denen eine zum Kreissektorwinkel proportionale Zustellung überlagert wird, um den Gewindeeinlauf und -auslauf nicht zu verletzen. Dies bedingt am Gewindestartpunkt (Materialoberfläche) und am Gewindeendpunkt Überlaufzustellwege, die bei Bohrungstiefen zu berücksichtigen sind. Der Zyklus benötigt einen Kreissektor von je 90 Grad um die An- und Abfahrbewegung durchzuführen. Dies erfordert einen beidseitigen Gewindeüberlaufweg von einem Viertel der Gewindesteigung  $D$ .

Die Gewindedrehrichtung ergibt sich aus dem Vorzeichen von  $D$  und der Bewegungsrichtung  $BG$ .

## Werkstückhandhabung mit Robotern

Für die automatische Werkstückbeschickung und Werkstückentnahme wird eine Fräsmaschine und ein Roboter von einer zweikanaligen CNC-Steuerung mit der **PAL-Befehlskodierung 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 Fräsmaschine mit der **PAL-Befehlskodierung Fräsen**.

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 Punkttrichtungsprogrammierung 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 Werkstückmagazinen 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 Robotergreifer in den Varianten flexibler Einzelgreifer für Werkstückrohteil 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-Steuerungskanälen 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.

## 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	Gripper 1 close jaws
M911	Greifer 1 Backen öffnen	Gripper 1 open jaws
M919	Auswahl Greifer 1	Select gripper 1
M920	Greifer 2 Backen öffnen	Gripper 2 open jaws
M921	Greifer 2 Backen schließen	Gripper 2 close jaws
M929	Auswahl Greifer 2	Select gripper 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 Programmablauf 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.

## 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 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 durch die erneute Einspannung 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:

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.

## Message-Befehl MSG – Anzeige der Messergebnisse

Bei der Verwendung von Messtastern in der MDI-Betriebsart (Manual Data Input), z.B. beim Antasten des Werkstücks zum Nullpunktsetzen, werden die Messergebnisse unmittelbar an der Steuerungskonsole angezeigt. Dazu gibt es den Message-Befehl MSG mit dem der Programmierer die Ergebnisse auf dem CNC-Steuerungsdisplay anzeigen kann.

MSG "Text1" Pxx "Text2" Pyy "Text3" Pzz usw.

### *Optional:*

"Text"	beliebiger Text in Hochkommata
Pxx	Wert des angegebenen Parameters

Die Adressliste kann eine beliebig lange Folge von Texten gefolgt von Parametern enthalten. Zwei aufeinanderfolgende Ausgaben werden durch ein Leerzeichen getrennt, zusätzliche Leerzeichen können in Text-Ausgaben zwischen den Hochkommastellen eingefügt werden.

**Beispiel:** MSG "KREISTASCHENMITTELPUNKT X:" P110 " Y:" P130 " RADIUS:" P135

**Konsol-Meldung:** KREISTASCHENMITTELPUNKT X: 24.005 Y: 23.996 RADIUS: 19.008

## 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 Koordinatenselbthaltefunktion
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 $SP \leq 0$ werden diese Ergebnisse nicht gespeichert.

## **Beschreibung des Messvorgangs mit den Steueradressen FM, FT, LM, LO, LT 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 Zielpunkttrichtung um eine Überfahrlänge LO über die Zielpunkt hinaus verlängert, falls bis zum programmierten Zielpunkt keine Hindernisberührung stattgefunden hat. Gibt es auch mit der Verlängerung LO der Verfahrstrecke 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, LT 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 Anfahrtrichtung 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.

## 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 FM verfahren.

G8 LM *BX BY BZ B I J K LP BP R RZ D RS V W AI AN Q X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI RP AP EP TV SP*

Obligat:

LM	Messzyklen-Auswahladresse
LM400	Messen Einzelpunkt
LM401	Messen Außenecke
LM405	Messen Nutbreite
LM406	Messen Stegbreite
LM407	Messen Kreisbogensegment innen
LM408	Messen Kreisbogensegment außen
LM500	Nullpunktsetzen in einzelnen Koordinaten
LM501	Nullpunktsetzen an einer Außenecke
LM568	Nullpunktsetzen am einem Rechteckzapfen
LM572	Nullpunktsetzen an einer Rechtecktasche
LM573	Nullpunktsetzen an einer Kreistasche/-zapfen

*Optional:*

<i>BX</i>		Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in X
<i>BY</i>		Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Y
<i>BZ</i>		Vom Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Z
<i>B</i>		Sollwert von Nutbreite oder Stegbreite
<i>I</i>	[0]	Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I) oder Sollwert absolut in X
<i>J</i>	[0]	Verschiebung der gemessenen Y-Nullpunktcoordinate um -J (minus J) oder Sollwert absolut in Y
<i>K</i>	[0]	Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K) oder Sollwert absolut in Z
		Der gemessene und gesetzte Nullpunkt hat damit die Koordinaten (I, J, K)
<i>LP</i>	[0]	Soll-Länge der Rechtecktasche oder des Rechteckzapfens
<i>BP</i>	[0]	Soll-Breite der Rechtecktasche oder des Rechteckzapfens
<i>R</i>	[0]	Soll-Radius des Kreisbogens oder Kreistasche
<i>RZ</i>	[0]	Soll-Radius des Kreiszapfens
<i>D</i>	[0]	Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung
<b>RS</b>	[0]	Kreistaschen-Hindernisbereich als zentrische Kreisfläche
<i>V</i>	[0]	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
<i>W</i>	[0]	Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten, Vorbelegung ist die Sicherheitsebene

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)
X/XA/XI		Startpunkt der Messbewegung (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
Y/YA/YI		Startpunkt der Messbewegung (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
Z/ZA/ZI		Startpunkt der Messbewegung (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
RP	[0]	Abstand vom Messobjekt-Mittelpunkt zur Tiefenmessungsposition
AP	[0]	Winkel der Antastrichtung bezüglich Taschenlängsrichtung der Tiefenmessungsposition
EP	[0]	Messpunktauswahl bei Taschen zur Verwendung als Einstellbarer Nullpunkt
TV	[0]	Werkzeugnummer für Verschleißkorrekturwerteintrag
SP	[500]	erste Parameternummer der Messwertspeicherung P[SP] = Zyklusnummer

### LM400 Messen Einzelcoordinate X oder Y oder Z

Beim Antasten einer achsparallelen Fläche wird nur eine Achse verfahren, deren Achskoordinate und Richtung (Vorzeichen) mit BX oder BY oder BZ 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 (BX I) / (BY J) / (BZ K) X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI TV SP

Obligat:

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

Optional:

X/XA/XI	Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
Y/YA/YI	Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
Z/ZA/ZI	Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
I	X-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll
J	Y-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll
K	Z-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll
TV	Werkzeugnummer für Verschleißkorrektüreinträge 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 drei Parameter gesetzt. P[SP+1] = Kante in X bei BX P[SP+2] = Kante in Y bei BY P[SP+3] = Kante in Z bei BZ

## LM401 Messen Außenecke von drei achsparallelen Flächen

Mit einem vor und über der zu messenden Ecke liegenden Startpunkt wird ein gegenüber dem Startpunkt in allen drei Koordinatenachsen um  $BX \neq 0$ ,  $BY \neq 0$ ,  $BZ \neq 0$  inkrementell verschobener Zielpunkt der Messbewegungen gewählt, so dass der durch den Startpunkt und den Zielpunkt aufgespannte Quader die zu messende Ecke in seinem Inneren enthält. Die Vorzeichen der inkrementellen Verschiebungen bestimmen die Lage der zu messenden Ecke.

Ausgehend von dem inkrementell um

BX und BY verschoben Startpunkt erfolgt die Messung in Z bei der Bewegung um BZ

BX und BZ verschoben Startpunkt erfolgt die Messung in Y bei der Bewegung um BY

BY und BZ verschoben Startpunkt erfolgt die Messung in X bei der Bewegung um BX

Die Abstände des zu messenden Eckpunktes von den Quaderflächen entsprechen dann paarweise den Abständen des Tasterberührungspunktes von den Kanten der Ecke.

Die Abstände vom jeweiligen Startpunkt zur Messfläche müssen 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 LM401 BX *I* BY *J* BZ *K* *X/XA/XI* *Y/YA/YI* *Z/ZA/ZI* *TV* *SP*

Obligat:

BX Vom um BY und BZ verschobenen Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in X

BY Vom um BZ und BX verschobenen Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Y

BZ Vom um BX und BY verschobenen Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Z

*Optional:*

X/XA/XI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)

Y/YA/YI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)

Z/ZA/ZI Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)

I X-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll

J Y-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll

K Z-Sollposition zur Verschleißkorrekturberechnung und Messprotokoll

TV Werkzeugnummer für die Verschleißkorrekturwerteinträge für Länge und Radius diese Ecke gefertigt wurde

SP erste Parameternummer der Messwertspeicherung

P[SP] = Zyklusnummer

P[SP+1] = Eckpunktcoordinate in X

P[SP+2] = Eckpunktcoordinate in Y

P[SP+3] = Eckpunktcoordinate in Z

## LM405 Messen der Nutbreite einer geraden und optional gedrehten Nut

Die Breite einer geraden Nut kann nach der Drehung des Koordinatensystems um AN unter Mitführung des Startpunktes mit der Programmierung von B gemessen werden. Es wird zunächst auf Material-Oberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius zugestellt, dann in X und Y positioniert, das Koordinatensystem auf den Startpunkt verschoben und um AN gedreht. Dann wird auf Materialoberfläche minus Messtiefe abgesenkt und gemessen. Nach beendeter Messung erfolgt der Rückzug auf die Materialoberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius und das Koordinatensystems wird zurückgesetzt.

G8 LM405 B D *V AN X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI TV SP*

Obligat:

B Sollnutbreite im um AN gedrehten Koordinatensystem  
D Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

*Optional:*

V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche  
AN [0] Winkel der Nut-Richtung bezogen auf die 1. Geometrieachse X  
X/XA/XI Startpunkt Nutmitte (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Y/YA/YI Startpunkt Nutmitte (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Z/ZA/ZI Startpunkt in der Zustellachse (Vorbelegung aktuelle Tasterposition über Material plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius)  
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 eines optional gedrehten Steges

Die Breite eines geraden Steges kann nach der Drehung des Koordinatensystems um AN unter Mitführung des Startpunktes mit der Programmierung von B gemessen werden. Es wird zunächst auf Material-Oberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius zugestellt, dann in X und Y positioniert, das Koordinatensystem auf den Startpunkt verschoben und um AN gedreht. Anschließend wird 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. Nach beendeter Messung erfolgt der Rückzug auf die Materialoberfläche plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius und das Koordinatensystems wird zurückgesetzt.

G8 LM406 B D V AN X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI TV SP

Obligat:

B Sollstegbreite im um AN gedrehten Koordinatensystem  
D Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

Optional:

V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche  
AN [0] Winkel der Steg-Richtung bezogen auf die 1. Geometrieachse X  
X/XA/XI Startpunkt Stegmitte (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Y/YA/YI Startpunkt Stegmitte (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Z/ZA/ZI Startpunkt in der Zustellachse (Vorbelegung aktuelle Tasterposition über Material plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius)  
TV Werkzeugnummer für die Radius-Verschleißkorrekturwerteintrag des Werkzeugs mit welchem dieses Steg gefertigt wurde  
SP erste Parameternummer der Messwertspeicherung  
P[SP] = Zyklusnummer  
P[SP+1] = **Stegbreite**

### LM407 Messen Kreisbogensegment innen (3-Punktemessung)

In der Sicherheitsebene wird der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messstartpunkt auf dem Anfah-Kreisbogen mit dem Radius ( $R - LM$ ) angefahren, um die minimal erforderliche Messweglänge  $LM$  zu garantieren. Dann wird auf Messtiefe zugestellt und anschließend der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messpunkt im Messvorschub angefahren und gemessen. Nach Rückfahrt auf den Messwegstartpunkt wird mit dem Winkelinkrement  $AI$  der nächste Messwegstartpunkt berechnet und gemessen. Nach der Messung des dritten Punktes erfolgt die Berechnung des Radius und des Mittelpunktes.

G8 LM407 R D *V AN AI X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI TV SP*

Obligat:

R Sollradius  
D Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

*Optional:*

V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche  
AN [0] Winkel der Antastrichtung  
AI [120] Inkementwinkel  
X/XA/XI Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Y/YA/YI Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Z/ZA/ZI Startpunkt in der Zustellachse (Vorbelegung aktuelle Tasterposition über Material plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius)  
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+2] = Mittelpunkt in Y  
P[SP+4] = Radius

### LM408 Messen Kreissegment außen (3-Punktemessung)

In der Sicherheitsebene 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 auf Messtiefe zugestellt und anschließend der erste in Richtung AN vom Kreismittelpunkt liegende Messpunkt im Messvorschub angefahren und gemessen. Nach Rückfahrt zu den Zustellpunkt wird mit dem Winkelinkrement  $AI$  der nächste Messstartpunkt angefahren und gemessen. Nach der Messung des dritten Punktes erfolgt die Berechnung des Radius und des Mittelpunktes.

G8 LM408 R D *V AN AI X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI TV SP*

Obligat:

R Sollradius  
D Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

*Optional:*

V Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche  
AN [0] Winkel der Antastrichtung  
AI [120] Inkementwinkel  
X/XA/XI Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Y/YA/YI Startpunkt Mittelpunkt des Kreisbogens (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)  
Z/ZA/ZI Startpunkt in der Zustellachse (Vorbelegung aktuelle Tasterposition über Material plus Sicherheitsabstand plus Tasterradius)  
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+2] = Mittelpunkt in Y  
P[SP+4] = Radius

## LM500 Nullpunktsetzen Einzelpunkt

Beim Antasten einer achsparallelen Fläche wird nur eine Achse verfahren, deren Achskoordinate und Richtung (Vorzeichen) mit BX oder BY oder BZ 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 I oder J oder K kann Verschiebung der gemessenen Nullpunktcoordinate vorgegeben werden (z.B. für ein Aufmaß).

G8 LM500 (BX I) / (BY J) / (BZ K) *Q X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI*

Obligat:

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

*Optional:*

Q	[*]	Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt)
X/XA/XI		Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
Y/YA/YI		Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
Z/ZA/ZI		Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)
I	[0]	Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I)
J	[0]	Verschiebung der gemessenen Y-Nullpunktcoordinate um -J (minus J)
K	[0]	Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K)

Ein gemessener Nullpunkt hat dann die Koordinaten (I, J, K)

## LM501 Nullpunktsetzen Aussenecke

Mit einem vor und über der zu messenden Ecke liegenden Startpunkt wird ein gegenüber dem Startpunkt in allen drei Koordinatenachsen um  $BX \neq 0$ ,  $BY \neq 0$ ,  $BZ \neq 0$  inkrementell verschobener Zielpunkt der Messbewegungen gewählt, so dass der durch den Startpunkt und den Zielpunkt aufgespannte Quader die zu messende Ecke in seinem Inneren enthält. Die Vorzeichen der inkrementellen Verschiebungen bestimmen die Lage der zu messenden Ecke.

Ausgehend von dem inkrementell um

- BX und BY verschoben Startpunkt erfolgt die Messung in Z bei der Bewegung um BZ
- BX und BZ verschoben Startpunkt erfolgt die Messung in Y bei der Bewegung um BY
- BY und BZ verschoben Startpunkt erfolgt die Messung in X bei der Bewegung um BX

Die Abstände des zu messenden Eckpunktes von den Quaderflächen entsprechen dann paarweise den Abständen des Tasterberührungspunktes von den Kanten der Ecke.

Die Abstände vom jeweiligen Startpunkt zur Messfläche müssen 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 Punkt mit den Koordinatenwerten X, Y und Z wird als Einstellbarer Nullpunkt Q übernommen. Mit I, J, K können noch Verschiebungen der gemessenen Nullpunktkoordinaten vorgennommen werden (z.B. für ein Bearbeitungsaufmaß).

G8 LM501 (BX I) (BY J) (BZ K) Q X/XA/XI Y/YA/YI Z/ZA/ZI

Obligat:

- |    |   |
|----|---|
| BX | Vom um BY und BZ verschobenen Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in X |
| BY | Vom um BZ und BX verschobenen Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Y |
| BZ | Vom um BX und BY verschobenen Startpunkt ausgehende inkrementelle Messtrecke in Z |

Optional:

- |         |     |   |
|---------|-----|---|
| Q       | [*] | Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt) |
| X/XA/XI |     | Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)                          |
| Y/YA/YI |     | Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)                          |
| Z/ZA/ZI |     | Startpunkt (Vorbelegung aktuelle Tasterposition)                          |
| I       | [0] | Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktkoordinate um -I (minus I)         |
| J       | [0] | Verschiebung der gemessenen Y-Nullpunktkoordinate um -J (minus J)         |
| K       | [0] | Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktkoordinate um -K (minus K)         |
- Ein gemessener Nullpunkt hat dann die Koordinaten (I, J, K)

## LM568 Nullpunktsetzen Rechteckzapfen

Die gemessenen Koordinaten X, Y des Mittelpunktes einer Rechteckzapfenoberfläche oder bei EP ungleich 0, auch einer Ecke der Rechteckzapfens und wird als Nullpunkt in X, Y und die Zapfenhöhe als Nullpunkt in Z gesetzt. Mit I, J oder K können noch Verschiebung der gemessenen Nullpunktkoordinaten vorgenommen werden (z.B. für ein Bearbeitungsaufmaß).

G8 LM568 LP BP D *Q ZA/ZI V W RP AP QL EP I J K*

Obligat:

LP		Solltaschenlänge
BP		Solltaschenbreite
D		Messtiefe bei der Messung der Berandung

*Optional:*

Q	[*]	Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt)
ZA/ZI		Höhe des Zapfens
V		Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
W		Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten, Vorbelegung ist die Sicherheitsebene
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmessung
AP	[0]	Winkel der Antastrichtung bezüglich Taschenlängsrichtung für Tiefenmessung
QL	[1]	Messoption Tiefe messen (Default: nicht programmiert nur in Arbeitsebene) QL1 Setzpunkt messen. Der Nullpunkt wird nur in X, Y gesetzt und in Z nicht verändert QL3 Setzpunkt und Zapfenhöhe messen
EP	[0]	Setzpunktfestlegung für des als Nullpunkt zu berechnenden Punktes in der Rechteckzapfen-Oberfläche EP0 Rechteckzapfenflächenmittelpunkt EP1 Eckpunkt im ersten Quadranten eines Achsenkreuzes im Mittelpunkt EP2 Eckpunkt im zweiten Quadranten eines Achsenkreuzes im Mittelpunkt EP3 Eckpunkt im dritten Quadranten eines Achsenkreuzes im Mittelpunkt EP4 Eckpunkt im vierten Quadranten eines Achsenkreuzes im Mittelpunkt
I	[0]	Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I)
J	[0]	Verschiebung der gemessenen Y-Nullpunktcoordinate um -J (minus J)
K	[0]	Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K) Ein gemessener Nullpunkt hat dann die Koordinaten (I, J, K)

Die Position des Zapfens und die Materialoberfläche wird in G79 angeben.

## LM572 Nullpunktsetzen Rechtecktasche

Die gemessenen Koordinaten X, Y, des Mittelpunktes einer Rechtecktaschenoberfläche oder bei EP ungleich 0, einer Ecke der Rechtecktasche und wird als Nullpunkt in X, Y und mit QL3 die Tiefe der Tasche als Nullpunkt in Z gesetzt. Mit I, J, oder K können Verschiebung der gemessenen Nullpunktkoordinaten vorgegeben werden (z.B. für ein Bearbeitungsaufmaß).

G8 LM572 LP BP D *Q ZA/ZI V W RP AP QL EP I J K*

Obligat:

LP	Solltaschenlänge
BP	Solltaschenbreite
D	Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

*Optional:*

Q	[*]	Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt)
ZA/ZI		Tiefe der Tasche
V		Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
W		Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten, Vorbelegung ist die Sicherheitsebene
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmessung
AP	[0]	Winkel der Antastrichtung bezüglich Taschenlängsrichtung für Tiefenmessung
QL	[1]	Messoption Tiefe messen (Default: nicht programmiert nur in Arbeitsebene) QL1 Setzpunkt messen. Der Nullpunkt wird nur in X, Y gesetzt. QL3 Setzpunkt und Tiefe messen. Der Nullpunkt wird in X, Y, und in Z auf den Boden der Tasche gesetzt.
EP	[0]	Festlegung des Nullpunkt in X, Y in der Rechtecktaschen-Oberfläche EP0 Mittelpunkt der Rechtecktaschenoberfläche EP1 Eckpunkt im ersten Quadranten eines Achsenkreuzes EP2 Eckpunkt im zweiten Quadranten eines Achsenkreuzes EP3 Eckpunkt im dritten Quadranten eines Achsenkreuzes EP4 Eckpunkt im vierten Quadranten eines Achsenkreuzes
I	[0]	Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I)
J	[0]	Verschiebung der gemessenen Y-Nullpunktcoordinate um -J (minus J)
K	[0]	Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K) Ein gemessener Nullpunkt hat dann die Koordinaten (I, J, K)

Die Position und die Materialoberfläche wird in G79 angeben.

## LM573 Nullpunktsetzen für Kreistaschen oder Kreiszapfen

Die gemessenen Koordinaten X, Y, des Mittelpunktes einer Kreistaschen- oder Kreiszapfenoberfläche wird als Nullpunkt gesetzt. Der Nullpunkt in Z wird bei einer Kreistasche auf den Taschenboden und bei einem Kreiszapfen auf die Zapfenoberfläche gelegt. Mit I, J, oder K können Verschiebung der gemessenen Nullpunktkoordinaten vorgegeben werden (z.B. für ein Bearbeitungsaufmaß).

G8 LM573 ZA/ZI R/RZ D *Q V W RS PR AP QL I J K*

Obligat:

ZA/ZI		Tiefe der Tasche/Höhe des Zapfens
R		Sollradius der Kreistasche
RZ		Sollradius des Kreiszapfens
D		Messtiefe von der Materialoberfläche für die Berandungsmessung

*Optional:*

Q	[*]	Nummer des Einstellbaren Nullpunkts (*: Vorbelegung: aktueller Nullpunkt)
V	[1]	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
W	[V]	Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten, Vorbelegung ist die Sicherheitsebene
RS		Hindernisradius
RP	[0]	Abstand vom Mittelpunkt zur Tiefenmessung
AP	[0]	Winkel der Antastrichtung bezüglich Taschenlängsrichtung für Tiefenmessung
QL	[1]	Messoption Tiefe messen (Default: nicht programmiert nur in Arbeitsebene) QL1 Mittelpunkt messen. Der Nullpunkt wird nur in X, Y gesetzt. QL3 Mittelpunkt und Tiefe für R / Höhe für RZ bestimmen. Der Nullpunkt in Z wird bei einer Kreistasche auf den Taschenboden und bei einem Kreiszapfen auf die Zapfenoberfläche gelegt.
I	[0]	Verschiebung der gemessenen X-Nullpunktcoordinate um -I (minus I)
J	[0]	Verschiebung der gemessenen Y-Nullpunktcoordinate um -J (minus J)
K	[0]	Verschiebung der gemessenen Z-Nullpunktcoordinate um -K (minus K) Ein gemessener Nullpunkt hat dann die Koordinaten (I, J, K)

Die Position und die Materialoberfläche wird in G79 angeben.

## 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 T TC FM X Y Z R *AH AV C*

Obligat:

T		T-Nummer des Mess-Teasters
TC		Korrekturwertregister Mess-Teasters
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
C	[1]	Kalibrieren
	C1	Ring innen
	C2	Ring außen
	C3	Kugel

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 Kollisionsüberfahrweglänge 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 Kollisionsüberfahrweglänge des Tasters zu einer Taster-Referenzlänge aus der Tastergeometrie mit dem Ablenkungswinkel und den Achsbeschleunigungsdaten berechnet werden).

G27 FM FT LM LO *LT TC*

### Obligat:

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. <b>Wichtig: Für <math>LT \leq 0</math> wird die Vorausmessung unterdrückt</b>
TC	[1]	Korrekturwertregister des Mess-Tasters

### Hinweise:

In einem Programmlauf müssen die Mess-Steueradressen beim ersten Einwechseln eines 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-Macros können diese Adressen ebenfalls als Parameter mit den angegebenen Parameternummern verwendet werden.

G28 *QL 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:*

		<b>Parameter</b>
	<b>Auswahl des In-Prozess-Messumfangs</b>	
QL		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	
QL11	Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene mit den Grenzwerten von G28 prüfen	
QL12	Form- und Lagetoleranzen in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen	
QL13	Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen	
QL14	Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene unter Einbeziehung der Verrundungsradien und in der Zustellrichtung mit den Grenzwerten von G28 prüfen	
QL15	Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene und in der Zustellrichtung mit <b>Vertikal-Winkelberechnungen</b> mit den Grenzwerten von G28 prüfen	
QL16	Form- und Lagetoleranzen in der Bearbeitungsebene wie QL15 und zusätzlich mit <b>Horizontal-Winkelberechnungen</b> und Mittelwertbildungen mit den Grenzwerten von G28 prüfen	
QLxx = QL(xx+100)	Zusätzlich zu den Messungen in den Bearbeitungsebenen werden auch die Verundungen der Rechtecktaschen und Rechteckzapfen gemessen	
	<b>Lageabweichungen</b>	
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
DRMIN	minimale Radius-Abweichung	P8114
DRMAX	maximale Radius-Abweichung	P8115
DRZMIN	minimale Zapfenradius-Abweichung	P8116
DRZMAX	maximale Zapfenradius-Abweichung	P8117
DLMIN	minimale Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8118
DLMAX	maximale Längen-Abweichung 1. Geometrieachse	P8119
DBMIN	minimale Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8120
DBMAX	maximale Längen-Abweichung 2. Geometrieachse	P8121
DAV	symmetrische vertikale Winkel-Abweichung	P8122
DAH	symmetrische horizontale Winkel-Abweichung	P8123
DAVMIN	minimale vertikale Winkel-Abweichung	P8124
DAVMAX	maximale vertikale Winkel-Abweichung	P8125
DAHMIN	minimale horizontale Winkel-Abweichung	P8126
DAHMAX	maximale horizontale Winkel-Abweichung	P8127

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

# 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 Wert des Parameters P0 hat die spezielle Bedeutung eines noch nicht durch eine Zuweisung definierten Parameters (undefined).

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.

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-Achspannung absolut	
PBA	Aktuelle B-Achspannung absolut	
PCA	Aktuelle C-Achspannung 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

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

<b>Vorzeichen- angabe</b>	+ -	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.
-------------------------------	--------	--

<b>Klammern</b>	()	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).

<b>Absolutbetrag</b>	<b>ABS(F/I)</b>	Berechnet den Absolutbetrag des Argumentes als Funktionswert.
<b>Integer-Wert</b>	<b>INT(F)</b>	Schneidet die Nachkommastellen des Argumentes ab und hat als Funktionswert eine ganze Zahl.
<b>Modulo-Funktion</b>	<b>MOD(I1,I2)</b>	Restbetrag IR einer ganzzahligen Division. Der Rest $IR = I1 - (I1 / I2) * I2$ ist betragsmäßig kleiner als I2.
<b>Aufrunden</b>	<b>CEIL(F)</b>	Bestimmt die kleinste ganze Zahl, die größer oder gleich dem Funktionsargument ist.
<b>Abslutwert abrunden</b>	<b>FIX(F)</b>	Aufrunden und Abrunden aus eine ganze Zahl.
<b>Abrunden</b>	<b>FLOOR(F)</b>	Bestimmt die größte ganze Zahl, die kleiner oder gleich dem Argument ist
<b>Abslutwert aufrunden</b>	<b>FUP(F)</b>	Aufrunden und Abrunden aus eine ganze Zahl.
<b>Runden</b>	<b>ROUND(F)</b>	Aufrunden und Abrunden aus eine ganze Zahl.
<b>Vorzeichenen</b>	<b>SGN(F)</b>	Bei negativen Argument = -1 bei positiven Argument = +1.
<b>Sinus</b>	<b>SIN(F)</b>	Sinusfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
<b>Kosinus</b>	<b>COS(F)</b>	Kosinusfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
<b>Tangens</b>	<b>TAN(F)</b>	Tangensfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
<b>Arcussinus</b>	<b>ASIN(F)</b>	Arcussinusfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
<b>Arcuskosinus</b>	<b>ACOS(F)</b>	Arcuskosinusfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
<b>Arcustangens</b>	<b>ATAN(F)</b>	Arcustangensfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
<b>ATAN2(F1,F2)</b>	<b>ATAN2(F1,F2)</b>	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 $F1 < 0$ .
<b>Quadrat-Wurzel</b>	<b>SQRT(F)</b>	Quadratwurzelfunktion
<b>Exponential-funktion</b>	<b>EXP(F)</b>	Die Exponentialfunktion ist die Potenz $e^F$ und wird mit der Eulerschen Konstanten $e = 2,71828$ berechnet.
<b>natürlicher Logarithmus</b>	<b>LN(F)</b>	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 Ausdrucks 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 Ausdrucks 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 den 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	( <b>EQUAL</b> )
NE	ungleich	( <b>NOT EQUAL</b> )
GT	größer als	( <b>GREATER THAN</b> )
GE	größer gleich	( <b>GREATER or EQUAL</b> )
LT	kleiner als	( <b>LESS THAN</b> )
LE	kleiner gleich	( <b>LESS or EQUAL</b> )

**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. Mit GOTO 10 wird vom Programmanfang aus die Satznummer N10 gesucht und dann dieser NC-Satz angesprungen oder bricht mit einer Fehlermeldung ab, wenn diese Satznummer nicht gefunden wird.

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

## IF-Anweisung

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

	GOTO	für bedingte Sprünge		
<b>oder</b>	THEN	für bedingte Zuweisungen:		
	IF (logischer Ausdruck)	GOTO	xxx	
	IF (logischer Ausdruck)	THEN	NC-Anweisung	

### Obligate Eingaben:

(logischer Ausdruck)	Bedingung
GOTO	
xxx	Sprungziel-NC-Satznummer
<b>oder</b>	
THEN	
NC-Anweisung	Auszuführende NC-Anweisung

Nach IF kann ein logischer Ausdruck programmiert werden.

Solange der **logische Ausdruck wahr ist**, wird auf die Satznummer GOTO gesprungen oder die Zuweisung nach THEN ausgeführt.

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

Im Fall von GOTO sucht das Program die Satznummer, die nach GOTO angegeben wurde, vom Programmanfang aus und bricht mit einer Fehlermeldung ab, wenn diese Satznummer nicht gefunden wird.

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

## Bedingte Wiederholungsschleife WHILE (...) DO

Bei diesem Befehl werden ganze Programmabschnitte bedingt wiederholt.

Eine Schleife wird durch zwei NC-Sätze eingerahmt. Der erste NC-Satz beginnt mit „WHILE (...)“ gefolgt von der Schleifenanfangsmarke „DOi“ und endet mit dem NC-Satz „ENDi“

In runden Klammern nach WHILE kann ein logischer Ausdruck programmiert werden. Solange dieser den Wert wahr hat, wird die Schleife wiederholt.

### Start-NC-Satz:

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

Obligat:

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

*Optional:*

WHILE (logischer Ausdruck)

### End-NC-Satz

ENDi (i=1,2,3, ...,9) Endmarke  
"NC-Satz nach ENDi"

Solange der logische Ausdruck nach WHILE den Wert wahr hat, wird das Programm von DOi bis ENDi wiederholt. Ist der logische Ausdruck vor einer Wiederholung falsch, erfolgt ein Sprung auf den nach der Endmarke ENDi stehenden NC-Satz.

### Endlos-Schleife

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

Eine **Endlos-Schleife** beginnt mit der Wiederholungsstartmarke DOi als NC-Satz und endet bei ENDi. 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 .

### Für die Schleifenbereiche von DOi bis ENDi 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, das bei seinen internen Berechnungen die Parameternummern 1 bis 26 verwendet. 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

Obligat:

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

**Hinweise:**

Im Macro-Aufruf müssen die vordefinierten Adressen verwendet werden.

Im Macro 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.

## Anhang V Einrichteblattsyntax Fräsen

### PAL2018 – Einrichten der Drehmaschine und Konfiguration der PAL-Steuerung erweitert um die Konfiguration des Handhabungs-Roboters

Sämtliche Einrichteinformationen stehen als Kommentarkopf im Einrichteblatt, der mit dem Text

**; Einrichteblatt**  
beginnt und der mit dem Text

**; Einrichteblatt-Ende**  
abgeschlossen wird. Allen Einrichteinformationen ist das Kommentarzeichen Semikolon vorangestellt. Zeichenketten werden mit Hochkommata eingerahmt. Leerzeichen in den Zeichenketten vor oder hinter einem Backslash werden ignoriert.

Das Einrichteblatt besteht aus den nachstehenden acht Abschnitten, die mit den entsprechenden Schlüsselworten eingeleitet werden:

- ; Maschine**
- ; Steuerung**
- ; Allgemeine Informationen (optional)**
- ; Werkstück**
- ; Werkstück-Einspannung**
- ; Werkzeugsystem**
- ; Werkzeugkorrekturwertliste**
- ; Nullpunktregister**

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 PAL-Verwaltungen erfolgen als Zeichenkette unter der Angabe des durch Backslashes getrennten Tripels: "**Norm \ Typ \ Identnummer**"

**; Maschine:** "PAL-G17-BAZ" oder  
"PAL-G17-4-Achs-BAZ - A-Achs-Teilapparat" oder  
"PAL-G17-5-Achs-BAZ"

und entsprechend die CNC-Steuerung

**; Steuerung:** "PAL2018-Mill" oder  
"PAL2018-Mill-A" oder  
"PAL2018-Mill-AC/BC" (Es muss für Maschine und Steuerung genau eine dieser Angaben gemacht werden.)

**; Maschinentischmittelpunkt:** Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx (Ausgabe in Maschinenkoordinaten als Info.)

**; Allgemeine Informationen** (optionale Angaben ohne Einfluß auf das Einrichten und den Programmablauf in der Steuerung)

<b>; Programmierer:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Abteilung:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Projekt:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Erstellungszeit:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Änderungszeit:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Benennung:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Zeichnungs-Identnr:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Aufspannskizzen-Identnr:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Programmnummer:</b>	"beliebiger	Text	mit	Leerzeichen"
<b>; Programmdateiname:</b>	"beliebiger Text mit Leerzeichen"			

Im folgenden sind textuelle Erläuterungen in einer Einrichtblattzeile (**beginnend** mit einem fettgedruckten Schlüsselbegriff) der nachstehenden Einrichtblattsyntax in runden Klammern angegeben.

<b>; Werkstück</b>		(Jedes Werkstück hat einen Werkstückbezugspunkt, der bei Standardrohteilen im Zentrum liegt)
<b>; Quader:</b>	<b>QXxx.xx QYxx.xx QZxx.xx</b>	(maschinenachsparelle Werkstückquadermaße)
oder		
<b>; Zylinder/Rohr:</b>	<b>Lxx.xx DAXx.xx DIxx.xx</b>	(Zylinder der Höhe L in Z, dem Durchmesser DA und dem optionalen Innendurchmesser DI (Zylinder ausgerichtet in Z-Richtung))
oder		
<b>; N-Kant:</b>	<b>Ni Lxx.xx DSxx.xx DIxx.xx</b>	(i=3/4/6/8-Kant mit Höhe L in Z, der Schlüsselweite DS und optionalem Innendurchmesser DI und Ausrichtung analog zum Zylinder)
oder		
<b>; Vorgefertigtes Teil:</b>	<b>“Dateiname“</b>	(z.B. Fertigteil aus einem anderen NC-Programm in einem software-spezifischen internen Format, z.B. STL)
<b>; Werkstückausrichtung:</b>	<b>[APx.xx] [BPx.x] [CPx.x]</b>	(Das Werkstück wird im Werkstückbezugspunkt mit AP, BP, CP um die Maschinenachsrichtungen A, B und C in dieser Reihenfolge gedreht. Winkel-Voreinstellungswert ist null für alle Drehachsen. Die Werkstückausrichtung findet beim Spannen vorgefertigter Werkstücke Anwendung, Werkstückbezugspunkt siehe Werkzeugposition.)
<b>; Referenzwerkstück:</b>	<b>“Dateiname“</b>	(Musterlösung als Referenz- und Vergleichswerkstück)
<b>; Werkstoff:</b>	<b>“Werkstoffbezeichnung aus der PAL-Werkstoffdatei“</b>	
<b>; Werkstück-Einspannung</b>		
<b>; Werkstückposition:</b>	<b>[XMTx.x] [YMTx.x] [ZMTx.x]</b>	(XMT, YMT gibt die Position des Werkstückbezugspunktes in X,Y bezogen auf ein in das Zentrum der Maschinentischoberfläche (Maschinentischmittelpunkt) verschobenes Maschinenkoordinatensystem an. ZMT legt den Abstand des Werkstückes vom Maschinentisch fest. Vorgabewerte XMT0, YMT0, ZMT0, ZMT <0 nicht zugelassen. Der Werkstückbezugspunkt in X,Y bei Standard-Werkstücken ist das Zentrum der Werkstück-Projektionsfläche in Z-Richtung auf den Maschinentisch und sein Z-Wert die kleinere Werkstück-Z-Koordinate in diesem Punkt oder bei vorgefertigten Teilen ein ausgezeichneter Werkstückbezugspunkt.)

**Bemerkung zur Werkstückposition:** Mit XMT0 und YMT0 liegt das Werkstück somit zentrisch auf dem Maschinentisch. Die 3. Koordinate ZMT gibt den Werkstückabstand vom Maschinentisch (i.a. die absolute Höhe des Werkstückbodens über dem Maschinentisch) an: Die **Spannmittel werden bezüglich dieser Werkstückposition positioniert**, so dass diese Werkstückposition für jedes Spannmittel erhalten bleibt. Dies führt bei zu großem ZMT-Wert zu über dem Maschinentisch schwebenden Spannmitteln und bei zu kleinem ZMT-Wert zu in den Maschinentisch eingelassenen Spannmitteln. Weiter werden auch die **Einstellbaren Nullpunktregister** im Einrichtblatt bezüglich dieser **Werkstückposition** angegeben. Ein Einrichtdialog oder eine CAM-Schnittstelle berechnet die im Einrichtblatt verwendeten Einspanndaten.

Die für den Maschinentisch mit der Spannmittelnorm **T-Nut-A14H8** auswählbaren Spannmitteltypen sowie die Spannmittelaufsatznormen mit den jeweiligen Spannmittelaufsatztypen und den Identnummern sind in der Fräs-Spannmittelverwaltung (s. Anlage VII) angegeben:

Schraubstöcke

Dreibacken-Kraftspannfutter (auf Maschinentisch parallel zur C-Achse oder A-Achse bei Teilapparat)

Vierbacken-Kraftspannfutter (auf Maschinentisch parallel zur C-Achse oder A-Achse bei Teilapparat)

Magnetplatten/Vakuumplatten

Modulares Spannsystem (aus einzelnen Spannelementen)

Als Backenfutter ist bei N-Kanten als passendes Drei- oder Vierbackenfutter zu wählen.

; **Spannmittel:** **“(Spannmittelnorm=) T-Nut-A14H8 \ Spannmitteltyp \ Spannmittel-Identnummer“**

; **Spannmittelaufsatz:** **“Aufsatznorm \ Aufsatztyp \ Identnummer“** (Schraubstock-, Futter-Backen, Spannkomponten passend zu Spannmitteltyp und Spannmittel-Identnummer)

; **Spannmittelvorsatz:** **“Vorsatznorm \ Vorsatztyp \ Identnummer“** (nur bei außenstufigen Standard-Hochdruckspanner-Aufsatzbacken)

Mit den Zusatzinformationen

; **Spannmittel-Ausrichtung:** **[(X+/X-/Y+/Y-)/ARxx.xx]** (Schraubstockkörper mit hinterer Backe oder einer Futterbacke in Richtung X+, X-, Y+, Y-, Voreinstellung Y+. Alternativ Drehung des Spannmittels um den Winkel AR um die Z-Achse, wobei AR0 der Ausrichtung X+ entspricht. Der alternative Spannmitteldrehwinkel AR muss an die Werkstückausrichtung AP, BP, CP und die Werkstückform angepasst sein.)

; **Schraubstock-Verschiebung:** **[Vxx.xx]** (Verschiebung des Werkstücks zwischen den angelegten Schraubstockbacken in der freien Richtung (V+ in Richtung X+ in Schraubstocknormalstellung Y+ und dann gedreht entsprechend der Spannmittel-Ausrichtung) - durch die feste Werkstückposition (siehe oben) kommt dies einer Verschiebung des Schraubstockes mit dem Achsvorzeichen der gewählten Verschiebungsrichtung gleich, Voreinstellung V0.0)

; **Spannungsart:** **[Außenspannung außenstufige Backen/ Außenspannung innenstufige Backen/ Innenspannung außenstufige Backen/ Innenspannung innenstufige Backen]** oder (Voreinstellung) oder oder (Bei Schraubstöcken kann ein Stufenbacken außen- oder innenstufig aufgesetzt werden.)

; **Weiche Futterbacken:** **SpDx.x AdPx.x [FBx.x]** (Backenfestlegung nur bei weichen Backen notwendig: 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.

; **Einspanntiefe:** **ETxx.xx** (Einspanntiefe des Werkstückes im Schraubstock oder Futter – Bei einer Zylinderspannung mit horizontalen Prismenbacken entfällt die Eingabe der Einspanntiefe)

; **Parallelunterlagen:** **[PUBx.x DPUVx.x DPUHx.x]** (Die Parallelunterlagen der Dicke PUB in Backenöffnungsrichtung werden über die volle Backenbreite des Schraubstockes an den vorderen Backen mit dem Abstand DPUV zum Backen und an den hinteren Backen mit dem Abstand DPUH parallel zu den Backen unterlegt. Die Höhe der Parallelunterlagen ergibt sich aus der Differenz von Backenhöhe und Einspanntiefe. Die Voreinstellung für DPUV und DPUH ist jeweils null, d.h. anliegende Parallelunterlagen.)

oder

**(Magnet- oder Vakuum-Plattenspannsystem oder Modulares Spannsystem)**

; **Spannelement:** **Xx.x Yx.x Zx.x XPx.x YPx.x ZPx.x [APx.x] [BPx.x] [CPx.x]**

oder

**; Spannelement:** "T-Nut-A14H8 \ ModulS \ Identnummer" **XPx.x YPx.x ZPx.x [APx.x] [BPx.x] [CPx.x]**  
(Spannelementquader der Größe X,Y,Z oder die alternative Identnummer eines 3D-Spannelementes gefolgt von der Position XP, YP, ZP des Spannelementsetzpunktes bezüglich der Werkstückposition. Das Spannelement wird davor optional in seinem Setzpunkt in den Maschinenachsrichtungen X, Y, Z um die Winkel AP, BP, CP in dieser Reihenfolge gedreht. Voreinstellung AP0, BP0, CP0. Setzpunkt eines Spannelementquaders ist das Zentrum des ungedrehten Spannelementbodens. Mehrfacheingaben von Spannelementen sind zulässig)

**Alternativ zu den Spannelementquadern** können die **Spannelemente des modularen Spannsystems TopFix** in das Einrichtblatt in der gleichen Weise eingetragen werden.

Optionale Angabe für alle Spannmittel:

**; Unterlegplatte:** **[UPXxx.xx UPYxx.xx UPZxx.xx XPxx.xx YPxx.xx ZPxx.xx]**  
(Unterlegplatte der Größe UPX x UPY x UPZ mit dem Zentrum der Bodenfläche in der Position XP, YP, ZP bezüglich der Werkstückposition)

#### **; Werkzeugsystem**

Mit dem Einrichtblattbefehl **Werkzeugsatz** wird eine Standardbelegung des Werkzeugmagazins mit einer Korrekturwertregisterbelegung aktiviert. Die Werkzeuge und Korrekturwerte eines Standard-Werkzeugsatzes werden durch die im Abschnitt **Werkzeuge** bzw. **Werkzeugkorrekturwerte** 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:** "Werkzeughalternorm = SK40 \ Werkzeugtyp \ Werkzeug-Identnummer" **[Laxx.xx]** (Die optionale Ausspannlänge La verändert die im Werkzeug voreingestellte Ausspannlänge, um ein optimales Werkzeug für die Bearbeitung zu erhalten. Der Längenkorrekturwert 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).

Die PAL-Fräsmaschinen haben die Werkzeughalternorm SK40. Die Werkzeugtypen und die Identnummern sind in der PAL-Fräs-Werkzeugverwaltung (s. Anhang VI) beschrieben und angegeben.

Eine nicht im Einrichtblatt vorhandene T-Nummer lässt die Belegung dieses Werkzeugmagazinplatzes bezüglich der vorhergehenden Werkzeugbelegung unverändert. Die Zuweisung **Ti: leer** erzeugt eine Magazinposition **Ti** ohne Werkzeug.

**; Aktives Werkzeug:** Ti (mit Korrekturwertregister TC1)

**; Werkzeug-Wechsellpunkt:** [Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx] (Optional: überschreibt den konfigurierten Werkzeugwechsellpunkt)

### **; Werkzeugkorrekturwertliste**

Die Korrekturwertsätze der Werkzeuge werden im Einrichtblatt unter Angabe der T-Nummer und der Korrekturwertregisterwerte angegeben (die Angaben entsprechen den üblichen Steuerungseintragungen). Die Korrekturwerte der voreingestellten Werkzeuge werden beim Einrichten von der PAL-Werkzeugdatenbank automatisch übernommen.

**; Ti TCj :** KLxx.xx KRxx.xx (j-tes Korrekturwertregister für Werkzeug Ti mit Längenkorrekturwert KL und Werkzeugradius KR)

**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).

### **; Nullpunktregister**

Die Angaben beziehen sich auf den **Werkstückbezugspunkt**, dessen Position selbst bezogen auf den Mittelpunkt der Maschinentischfläche im Einrichtblatt vorgegeben wird. Diese Koordinateneingaben werden dann auf den Maschinennullpunkt umgerechnet und können vom NC-Programm aus mit G54 – G57 aktiviert werden.

**; Nullpunkt G54:** XPxx.xx YPxx.xx ZPxx.xx [Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx] (XP, YP, ZP : Angaben absolut  
**; Nullpunkt G55:** XPxx.xx YPxx.xx ZPxx.xx [Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx] bezüglich der Werkstückposition  
**; Nullpunkt G56:** XPxx.xx YPxx.xx ZPxx.xx [Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx] X, Y, Z : optionale Angaben in  
**; Nullpunkt G57:** XPxx.xx YPxx.xx ZPxx.xx [Xxx.xx Yxx.xx Zxx.xx] Maschinenkoordinaten)

Die Werte XP, YP, ZP haben dabei jeweils Vorrang vor X, Y, Z.

Diese Nullpunkte können dann vom NC-Programm aus mit G54 – G57 aktiviert werden.

## **Erweiterung des Einrichtblatts mit dem Handhabungsroboter**

### **;Roboterkonfiguration**

**; Roboter:** "PAL-Knickarm-Robot G17 Rn" (n=1,2,3für 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, Spannkomponenten ,  
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 Zylinder-  
 spannung mit horizontalen Prismenbacken entfällt die Eingabe der  
 Einspanntiefe)

(nur bei Doppelgreifern: Fertigteil-Greiferdaten)

**; Greiferaufsatz2:** "Aufsatznorm \ Aufsatztyp \ Identnummer" (Futter-Backen, SpannkompONENTEN ,  
 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 Zylinder-  
 spannung 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 Werkzeugeinsetzpositionen und Einsetzrichtungen durch eine 3D-Geometrie-Datei beschrieben.

### Definition Werkstückmagazin

Unter einem Werkstückmagazin verstehen wir ein (z.B. tischförmiges) Ablagesystem für mehrere Werkstückpaletten für Werkstückrohteile und Fertigteile an vorgegebenen Ansetzpositionen und Ansetzrichtungen für die Paletten. Ein Werkstückmagazin hat einen Magazin-Nullpunkt und ein zugehöriges Koordinatensystem. Bei zu großem geometrischen 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 Werkstückmagazin 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.

### **Magazinbelegung im Einrichtblatt**

```
; 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
```

### **Allgemeiner Hinweis zum Einrichten der PAL-Maschinen:**

Im Hinblick auf eine Austauschbarkeit der PAL2007-Programme zwischen unterschiedlichen Maschinen werden die Koordinaten des Werkstückbezugspunktes im Einrichtekordinatensystem als Werkstückposition angegeben. Das **Einrichtekordinatensystem** ist ein mit dem Ursprung in das Zentrum der Maschinentischoberfläche verschobenes Maschinenkoordinatensystem (siehe Einrichten Werkstück).

Die Verwendung des Werkstückbezugspunktes als Bezugspunkt für die Angabe der einstellbaren Nullpunkte macht das Einrichteblatt weitgehend unabhängig von den Maschinenabmessungen (Maschinentischgröße, Verfahrbereiche). Die Nullpunktregisterwerte der einstellbaren Nullpunkte X,Y,Z in den jeweiligen Maschinenkoordinaten ergeben sich dann durch Addition der Koordinaten der Verschiebung vom Maschinenkoordinatensystem in das Einrichtekordinatensystem und der Koordinaten der Werkstückposition zu den jeweiligen Koordinaten XP, YP, ZP.

Beim Erzeugen eines Einrichteblattes zu einer eingerichteten Maschine werden die aktuellen Nullpunktregisterwerte der Steuerung, die entweder berechnet oder durch Antasten des Werkstückes ermittelt wurden, in das Einrichteblatt eingetragen.

## Message-Befehl MSG – Anzeige der Messergebnisse

Mit dem Befehl MSG können Text-Informationen bestehend aus maximal 10 Texten und 10 formatierten Parameterwertausgaben auf die Konsole ausgegeben werden. Bei der Verwendung von Messtastern in der MDI-Betriebsart (Manual Data Input), z.B. beim Antasten des Werkstücks zum Nullpunktsetzen, werden die Messergebnisse dann unmittelbar an der Steuerungskonsole angezeigt. Die Ausgabe erfolgt in der hinter MSG stehenden Reihenfolge von Texten und Zahlenausgaben der Parameter ohne zusätzliche Zwischenräume. Gewünschte zusätzliche Leerzeichen können in Text-Ausgaben zwischen den Hochkommastellen eingefügt werden.

MSG "Text1" Pxx[Format] "Text2" Pyy[Format] "Text3" Pzz[Format] usw.

### Optional:

"Text" beliebiger Text in Hochkommata  
Pxx Wert des angegebenen Parameters xx  
[Format] Formatanweisung

Der Wert eines Parameters kann mit einer Formatanweisung formatiert ausgegeben werden:

Mit den 4 Zahlen Max\_vor, Min\_vor, Max\_nach, Min\_nach < 10 und einer Vorzeichensteuerung sowie einer Dezimalpunktsteuerung wird eine aus 6 Druckzeichen ohne Zwischenräume bestehende durch eckige Klammern eingerahmte Formatanweisung gebildet, die an den Parameter direkt anschließt:

[Vorzeichensteuerung Max\_vor Min\_vor Dezimalpunktsteuerung Max\_nach Min\_nach]

Die Voreinstellung für eine nicht angegebene Formatanweisung ist [-61:31]

Vorzeichenst. + Vorzeichen wird immer ausgegeben  
- nur ein negatives Vorzeichen wird ausgegeben  
= kein Vorzeichen wird ausgegeben (auch wenn der Wert negativ ist)

Max\_vor : Maximale Anzahl der Stellen vor dem Dezimalpunkt < 10  
Min\_vor: Minimale Anzahl der Stellen vor dem Dezimalpunkt < 10

Dezimalpnktst. . Dezimalpunkt wird immer ausgegeben  
: Bei ganzen Zahlen (Min\_nach=0) wird der Dezimalpunkt nicht ausgegeben

Max\_nach: Maximale Anzahl der Stellen nach dem Dezimalpunkt < 10  
Min\_nach: Minimale Anzahl der Stellen nach dem Dezimalpunkt < 10

Nachkommastellen werden auf die maximale Nachkommstellenzahl gerundet, die Ziffern vor der maximalen Stellenzahl werden abgeschnitten.

### Beispiel mit der Vorgabe-Formatanweisung [-61:31]:

P110=24 P130=-23.96 P135=19.008

MSG "KREISTASCHENMITTELPUNKT X: " P110 " Y: " P130 " RADIUS: " P135

**Konsol-Meldung:** KREISTASCHENMITTELPUNKT X: 24.000 Y: -23.96 RADIUS: 19.008

### Beispiel:

P110=24 P130=-23.96 P135=19.0084 P140=123

MSG "Teil: " P110[=66:00] " Y:" P130[=51:31] " RADIUS:" P135[=51.41] " X:" P140[-51.30]

**Konsol-Meldung:** Teil: 000024 Y: 23.96 RADIUS: 19.0084 X: 123.