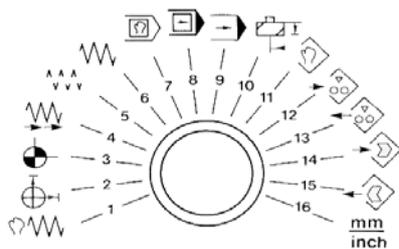
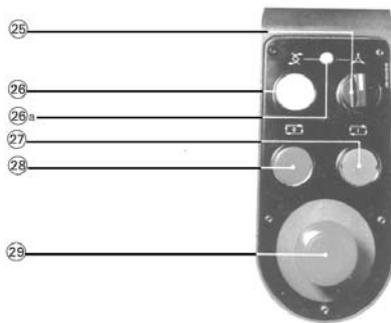
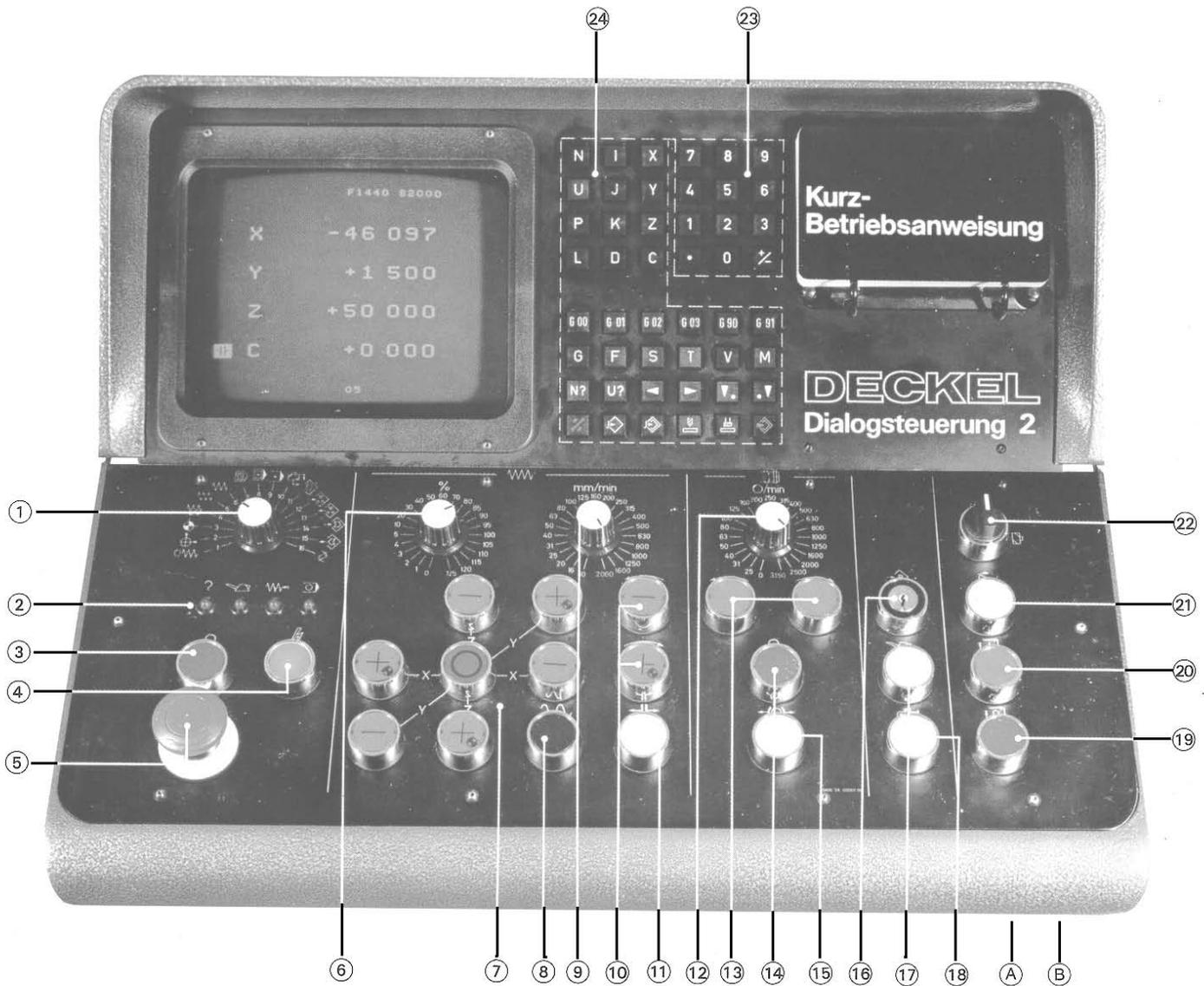


# Abkürzungen

A	Abstand bei An- und Wegfahr-Anweisungen/Abstand bei Polar-Koordinaten
C	Drehwinkel bei Rundtisch
D	Werkzeugkorrektur-Nummer
F	Vorschub
G	Wegbedingung
I	Kreismittelpunkt-Koordinate/Pol-Koordinate in X
J	Kreismittelpunkt-Koordinate/Pol-Koordinate in Y
K	Kreismittelpunkt-Koordinate/Pol-Koordinate in Z
L	Programmteil Wiederholung/unbedingter Sprung/Anzahl der Position
M	Hilfs-und Schaltfunktionen
N	Satznummer
P	Programmnummer
R	Rundungs-Radius/Fasen-Länge/Teilkreis-Radius
S	Spindeldrehzahl
T	Werkzeugwechsel
U	Unterprogramm-Satznummer/Punktdefinition
V	Verweilzeit
W	Winkel
X	X-Koordinate
Y	Y-Koordinate
Z	Z-Koordinate

1  
2

# Bedienfeld/Betriebsartenwahlschalter



- 1 Fahren per Hand (Handräder)
- 2 Istwertzähler setzen
- 3 Referenzpunkt anfahren
- 4 Tippbetrieb (0,01 mm-weise)
- 5 Vorschub im Tippbetrieb
- 6 Vorschub im Dauerbetrieb
- 7 Handeingabe im Einzelsatz
- 8 Programmablauf im Einzelsatz
- 9 Programmablauf im Folgesatz
- 10 Werkzeugkorrektureingabe
- 11 Programmeingabe über Tastatur
- 12 Programmausgabe auf Kasette
- 13 Programmeingabe von Kasette
- 14 Programmausgabe auf Computer (Lochstreifen)
- 15 Programmeingabe von Computer (Lochstreifen)
- 16 Umschalten mm/inch/Grafik

# Bedienfeld-Erklärung

## 2 Störungsanzeige

-  Störung in Anpaßsteuerung (blinkend)
-  Schmierung ausgefallen (blinkend)
-  Vorschubsperrung Achsen gesperrt
-  Programmunterbrechung M00

## Ein-/Aus-Funktionen

- 3 Ausschalten der Steuerung
- 4 Einschalten der Steuerung
- 5 Not-Aus-Taste

## Vorschubbewegungen

- 6 Vorschubkorrektur 0 bis 125 % (Override)
- 7 Achsbewegungen X, Y, Z und C jeweils + und -, alle Achsen Stop
- 8 Eilgang (Überlagerungstaste)
- 9 Vorschub (10 bis 2000 mm/min) 2 Tasten zum Verfahren des
- 10 Rundschalttisches und des NC-Rundtisches (4. Achse)
- 11 Klemmung (Überlagerungstaste)

## Hauptantrieb

- 12 Spindeldrehzahl 0-31 ... 3150 min<sup>-1</sup>
- 13 Spindel ein (Links- und Rechtslauf)
- 14 Spindel-Halt
- 15 Spindelbremse lösen und schließen

## Zusatzfunktion

- 16 Schlüsselschalter für «Programmsperre»
- 17 Handschmierung
- 18 Ein- und Ausschalten des Kühlmittels
- 19 Zyklus oder Programm: «Stop»
- 20 Zyklus oder Programm: «Start»
- 21 Werkzeugwechselanzeige/ Quittier-Taste
- 22 Umschalter Werkzeug-Spanner (Waagrecht-/Senkrechtfrässpindel)
- 23 Zehnertastatur mit +/-Taste und Dezimalpunkt-Taste

## Programmiertastatur

-  Satznummer Unterprogramm-Satz
-  Programm-Nummer
-  Programmteil-Wiederholung
-  Kreisparameter (X-Achse)
-  Kreisparameter (Y-Achse)
-  Kreisparameter (Z-Achse)
-  Korrektur-Nummer
-  X-Achse

-  Y-Achse
-  Z-Achse
-  C-Achse (Rundtisch)
-  Eilgang
-  Linear-Interpolation
-  Kreis-Interpolation im Uhrzeigersinn
-  Kreis-Interpolation im Gegenuhrzeigersinn
-  Absolutmaß-Programmierung
-  Kettenmaß-Programmierung
-  Wegbedingung
-  Vorschubgeschwindigkeit
-  Spindeldrehzahl
-  Werkzeugnummer
-  Verweilzeit
-  Hilfs- und Schaltfunktionen
-  Satz suchen
-  Unterprogramm-Satz suchen
-  Satz am Bildschirm nach links schieben
-  Satz am Bildschirm nach rechts schieben
-  Satz einfügen (vor dem angezeigten Satz)
-  Satz einfügen (nach dem angezeigten Satz)
-  Löschen von Wort, Satz oder Programm (Löschtaste)
-  Istwert-Übernahme vorwählen (nur für Playback)
-  Istwert in den Programmspeicher übernehmen (nur für Playback)
-  Bohrzyklen
-  Fräszyklen
-  Übernahme-Taste (eingegabene Information in den Programmspeicher übernehmen)
- A Serielle Schnittstelle
- B Regler für Bildschirm-Helligkeit
- 25 Werkzeug spannen und lösen
- 26 Werkzeugwechsel aufrufen und quittieren
- 26a Werkzeugwechsel-Anzeige
- 27 Zyklus oder Programm: «Start»
- 28 Zyklus oder Programm: «Stop»
- 29 «Not-Aus»-Taste

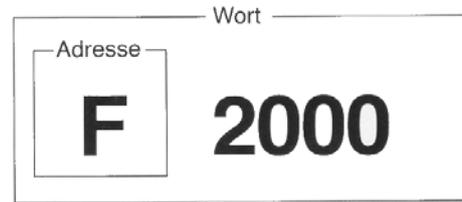
- G00** Eilgang
- G01** Geraden-Interpolation (Linear-Interpolation)
- G02** Kreis-Interpolation im Uhrzeigersinn (Zirkular-Interpolation)
- G03** Kreis-Interpolation gegen Uhrzeigersinn (Zirkular-Interpolation)
- G07** Ecken-Runden
- G08** Fasen
- G09** Polarkoordinaten-Eingabe
- G40** Löschen der Bahnkorrektur
- G41** Bahnkorrektur-Aufruf (Werkzeug links von der Kontur)
- G42** Bahnkorrektur-Aufruf (Werkzeug rechts von der Kontur)
- G45** An- und Wegfahr-Anweisung (Konturparallel)
- G46** An- und Wegfahr-Anweisung ( im Halbkreis)
- G47** An- und Wegfahr-Anweisung (im Viertelkreis)
- G52** Referenzpunkt anfahren
- G53** Rücksprung auf ursprüngliches Koordinaten-System
- G54** Istwert-Setzen
- G55** Verschiebung und Drehung des Koordinaten-Systems (additiv)
- G56** Verschiebung und Drehung des Koordinaten-Systems (absolut)
- G60** Genau-Halt
- G61** Automatische Radius-Vergrößerung bei Innen-Ecken
- G64** Stetigfahren
- G71** Rechteck-Tasche: Schruppen im Gegenlauf
- G72** Rechteck-Tasche: Schruppen im Gleich- und Gegenlauf
- G73** Rechteck-Tasche: Schlichten auf Fertigmaß
- G74** Rechteck-Tasche: Schlichten auf Fertigmaß mit Zwischenhalt
- G75** Zapfen
- G76** Kreis-Tasche
- G77** Außengewinde fräsen
- G78** Innengewinde fräsen
- G79** Konturtasche fräsen
- G81** Bohren
- G82** Bohren mit Spanbrechen
- G83** Tiefbohren
- G84** Gewindebohren
- G85** Reiben
- G86** Ausdrehen, Rückzug mit stehender Spindel
- G87** Punkte-Muster
- G88** Bearbeitungsbilder auf Teilkreis
- G90** Absolutmaß
- G91** Kettenmaß

- M00** Programm-Halt
- M02** Programm-Ende
- M07** Schmierimpulse
- M08** Kühlmittel ein
- M09** Kühlmittel aus
- M10** Klemmung in allen Achsen geschlossen
- M11** Klemmung in allen Achsen offen (Lage-Regelung)
- M20** Klemmung X-Achse geschlossen
- M21** Klemmung X-Achse offen (Lage-Regelung)
- M22** Klemmung Y-Achse geschlossen
- M23** Klemmung Y-Achse offen (Lage-Regelung)
- M24** Klemmung Z-Achse geschlossen
- M25** Klemmung Z-Achse offen (Lage-Regelung)
- M26** Klemmung C-Achse geschlossen
- M27** Klemmung C-Achse offen (Lage-Regelung)
- M30** Programm-Ende und Rücksprung auf Programm-Anfang
- M60** Konstanter Vorschub an der Kontur/Werkzeugschneide
- M61** Konstanter Vorschub an der Kontur/Werkzeugschneide bei Innen-Ecken und Geraden, Verlangsamung an Außen-Ecken
- M62** Konstanter Vorschub des Fräser-Mittelpunkts (Werkzeugachse)
- M70** Satz wird überlesen und erst nach Aufruf der Bahnkorrektur berücksichtigt
- M71** Winkel im Kettenmaß
- M72** Winkel im Absolutmaß
- M78** Ende Konturtasche mit Zustellen auf letzte Schnittiefe
- M79** Ende Konturtasche mit Rückzug auf Rückzugsebene
- M80** Spiegeln Löschen
- M81** Spiegeln (Vertauschung der Vorzeichen von X und I )
- M82** Spiegeln (Vertauschung der Vorzeichen von Y und J )
- M83** Spiegeln (Vertauschung der Vorzeichen von Z und K )
- M84** Spiegeln (Vertauschung der Vorzeichen von X, I und Y, J )
- M85** Spiegeln (Vertauschung der Vorzeichen von X, I und Z, K )
- M86** Spiegeln (Vertauschung der Vorzeichen von Y, J und Z, K )

## Wörter und Sätze

Die Steuerung versteht die Programmierung nur in ihrer Sprache.

Wie jede Sprache besteht auch sie aus Sätzen, diese wiederum aus Wörtern. Die Wörter dieser Sprache sind sogenannte Programmierbefehle, da jedes Wort einen Befehl für die Steuerung der Maschine darstellt.



Die Programmierbefehle bestehen immer aus einem Buchstaben und mehreren darauf folgenden Ziffern,

z.B.: G00  
F2000

Den Buchstaben im Wort nennt man Adresse. Die Steuerung kann anhand des Buchstabens die verschiedenen Adressen, und daran die Befehlsart erkennen.

z.B. haben alle Befehle für die Spindeldrehzahl die Adresse S, alle Befehle für den Vorschub die Adresse F, und alle Befehle, die mit dem Weg des Werkzeuges (= Wegbedingung) zusammenhängen, die Adresse G.

Hierbei unterscheidet man 2 Fälle:

Die Ziffern im Wort vervollständigen den Befehl.

- Ziffern als Code

z.B. G00 bedeutet: Verfahren im Eilgang

- Ziffern als Zahlenwert

z.B. F2000 bedeutet: Vorschubgeschwindigkeit 2000 mm/min

Eine Zusammenstellung aller Adressen und codierten Programmierbefehle siehe Blatt G- + M-Funktionen

Die Programmierbefehle, die von der Maschine in einem Arbeitsgang ausgeführt werden können, werden zu einem Satz zusammengefaßt. Die Programmierbefehle, die daran anschließend ausgeführt werden sollen, schreibt man in den jeweils nächsten Satz.

Das erste Wort jedes Satzes ist die Satznummer unter Adresse N. Sie kann zwischen N0000 und N9999 gewählt werden und hat keinen Einfluß auf die Reihenfolge der Sätze bei der Abarbeitung des Programms. (Dies wird durch die Reihenfolge der Eingabe bestimmt).

Die Reihenfolge der auf die Satznummer folgenden Wörter ist festgelegt, wobei nicht benötigte Wörter einfach weggelassen werden.

***Jede Satznummer darf in einem Programm nur einmal verwendet werden !***

## Wirkdauer der Befehle (modal und satzweise)

Die Programmierbefehle werden von der Steuerung unterschiedlich lange ausgeführt. z.B. wird F200 (Vorschub 200 mm/min) so lange ausgeführt, bis ein neuer Vorschub programmiert wird.

Aber:

Der Befehl T01 (Werkzeugwechsel) wird nur in dem Satz ausgeführt, in dem er steht.

Man unterscheidet also:

### a) Modal wirksam

sind Befehle, die so lange wirken  
- bis sie gelöscht werden

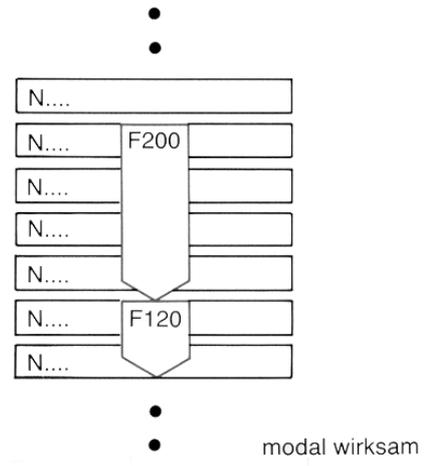
oder

- bis man sie durch einen neuen Befehl unter derselben Adresse ersetzt.

### b) Satzweise wirksam

sind Befehle, die nur in dem Satz wirken, in dem sie stehen.

In den Programmier-Beispielen wird auf diesen Unterschied hingewiesen.



## Satz-Arten

Es ergeben sich so zwei Arten von Sätzen:

### a) Hauptsatz

Enthält alle zu einem Arbeitsvorgang notwendigen Informationen, mindestens jedoch:

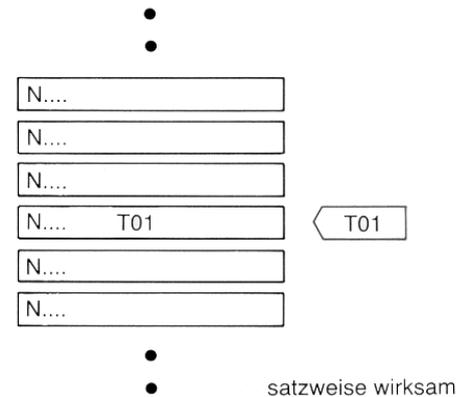
- Wegbedingungen
- Wegbefehle
- Vorschub
- Spindeldrehzahl.

Darüber hinaus können im Hauptsatz beliebige Wörter stehen.

Wenn Eilgang programmiert ist, kann die Eingabe einer Spindeldrehzahl entfallen.

### b) Nebensatz

Enthält die Wörter, die sich gegenüber dem vorherigen Satz ändern.



**Werkzeugkorrektur**

Programmiert man nur die Punkte der Werkstück-Kontur, bewegt sich die Spindel-Achse genau auf dieser Kontur.

Folge:

Am Werkstück wird mehr weggefräst als gewünscht.

Der Werkzeugweg muß deshalb korrigiert werden.

Bei der Dialogsteuerung gibt es dafür folgende Möglichkeiten:

**a) Bahnkorrektur**

Die Werkzeugradien können im Korrekturspeicher der Steuerung abgespeichert werden.

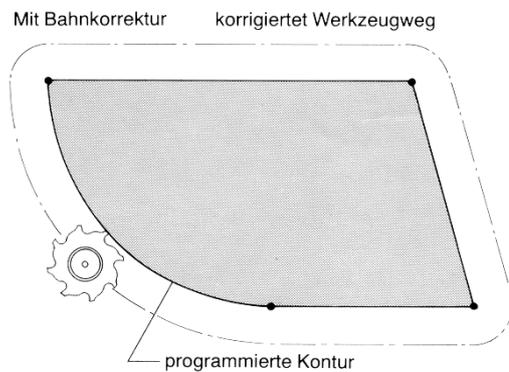
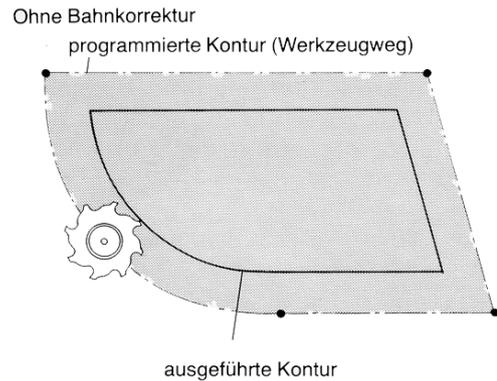
Jeder Radius ist ein Korrekturwert und erhält eine Nummer (Korrekturnummer).

Bei der Programmierung der Werkstück-Kontur geht man von den Zeichnungsmaßen aus.

Zusätzlich gibt man die Korrekturnummer des Werkzeugs an.

Nach Aufruf der Bahnkorrektur

(durch bestimmte Programmierbefehle) errechnet die Steuerung den Werkzeugweg. Dabei berücksichtigt sie automatisch den Werkzeugradius.

**b) Werkzeuglängen-Korrektur**

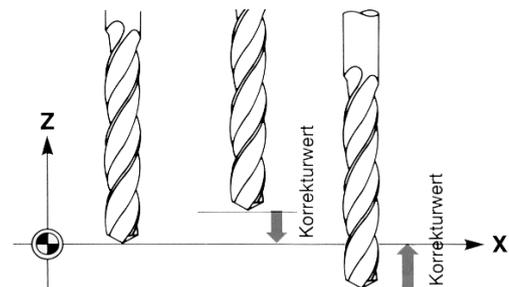
Auch Werkzeuglängen können im Korrekturspeicher der Steuerung abgespeichert werden.

Jede Werkzeuglänge ist ein Korrekturwert und erhält eine Nummer (Korrekturnummer) zugeordnet.

Bei der Programmierung von Zustell-Bewegungen geht man wieder von den Zeichnungsmaßen aus.

Zusätzlich gibt man die Korrekturnummer des Werkzeugs an.

Die Steuerung verrechnet bei der Zustell-Bewegung Korrekturwert und Zustellmaß.

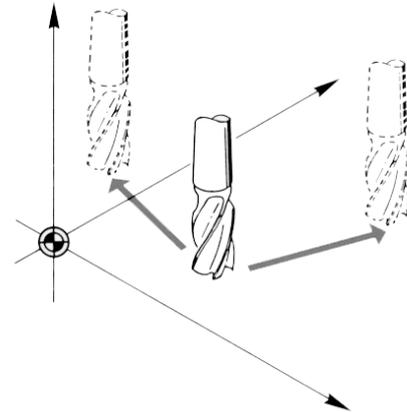


## Werkzeug-Bewegungen

Bei der Dialogsteuerung gibt es folgende Werkzeug-Bewegungen:

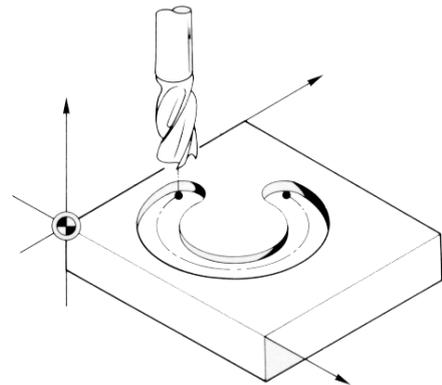
### a) **Bewegung auf einer Geraden (Geraden-Interpolation)**

Das Werkzeug bewegt sich auf einer Geraden parallel oder schräg zu den Koordinaten-Achsen. Die notwendige Kopplung der einzelnen Vorschubbewegungen übernimmt die Steuerung. Man nennt diesen Vorgang Geraden- oder Linear-Interpolation.



### b) **Bewegung im Kreis (Kreis-Interpolation)**

Das Werkzeug bewegt sich in einer der 3 Ebenen des Koordinatensystem auf einer Kreisbahn mit beliebigem Radius und um einen beliebigen Mittelpunkt. Auch hier muß die Kopplung der einzelnen Vorschubbewegungen von der Steuerung übernommen werden. Man nennt diesen Vorgang Kreis- oder Zirkular-Interpolation.



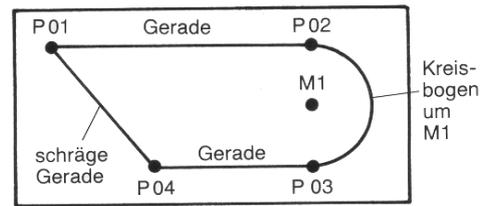
### c) **Eilgang**

Sämtliche Achs-Schlitten bewegen sich mit maximaler Geschwindigkeit, bis jeder Schlitten seine Zielposition erreicht hat und stehenbleibt. (siehe Blatt 6)

**Vorgehensweise beim Programmieren**

Die Kontur eines Frästeils läßt sich in den meisten Fällen in Geraden und Kreise zerlegen. Bei der Programmierung einer NC-gesteuerten Werkzeugmaschine geht man daher folgendermaßen vor:

Man zerlegt die Gesamtkontur gedanklich in einzelne Abschnitte, nach nebenstehendem Muster.



Diese Bearbeitungsschritte muß man der Steuerung einzeln (satzweise) eingeben. Nach Fertigstellung des Programms können sie nacheinander abgearbeitet werden.

Die Informationen, die der Steuerung für jeden einzelnen Arbeitsschritt oder Satz mindestens gegeben werden müssen, sind:

- **Wegbefehl**, d.h. der Punkt, auf den das Werkzeug in diesem Arbeitsschritt fahren soll (d.h. die Koordinaten des Zielpunktes dieses Arbeitsschrittes)
- die **Wegbedingung**, wie das Werkzeug auf diesen Zielpunkt verfahren soll (auf einer Geraden oder einer Kreisbahn)
- den **Vorschub**, d.h. mit welcher Geschwindigkeit das Werkzeug auf den Zielpunkt fahren soll
- die **Drehzahl**, mit der sich das Werkzeug auf diesem Weg drehen soll.

Alle Sätze, die Informationen enthalten, die zur Bearbeitung des Werkstücks notwendig sind, werden programmiert und der Steuerung in der richtigen Reihenfolge eingegeben.

Die Steuerung speichert das Programm, arbeitet es nach dem Start satzweise ab und steuert die Werkzeug-Bewegungen.

**Programmaufbau****1. Satz**

- Werkzeug auf dem kürzesten Weg auf Punkt P01 fahren
- Eilgang
- Spindel ein
- Koordinaten des Punktes P01

**2. Satz**

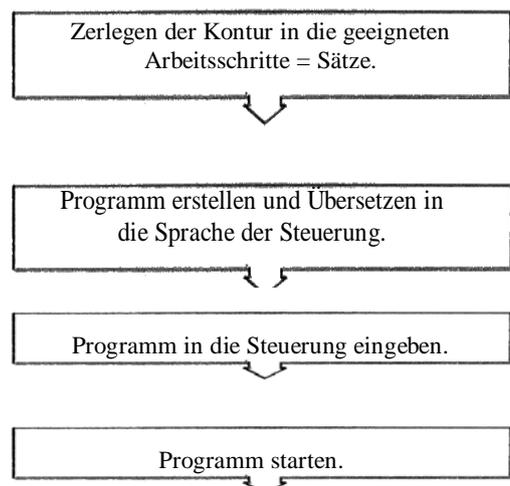
- Werkzeug auf Punkt P02 fahren (Gerade fräsen)
- gewünschter Vorschub
- Koordinaten des Punktes P02

**3. Satz**

- Werkzeug auf Kreisbahn um M1 auf Punkt P03 fahren (Kreis fräsen)
- gewünschter Vorschub
- Koordinaten des Punktes P03
- Koordinaten des Punktes M1

**4. Satz**

usw.



Steuerung steuert die Bearbeitung des Werkstückes

## Programmierbefehle

Im folgenden Abschnitt werden all jene Adressen und Befehle besprochen, die in den Programmier-Beispielen verwendet, aber nicht mehr weiter erklärt werden.

### Satznummer

(Siehe Blatt 1).

### Vorschub F

Die Vorschubgeschwindigkeit wird unter der Adresse F programmiert. Zwischen F4 (4 mm pro Minute) und F2000 (2000 mm pro Minute) kann jeder beliebige Vorschubwert gewählt werden.

*Zum schnellen Positionieren kann F3600 eingegeben werden. Das Werkzeug bewegt sich dann auf einer geraden Linie zum Zielpunkt.*

Am Vorschub-Korrekturschalter (Override) (Bild) kann der Vorschub überlagert von 0 % bis 125 % korrigiert werden.

Der Vorschub ist modal wirksam.

*Vorschubbewegungen sind nur bei laufender Spindel möglich!*

### Eilgang G00

Eilgangbewegungen werden durch den Befehl G00 und die Angabe des Zielpunktes, wohin das Werkzeug verfahren soll, programmiert.

*Sämtliche Achs-Schlitten bewegen sich mit größtmöglichem Vorschub; das Werkzeug bewegt sich **nicht auf einer geraden Linie** zum Zielpunkt.*

Der Zielpunkt kann in kartesischen Koordinaten im Absolutmaß (G90) oder im Kettenmaß (G91) programmiert werden. Die Programmierung in Polarkoordinaten entspricht der bei Geraden-Interpolation mit Polarkoordinaten-Eingabe. Es muß dann lediglich statt G01 der Befehl G00 werden.

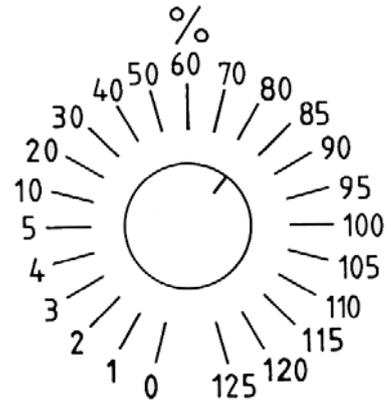
Eilgang kann auch mit der Funktions-Taste G00 in Bedienerfeld eingegeben werden.

*Eilgangbewegungen sind auch bei nicht laufender Spindel möglich!*

### Koordinate X, Y, Z

Unter der Adresse X, Y oder Z werden die Koordinaten programmiert,

- um die das Werkzeug sich bei Kettenmaß- Programmierung (G91) bewegen soll
- auf die das Werkzeug sich bei Absolutmaß- Programmierung (G90) bewegen soll.



## Spindeldrehzahl S

Die Spindeldrehzahl wird unter der Adresse S in Umdrehungen pro Minute programmiert. Dabei können jedoch nur folgende Stufen programmiert werden:

0, 31, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150 min.

Bei der Eingabe dazwischenliegender Werte schaltet die Steuerung automatisch auf die nächst niedrige Drehzahl.

Wird eine Drehzahl zwischen 1 und 30 programmiert, schaltet die Steuerung automatisch auf S31.

Für das Vorzeichen ist folgendes festgelegt:

- + bedeutet Spindel-Rechtslauf
- bedeutet Spindel-Linkslauf

Beispiel:

S + 1000 entspricht dem Spindel-Rechtslauf mit 1000 U/min.

*Aus Gründen der Zeitersparnis Spindeldrehzahl möglichst in einem Programm-Satz vor Werkstück-Berührung programmieren!*

Das Abschalten der Spindel wird mit S0 ohne Vorzeichen programmiert.

Die Spindeldrehzahl ist modal wirksam.

## Werkzeugnummer, Werkzeugwechsel T

Die Werkzeugnummer hat die Adresse T und wird zweistellig eingegeben, z.B. T01.

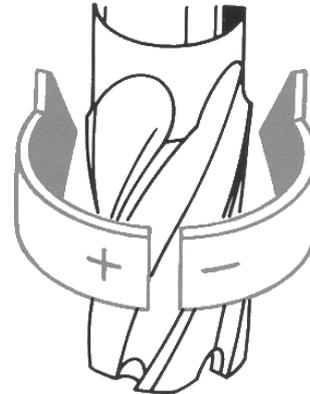
Enthält ein Satz eine Werkzeugadresse, so wird nach Abarbeitung dieses Satzes das Programm unterbrochen.

Die Taste Werkzeugwechsel (21) oder die Anzeigeleuchte auf der Schaltbox blinkt. Das aufgerufene Werkzeug wird eingesetzt. Wenn der Werkzeugwechsel durch Drücken der Taste (21 oder 26) quittiert ist, kann das Programm durch Drücken der Taste "Zyklus Start" (20 oder 27) fortgesetzt werden.

*T.. löscht den programmierten Vorschub F und die programmierte Spindeldrehzahl S. Der erste Satz nach einem Werkzeugwechsel muß daher ein Hauptsatz sein!*

## Kühlmittel M08, M09

Durch den Befehl M08 läßt sich das Kühlmittel einschalten, durch M09 ausschalten. M08 und M09 sind modal wirksam.



## Programmierter Schmierimpuls M07

Mit dem Befehl M07 kann ein Schmierimpuls des Zentralschmier-Aggregats programmiert werden. Nach einem Programmsatz mit M07 wird entweder beim nächsten Stillstand aller Achsen oder bei der nächsten Eilgang-Bewegung ein Schmierimpuls ausgelöst.

*Diese Schmierimpulse sind beim Kurzhubbetrieb, d.h. bei oszillierenden Bewegungen des Achs-Schlittens von < 15 mm unbedingt erforderlich. Hier besteht Gefahr, daß der Schmierfilm abreißt.*

Um dies zu vermeiden, muß nach ca. 50 kurzen Hübten ein Schmierimpuls M07 und ein möglichst langer Hub (min. 100 mm) im Eilgang programmiert werden.

## Programm-Ende M02, M30

Ein Programm wird mit dem Wort M02 oder M30 beendet, Spindel und Vorschub sind damit abgeschaltet.

Enthält ein Satz **M02**, kann erst nach Aufruf des gewünschten Satzes das Programm fortgesetzt oder wiederholt werden.

Wird ein Programm mit **M30** abgeschlossen, so beginnt die Maschine nach Drücken der Taste "Zyklus Start" wieder mit dem ersten Satz des Programms.

## Programm-Halt M00

Wenn ein Satz das Wort M00 enthält, wird die Bearbeitung des Programmes nach Abarbeitung des Satzes unterbrochen. Fortsetzung der Bearbeitung erfolgt mit der Taste "Zyklus Start"

*Der erste Satz nach Programmunterbrechung mit M00 muß ein Hauptsatz sein!*

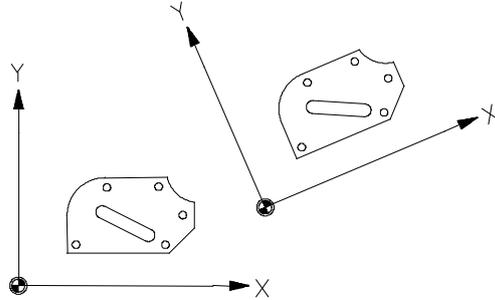
## Verweilzeit V

V unterbricht die Vorschubbewegung für eine bestimmte Zeit. Die Dauer der Verweilzeit kann zwischen 1 und 99 s in vollen Sekunden programmiert werden. V 10 bedeutet 10 s Verweilzeit. Das Ablaufen der Verweilzeit wird rechts oben am Bildschirm angezeigt.

*Innerhalb einer Bahn-Korrektur darf keine Verweilzeit programmiert werden!*

# Verschiebung des Koordinaten-Systems

Jedem Punkt im Arbeitsbereich der Maschine kann während des Programms ein neuer Istwert zugeordnet werden. Ebenso kann das Koordinaten-System während des Programms an beliebige Stellen verschoben und um beliebige Punkte gedreht werden. Ab dem Programmsatz, in dem das Koordinaten-System verschoben und eventuell auch gedreht wird, beziehen sich alle Koordinaten Angaben im Programm auf das neue Koordinaten-System. Dies ist von Vorteil, wenn zur Bearbeitung des Werkstücks an mehreren verschiedenen Stellen gleiche Bearbeitungsgänge nötig sind, wie z.B. Nuten, Taschen oder Bohrbilder mit den gleichen Abmessungen. In diesem Fall braucht das Programm für einen solchen Bearbeitungsgang nur einmal erstellt und eingegeben zu werden; es wird mit Programmteil-Wiederholungen nach Verschieben des Koordinaten-Systems an den gewünschten Stellen abgearbeitet.



Zur Verschiebung des Koordinaten-Systems stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl:

- Verschiebung und Drehung des **Koordinaten-Systems additiv** mit **G55**.
- Verschiebung und Drehung des **Koordinaten-Systems absolut** mit **G56**.
- Istwert-Setzen** mit **G54**

Diese Befehle dürfen nicht programmiert werden, solange eine Bahnkorrektur wirksam ist. (zwischen G41/G42 und G40)

**Gelöscht** werden die Befehle G54, G55, G56 mit dem Befehl **G53** „Rücksprung auf den Programm Nullpunkt“.

## Verschiebung und Drehung des KoordinatenSystems

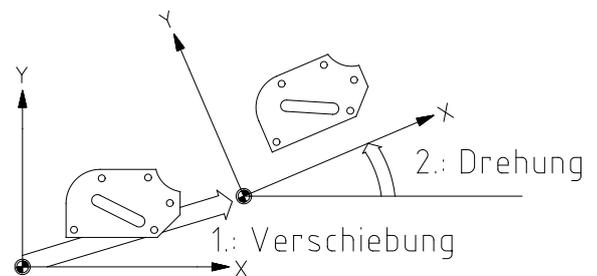
Das Koordinaten-System kann **absolut** (d.h. immer vom Programm-Nullpunkt aus) oder **additiv** (d.h. vom Nullpunkt des letztgültigen achsparallelen Koordinaten-Systems aus) verschoben und/oder gedreht werden. Dadurch können Bearbeitungsbilder wie Konturen, Fräszyklen oder Bohrbilder an jeder gewünschten Stelle und in jeder gewünschten Richtung ausgeführt werden.

Dafür müssen der Steuerung angegeben werden:

- Art der Verschiebung (absolut oder additiv)
- Wenn eine Verschiebung gewünscht ist, Verschiebungswerte in den gewünschten Achsen X, Y, Z oder C.
- Wenn eine Drehung gewünscht ist, Winkel, um den das Koordinaten-System gedreht werden soll.
- Ebene, in der das Koordinaten-System gedreht werden soll (Eine Drehung kann nur in der Arbeits-Ebene erfolgen, nicht in Richtung der Zustell-Achse)
- Koordinaten des Pols, d.h. des Punktes, um den das Koordinaten-System gedreht werden soll.

Wird eine Verschiebung mit gleichzeitiger Drehung des Koordinaten-Systems programmiert, so arbeitet die Steuerung diesen Befehl in folgender Reihenfolge ab:

Zunächst erfolgt die achsparallele Verschiebung des Koordinaten-Systems um die gewünschten Werte. Von diesem "Zwischen-Koordinatensystem" aus sind die Pol-Koordinaten (Drehpunkts-Koordinaten) vermaßt. Um diesem Drehpunkt wird das Koordinaten-System anschließend um den gewünschten Drehwinkel gedreht.



# Längenkorrektur

## Achsparelle Werkzeugkorrektur

### Werkzeuglängen-Korrektur

Mit Hilfe der Werkzeugkorrektur berücksichtigt die Steuerung die Werkzeug-Abmessungen. Sie gleicht den Unterschied zwischen programmierten Werkstück-Koordinaten und dem tatsächlich zu fahrenden Werkzeugweg aus.

Man verwendet einen Meßdom oder eines der Bearbeitungs-Werkzeuge als Nullwerkzeug zum Einrichten der Maschine. (3D-Taster)  
Der Längenunterschied der anderen Bearbeitungs-Werkzeuge zum Nullwerkzeug wird als Korrekturwert mit einer bestimmten Nummer (Korrekturnummer) unter der Adresse D im Korrekturspeicher abgespeichert.

An der Stelle des Programms, an der der Verfahrweg korrigiert werden soll, wird die gewünschte Korrekturnummer unter der Adresse D programmiert. Die Steuerung fragt beim Abarbeiten des Programms an dieser Stelle den Korrekturwert aus dem Speicher ab und berechnet den Verfahrweg.

Die Korrekturwerte gibt man mit positivem oder negativem Vorzeichen in den Korrekturspeicher, abhängig davon, ob das Werkzeug länger oder kürzer als das Nullwerkzeug ist. Die Korrekturnummer programmiert man mit positivem Vorzeichen!

Dann gilt:

*Ist das Werkzeug kürzer als das Nullwerkzeug, wird der Korrekturwert D mit negativem Vorzeichen belegt.*

*Ist das Werkzeug länger als das Nullwerkzeug, wird der Korrekturwert D mit positivem Vorzeichen belegt.*

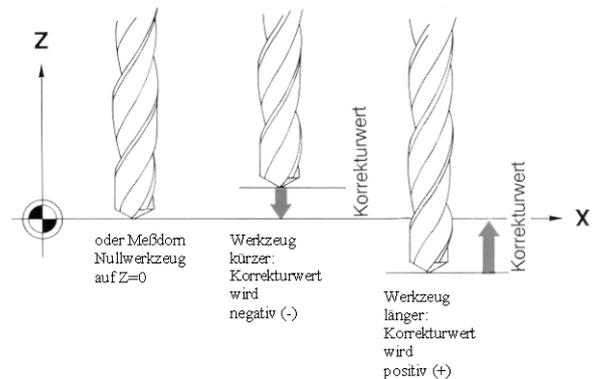
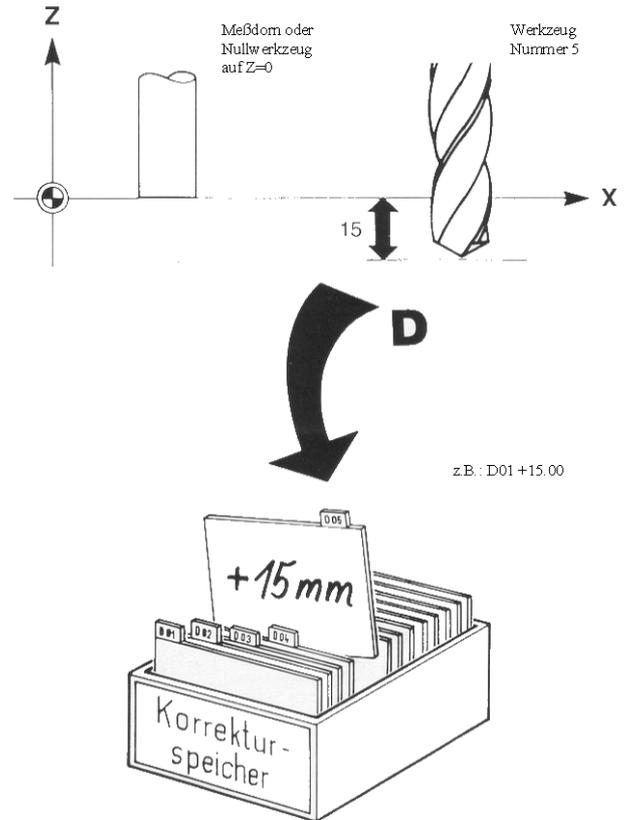
Benutzt man das längste Werkzeug als Nullwerkzeug, sind die Vorzeichen aller Korrekturwerte negativ.

Beispiel:

N0100 Z-10000 D+03 F100

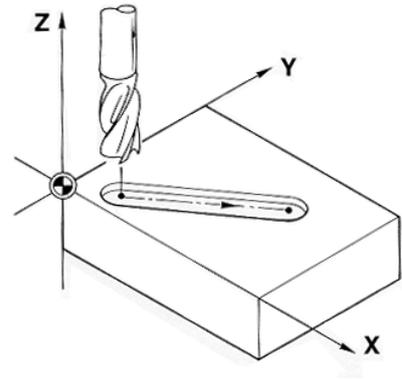
Die Steuerung addiert Z-10000 und den unter Korrekturnummer D03 abgespeicherten Korrekturwert. Die Werkzeug-Spitze wird Auf Z-10000 zugestellt.

Insgesamt kann man 100 Korrekturwerte (unter den Korrekturnummern D00 bis D99) abspeichern.  
Die Werkzeuglängen-Korrektur ist satzweise wirksam.



## Beispiel für Geraden-Interpolation bei kartesischer Koordinaten-Eingabe

```
N0001 G00 X+30000 Y+15000 Z+1000 S+500  
N0002 Z-5000 F100  
N0003 X+80000 Y+60000 F200  
N0004 G00 Z+100000 S0  
N0005 M30
```



### Erläuterung:

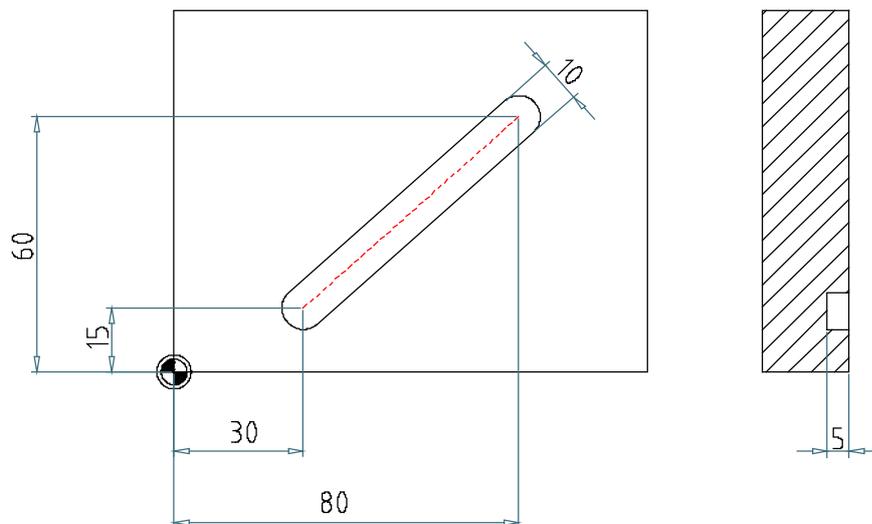
N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf Punkt P01 mit den Koordinaten X+30000, Y+15000, Z+1000, Spindeldrehzahl S+500

N0002 Zustellen auf Z-5000, Vorschub 100 mm/min.

N0003 Werkzeug fährt auf einer Geraden von P01 nach P02 (Vorschub 200 mm/min).

N0004 Freifahren in Z (Eilgang), Spindeldrehzahl aus.

N0005 Programmende.

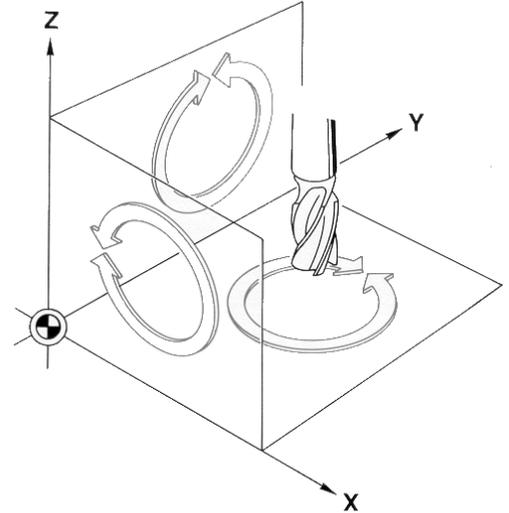


**Kreis-Interpolation (= Zirkular-Interpolation)**

Wenn das Werkzeug zwischen 2 Punkten der Kontur auf einem Kreis verfahren soll, muß die Steuerung eine Kreis-Interpolation zur Berechnung des Werkzeugwegs ausführen.

Das Werkzeug bewegt sich dann:

1. auf einem Kreisbogen  
- **im Uhrzeigersinn** durch Befehl **G02**  
- **gegen den Uhrzeigersinn** durch Befehl **G03**
2. in der gewünschten Ebene (X,Y/ X,Z/ Y,Z)
3. um den programmierten Mittelpunkt des Kreises, dessen Radius nicht größer als 9999,999 und nicht kleiner als 0,02 mm sein darf
4. vom bisherigen Punkt zum programmierten Endpunkt der Kreisbahn (= Zielpunkt)
5. mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit

**Die Steuerung fordert im Dialog an:****G02/G03**

<b>F:</b>	Vorschub (muß nicht eingegeben werden)
<b>X (Y) (X):</b>	1. Koordinate des Zielpunktes (=Endpunkt der Kreisbahn) <i>bei Vollkreis übergehen</i>
<b>Y (Z) (Y):</b>	2. Koordinate des Zielpunktes (=Endpunkt der Kreisbahn) <i>bei Vollkreis übergehen</i>
<b>I (J) (I)+:</b>	1. Koordinate des Kreis-Mittelpunktes
<b>J (K) (K)+:</b>	2. Koordinate des Kreis-Mittelpunktes

Drehrichtung und Ebenen

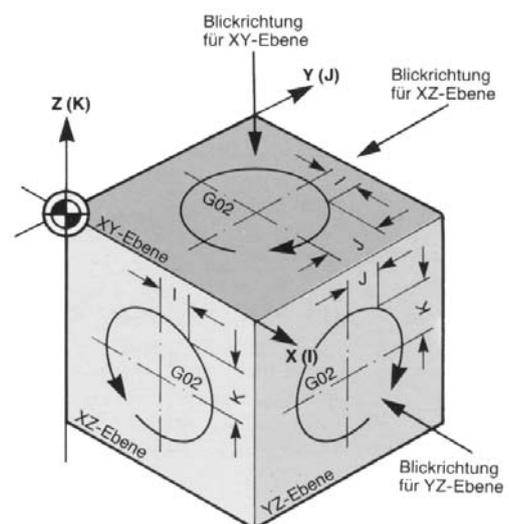
Die Maschine kann nur in jeweils einer Ebene (X,Y/ X,Z oder Y,Z) Kreisbewegungen ausführen.

Für die Drehrichtung in den verschiedenen Ebenen gilt folgendes:

Soll sich das Werkzeug

- im Uhrzeigersinn bewegen, wird **G02**
- gegen den Uhrzeigersinn bewegen, wird **G03**

programmiert.

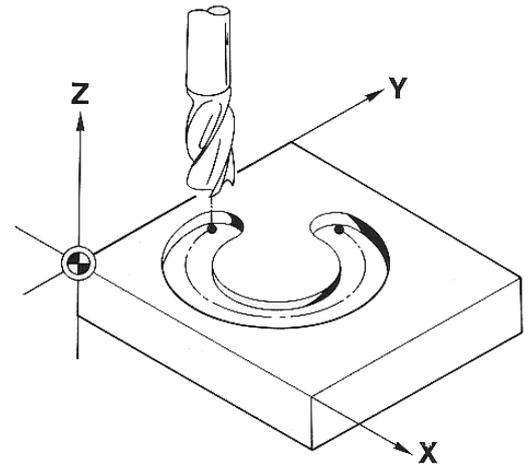


Kreisbogen in der X, Y-Ebene mit kartesischer Koordinaten-Eingabe

In diesem Beispiel muß der Zielpunkt (X,Y Koordinaten) des Werkzeugs programmiert werden, da es sich nicht um einen Vollkreis handelt.

Kreis-Mittel- und Endpunkt sind kartesisch vermaßt, daher wird die kartesische Koordinaten-Eingabe gewählt.

```
N0001 G00 X+40000 Y+60000 Z+1000 S+1250
N0002 Z-10000 F100
N0003 G02 F200 X+15000 Y+35000 I+0 J-25000
N0004 G00 Z+100000
N0005 G00 X+0 Y+0
N0006 M30
```

Erläuterung:

N0001 Werkzeug verfährt im Eilgang auf Punkt P01, Spindeldrehzahl ein.

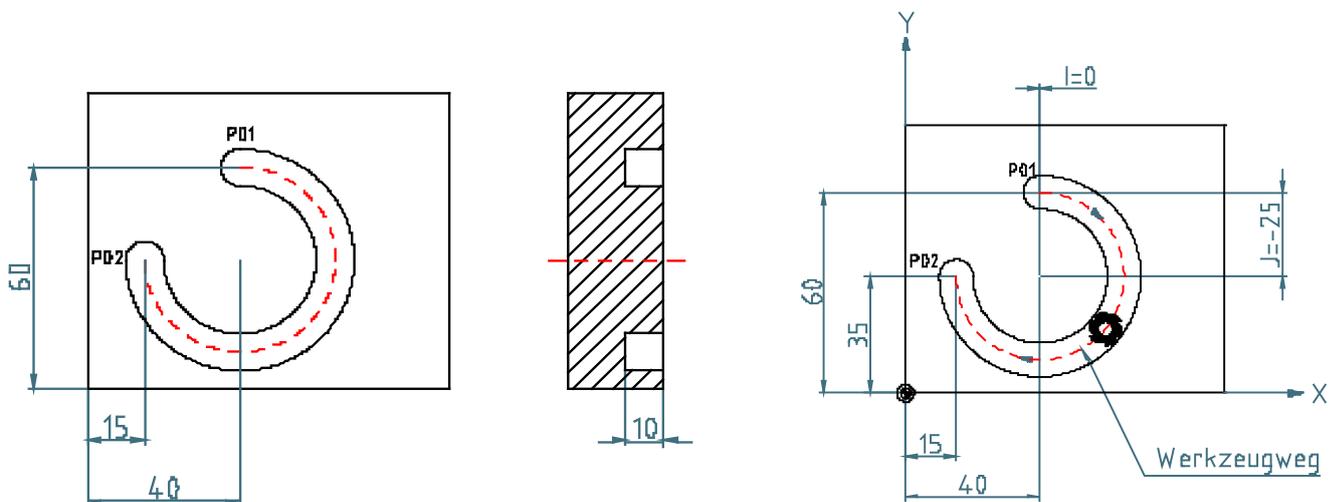
N0002 Zustellen auf Z-10000 Vorschub 100mm/min.

N0003 Werkzeug fährt von P01 auf P02 Kreisbogen im Uhrzeigersinn (G02).  $I = 0$ , weil der Mittelpunkt 0,0 mm in X-Richtung vom Kreis-Anfangspunkt P01 entfernt ist. Das Vorzeichen von J ist negativ, weil der Mittelpunkt 25 mm gegen die Richtung der Y-Achse vom Kreis-Anfangspunkt P01 entfernt ist.

N0004 Freifahren in Z im Eilgang.

N0005 Werkzeug verfährt im Eilgang von P02 auf Programm-Nullpunkt.

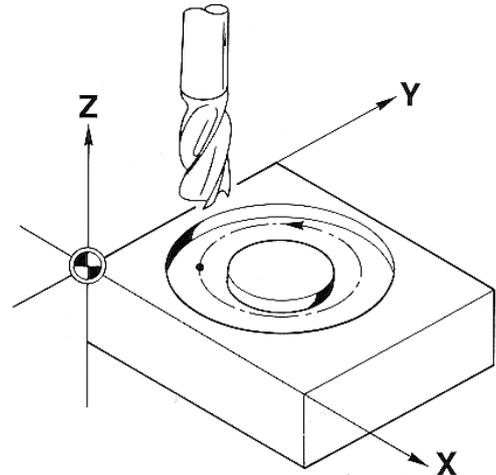
N0006 Programm-Ende.



## Kreis-Interpolation mit Kartesischer Koordinaten-Eingabe

Im folgenden Beispiel wird ein Vollkreis programmiert. Da Kreis-Mittel- und -Endpunkt kartesisch vermaßt sind, wird die kartesische Koordinaten-Eingabe gewählt. Wegen des Vollkreises brauchen die Koordinaten des Zielpunktes nicht programmiert und eingegeben zu werden.

```
N0001 G00 X+10000 Y+30000 Z+1000 S+1250  
N0002 Z-5000 F100  
N0003 G03 F125 I+20000 J+0  
N0004 G00 Z+100000  
N0005 G00 X+0 Y+0 S0  
N0006 M30
```



### Erläuterung:

N0001 Werkzeug verfährt im Eilgang auf Punkt P01, Spindeldrehzahl ein.

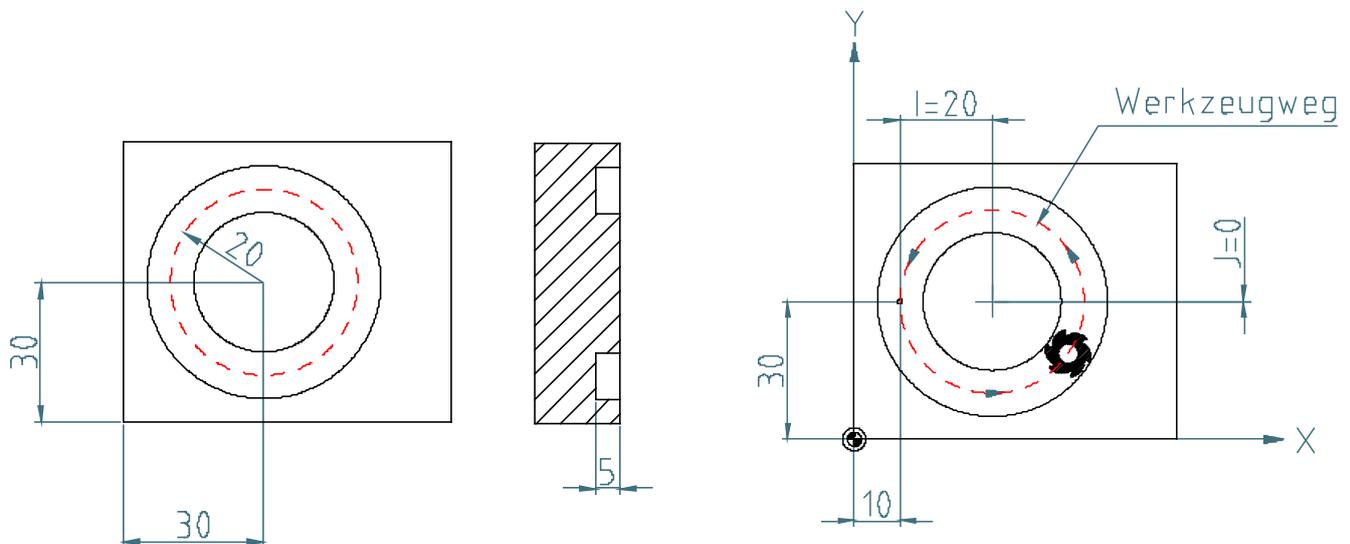
N0002 Zustellen auf Z-5000 Vorschub 100 mm/min.

N0003 Werkzeug fährt Vollkreis im Gegenuhrzeigersinn (G03). Das Vorzeichen von I ist positiv, weil der Mittelpunkt 20 mm in Richtung der X-Achse vom Kreis-Anfangspunkt entfernt ist. J = 0, da der Kreis-Mittelpunkt 0,0 mm in Y-Richtung von P01 entfernt ist.

N0004 Freifahren in Z im Eilgang.

N0005 Werkzeug verfährt im Eilgang von P01 auf Programm-Nullpunkt. Spindeldrehzahl aus.

N0006 Programm-Ende.



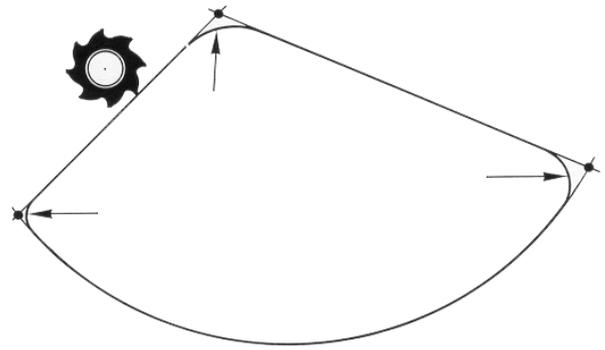
Innerhalb der Bahnkorrektur kann durch den Befehl **G07** ein Kreisbogen am Schnittpunkt Von

- zwei Geraden,
  - einer Geraden und einem Kreis oder
  - zwei Kreisen
- eingefügt werden

(bei Innen- und Außenkontur möglich).

Man programmiert lediglich den Schnittpunkt.

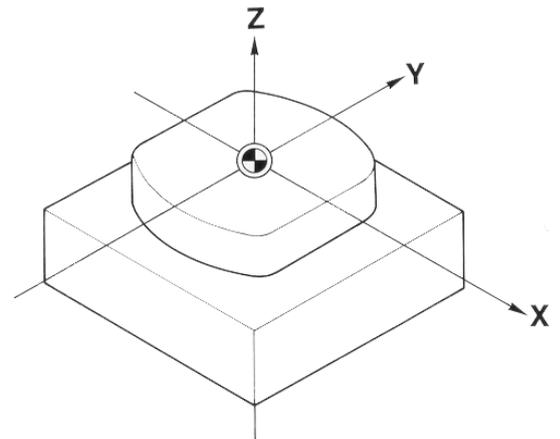
Im darauffolgenden Programmsatz muß der Befehl **G07** und der gewünschte Ecken-Radius unter Adresse R (R mindestens 0,02 mm) angegeben werden.



Beispiel für Runden von Außen-Ecken

```

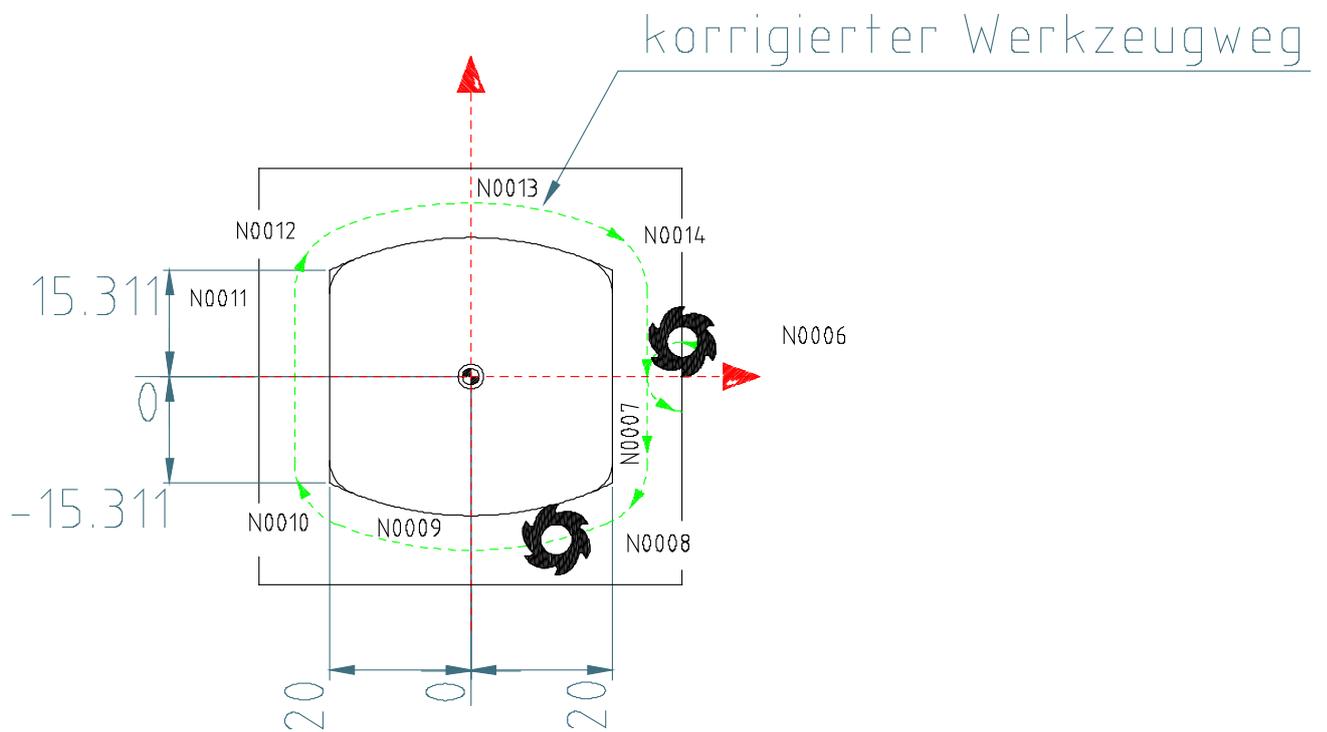
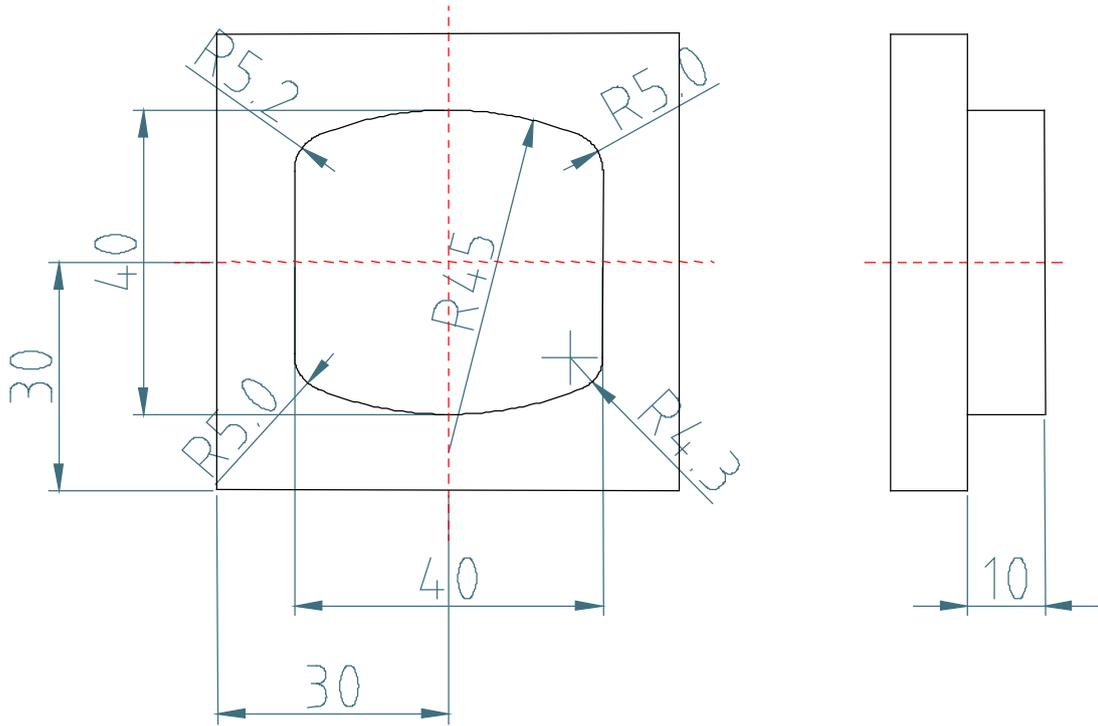
N0001 G00 X+0 Y+0 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 Z+2000 D+01 S+500
N0004 Z-10000 D+01 F100 M70
N0005 F200 M70
N0006 G41 DG+51 C47 A+5000 X+20000 Y+0 G00 G60 M60
N0007 Y-15311
N0008 G07 R+4300
N0009 G02 X-20000 Y-15311 I-20000 J+40311
N0010 G07 R+5000
N0011 Y+15311
N0012 G07 R+5200
N0013 G02 X+20000 Y+15311 I+20000 J-40311
N0014 G07 R+5000
N0015 Y+00
N0016 G40 G47 A+5000
N0017 G00 Z+100000 D+01 S0
N0018 M30
  
```



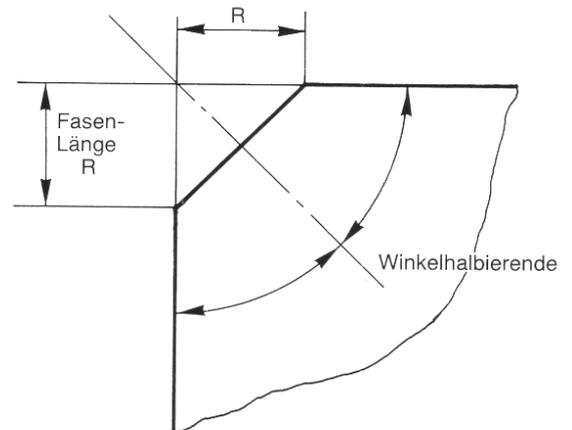
### Erläuterung:

N0001, N0002  
 N0003  
 N0004, N0005  
 N0006  
 N0007-N0015  
 N0008, N0010, N0012, N0014  
 N0016  
 N0017  
 N0018

Werkzeugwechsel.  
 Positionieren in Z und Spindel ein.  
 Diese Sätze werden wegen M70 zunächst überlesen.  
 Aufruf der Bahnkorrektur (G41) und Anfahr-Anweisung (G47).  
 Fräsen der Kontur.  
 Ecken-Runden mit programmiertem Radius.  
 Löschen der Bahnkorrektur.  
 Freifahren in Z.  
 Programm-Ende.



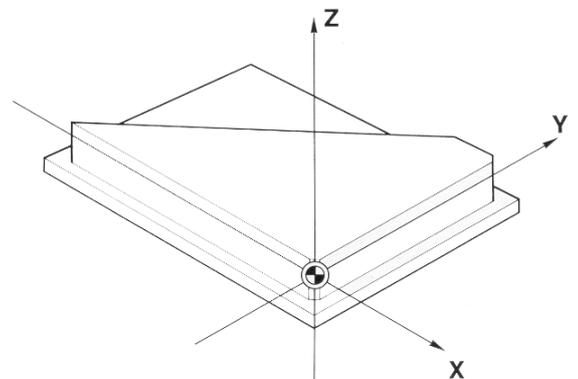
Innerhalb der Bahnkorrektur kann durch den Befehl **G08** eine Fase am Schnittpunkt von zwei Geraden eingefügt werden. (nur bei Außenecken möglich).  
 Man programmiert lediglich den Schnittpunkt. Im darauffolgenden Programmsatz müssen der Befehl G08 und die gewünschte Faser-Länge unter Adresse R (R mindestens 0,02 mm) angegeben werden.  
 Man kann nur Fasen programmieren, die symmetrisch zur Winkelhalbierenden der beiden Geraden liegen.



Beispiel für Fasen von Außenecken

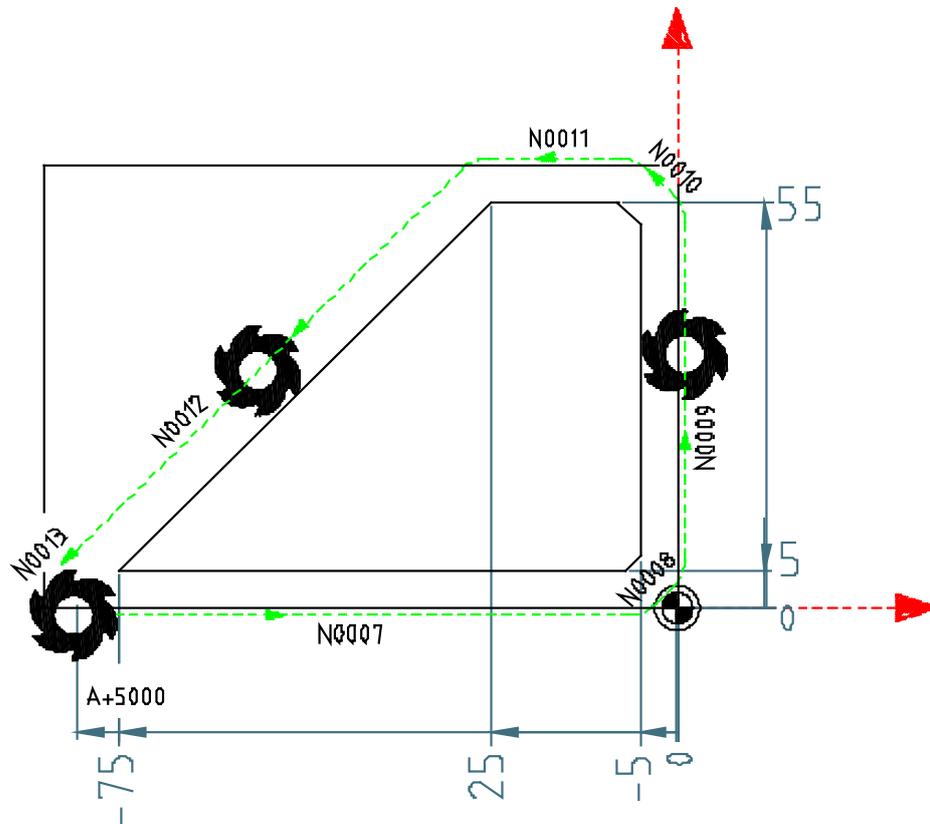
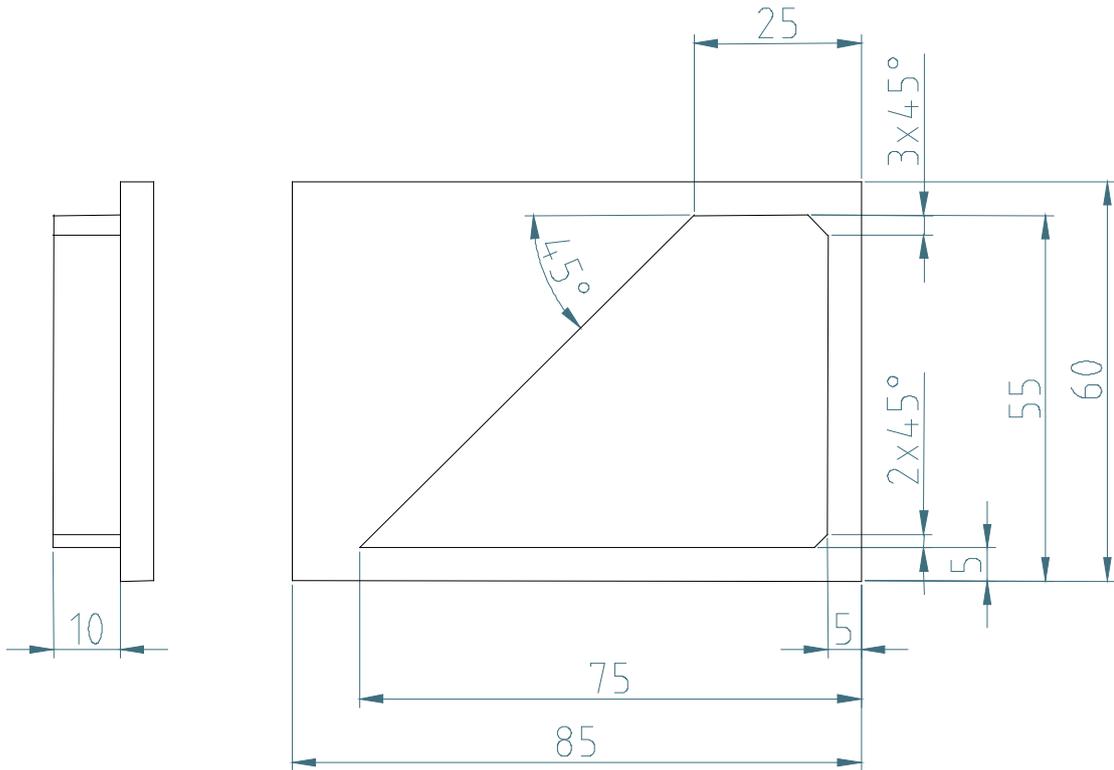
```

N0001 G00 X+0 Y+0 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 Z+2000 D+01 S+500
N0004 Z-10000 D+01 F50 M70
N0005 F100 M70
N0006 G42 DG+51 G45 A+5000 X-75000 Y+5000 G00 G60 M60
N0007 X-5000
N0008 G08 R+2000
N0009 Y+55000
N0010 G08 R+3000
N0011 X-25000
N0012 X-75000 Y+5000
N0013 G40 G45 A+5000
N0014 G00 Z+100000 D+01 S0
N0015 M30
  
```



### Erläuterung:

N0001, N0002	Werkzeugwechsel.
N0003	Positionieren in Z und Spindel ein.
N0004, N0005	Diese Sätze werden wegen M70 zunächst überlesen.
N0006	Aufruf der Bahnkorrektur (G42) und Anfahr-Anweisung (G45).
N0007, N0012	Fräsen der Kontur.
N0008, N0010	Anfasen mit programmierter Faser-Länge.
N0013	Löschen der Bahnkorrektur.
N0014	Freifahren in Z.
N0015	Programm-Ende.

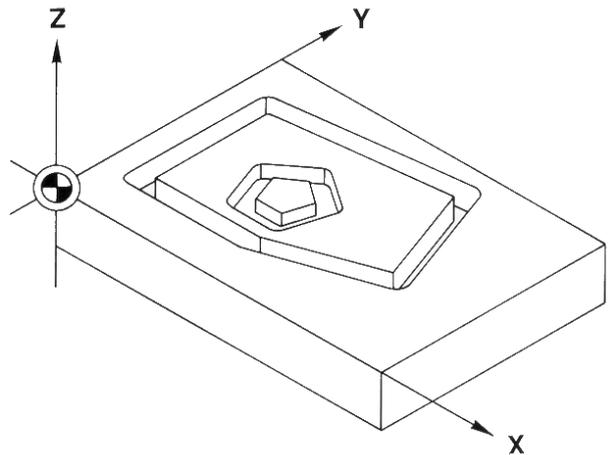


Beispiel für Geraden-Interpolation bei Polarkoordinaten-Eingabe

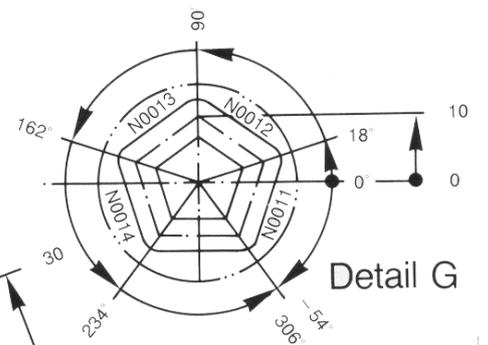
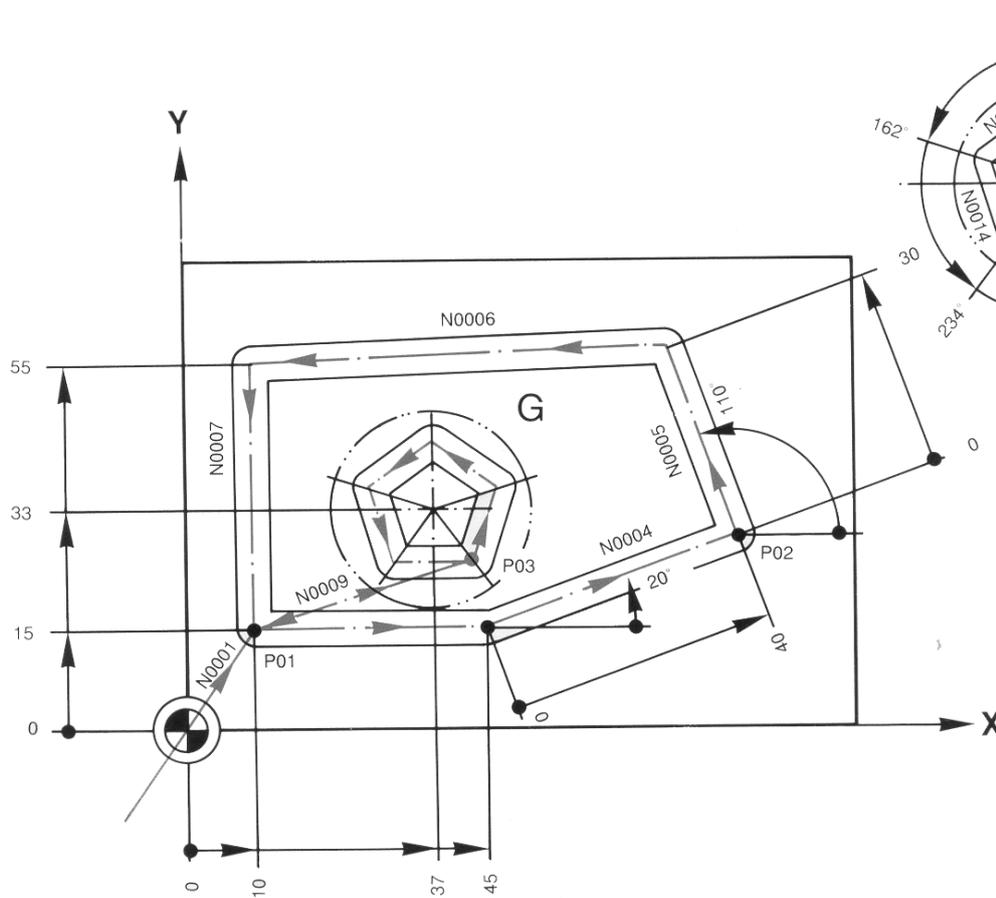
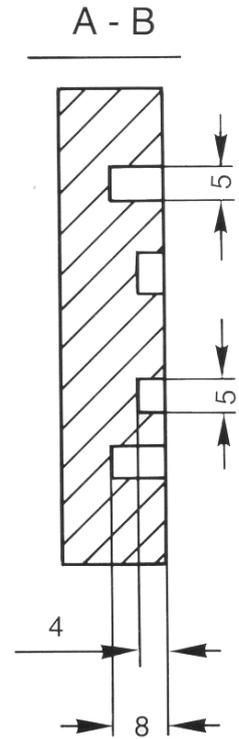
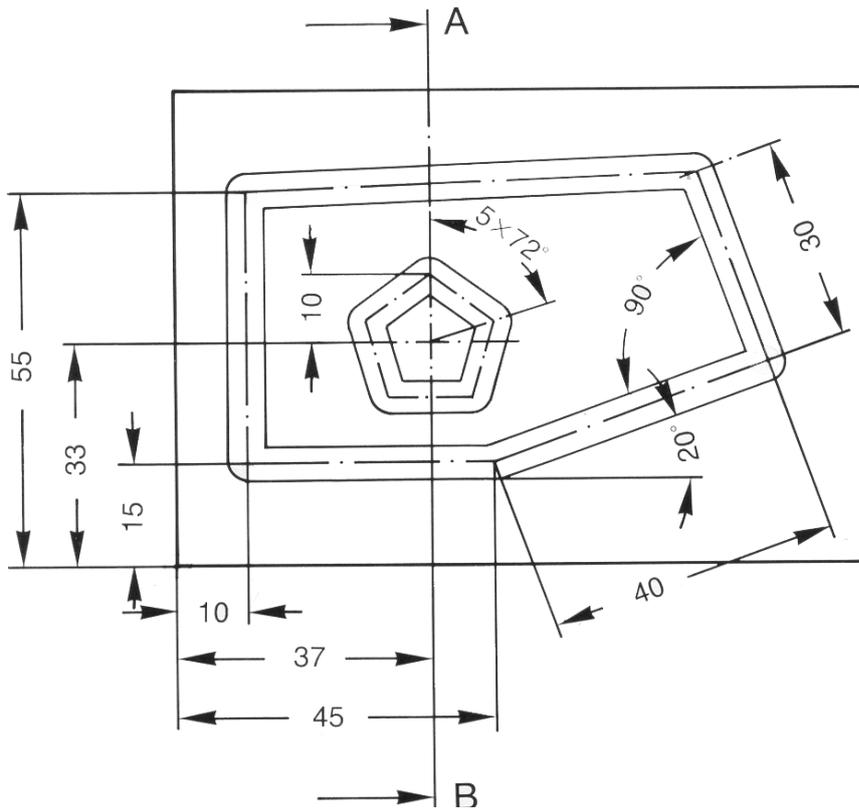
```

N0001 G00 X+10000 Y+15000 Z+2000 S+500
N0002 Z-8000 F150
N0003 X+45000 F250
N0004 G09 G01 A+40000 W+20000 G90 I+45000 J+15000
N0005 G09 G01 A+30000 W+110000 G91 I+0 J+0
N0006 X+10000 Y+55000
N0007 Y+15000
N0008 G00 Z+2000
N0009 G09 G00 A+10000 W-54000 G90 I+37000 J+33000
N0010 Z-4000 F150
N0011 G09 G01 A+10000 W+18000 G90 I+37000 J+33000
N0012 G09 G01 A+10000 W+90000 G90 I+37000 J+33000
N0013 G09 G01 A+10000 W+162000 G90 I+37000 J+33000
N0014 G09 G01 A+10000 W+234000 G90 I+37000 J+33000
N0015 G09 G01 A+10000 W+306000 G90 I+37000 J+33000
N0016 G00 Z+100000
N0017 X+0 Y+0
N0018 M30

```

**Erläuterung:**

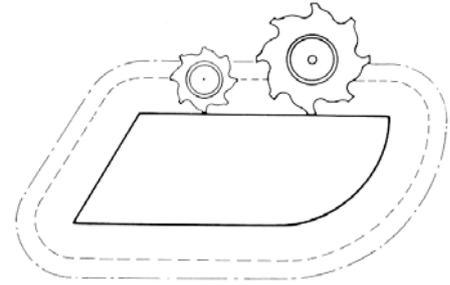
- N0001/N0002 Das Werkzeug fährt im Eilgang auf Punkt P01, Spindeldrehzahl S+500. Zustellen auf Z-8000 mit Vorschub F150.
- N0003 Das Werkzeug fräst den ersten Teil der Nut, Vorschub F250.
- N0004 Der nächste Konturpunkt, auf den das Werkzeug fährt, ist in Polar-Koordinaten (G09) vermaßt. Der Zielpunkt ist vom Pol 40 mm entfernt, der Winkel zur Winkel-Bezugsachse (X-Achse) beträgt 200. Der Pol ist absolut vom Programm-Nullpunkt vermaßt (G90) und hat die Koordinaten I+45000 und J+15000.
- N0005 Der Zielpunkt ist wieder polar vermaßt. Da die Pol-Koordinaten nicht bekannt sind und momentaner Werkzeugstandpunkt und Pol zusammenfallen, wird der momentane Werkzeugstandpunkt (P02) zum Pol gemacht. Eingabe der Pol-Koordinaten im Kettenmaß (G91) vom Werkzeugstandpunkt aus.
- N0006/N0007 Fertigfräsen der äußeren Nut.
- N0008 Freifahren in Z.
- N0009 Positionieren des Werkzeugs in Eilgang über P03, P03 ist vom Mittelpunkt des Fünfecks aus in Polar-Koordinaten
- N0010 Zustellen in Z.
- N0011-N0015 Fräsen der inneren Nut. Die Eckpunkte des Fünfecks sind alle vom Mittelpunkt aus in Polar-Koordinaten angegeben.
- N0016/N0017 Freifahren in Z und positionieren über dem Programm-Nullpunkt.
- N0018 Programm-Ende.



## Bahnkorrektur

Mit der Dialogsteuerung kann man Geraden und Kreise in 2 beliebigen Achsen (X,Y/X,Z oder Y,Z) fräsen, ohne den tatsächlichen Werkzeugweg berechnen zu müssen. Nach Aufruf der Bahnkorrektur berücksichtigt die Steuerung automatisch den Werkzeugradius.

Man braucht also nur die Koordinaten der Werkstückpunkte zu programmieren und den Werkzeug-Radius als Korrekturwert einzugeben - ähnlich wie bei der achsparallelen Werkzeugkorrektur: Egal, welches Werkzeug verwendet wird, es wird immer die gleiche Kontur gefräst. Dies spart Zeit und Rechenaufwand.



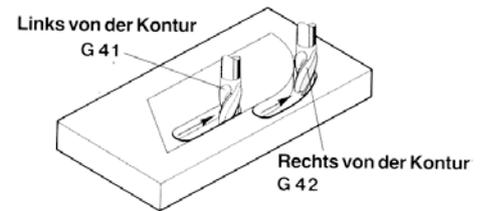
## Bahnkorrektur-Programmierung

Durch Befehl **G41** oder **G42** wird die Bahnkorrektur aufgerufen, durch **G40** gelöscht.

Dabei gilt:

**G41** - Werkzeug arbeitet in Fräsrichtung links von der Kontur

**G42** - Werkzeug arbeitet in Fräsrichtung rechts von der Kontur



Für die gesamte Kontur, die zwischen dem Bahnkorrektur-Aufruf und Löschen der Bahnkorrektur programmiert ist, wird eine Bahnkorrektur ausgeführt.

*Innerhalb der Bahnkorrektur dürfen jedoch nur Koordinaten einer Ebene (also X,Y oder X,Z der Y,Z) programmiert werden,*

*Zustell-Bewegungen sind nicht zulässig.*

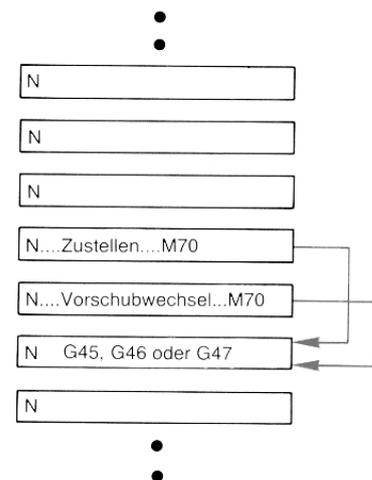
G40, G41 und G42 sind modal wirksam.

## Zustellung des Werkzeugs (M70)

Innerhalb einer Bahnkorrektur dürfen nur Koordinaten einer Ebene programmiert werden, z.B. nur X und Y, kein Zustellbewegung und Zustellvorschub in Z werden deshalb in einem Programmsatz vor Aufruf der Bahnkorrektur programmiert. Zusätzlich steht der Befehl M70 im Satz. Sätze mit M70 werden bei der Abarbeitung des Programms von der Steuerung zunächst überlesen und erst nach Aufruf der Bahnkorrektur ausgeführt.

Folge:

Die Zustellbewegung ist zwar vor Bahnkorrektur-Aufruf programmiert, wird aber erst danach ausgeführt.



## Eingabe-Dialog beim Aufruf der Bahnkorrektur

Die Eingabe des Bahnkorrektur-Aufrufs ist Dialoggeführt. Nach Eingabe des Befehls G41 Oder G42 und Drücken der Übernahme-Taste Fordert die Steuerung folgende Adressen an. Sie müssen jeweils ergänzt und Durch Drücken der Übernahme-Taste in die Steuerung übernommen werden.

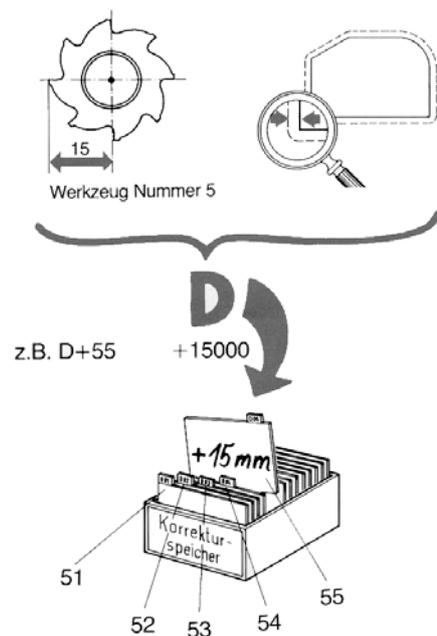
G41,G42: Die Steuerung fordert

D<sub>G+</sub>: Werkzeugkorrektur-Nummer  
G4<sub>-</sub>: Anfah-Anweisung G45, G46, G47  
A+: Abstand bei Anfah-Anweisung  
X+: 1.Koordinate des 1.Konturpunkts  
Y+: 2.Koordinate des 1.Konturpunkts  
G0<sub>-</sub>: Anfah- Wegbedingung G00, G01  
G6<sub>-</sub>: Kontur-Fahrverhalten G60, G61, G64  
M6<sub>-</sub>: Vorschub-Optimierung M60, M61, M62

## D<sub>G+</sub>: Werkzeugkorrektur-Nummer

Der Werkzeug-Radius wird als Korrekturwert Unter einer Korrekturnummer abgespeichert. Man kann 100 verschiedene Korrekturwerte (unter den Korrekturnummern D00 bis D99) abspeichern.

Jeder Korrekturwert kann mit der D-Nummer, unter der er abgespeichert wurde, im Programm abgerufen werden.



## G4 : Anfahr-Anweisung

(Wenn unnötig: Übernahme-Taste drücken).

Die Anfahr-Anweisung gibt an, wie das Werkzeug nach Aufruf der Bahnkorrektur die Kontur anfahren soll.

Hierfür gibt es 3 Möglichkeiten

- parallel zur Werkstück-Kontur durch **G45**
- im Halbkreis durch **G46**
- Im Viertelkreis durch **G47**

Je nach gewünschter Anfahr-Anweisung zu G45, G46 oder G47 ergänzen.

## A+ : Abstand bei Anfahr-Anweisung

Unter dieser Adresse wird der Abstand für die Anfahr-Anweisung programmiert.

A hat folgende Bedeutung:

- bei **G45** - Abstand zwischen erstem Bahnpunkt und Zustell-Punkt (Vorzeichenwechsel bzw. A+0 möglich)
- bei **G46** - Abstand des Werkzeugs von der Kontur, mindestens 0,02 mm (= Durchmesser des Anfahr-Kreises)
- bei **G47** - Abstand des Werkzeugs von der Kontur, mindestens 0,02 mm (=Radius des Anfahr-Kreises)

X(Y)(X)+: 1.Koordinate des 1.Konturpunktes  
(Vorzeichen- und Achswechsel möglich)

Y(Z)(Z)+: 2.Koordinate des 1.Konturpunkte  
(Vorzeichen- und Achswechsel möglich)

## G0 : Anfahr-Wegbedingung

Die Anfahr-Wegbedingung legt fest, wie das Werkzeug auf den Zustellpunkt fahren soll. Dabei gilt:

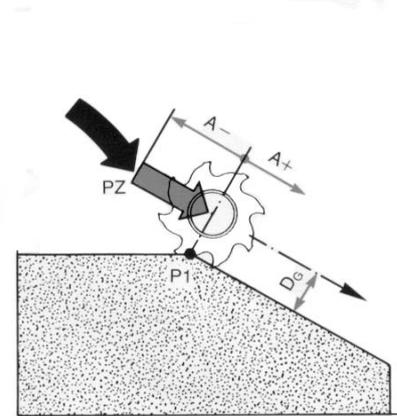
- G00** - im Eilgang
- G01** - mit Vorschubgeschwindigkeit (und auf einer Geraden)

Je nach gewünschter Wegbedingung zu G00 oder G01 ergänzen.

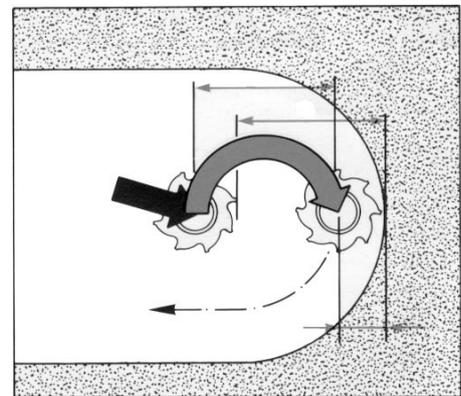
### Eingabe:

- z.B.:
- G41** = Bahnkorrektur-Aufruf (Werkzeug links von der Kontur)
  - D<sub>G</sub>51** = Werkzeugkorrekturspeicher (Fräserradius)
  - G45** = Anfahren konturparallel
  - A+17** = Abstand
  - X+10** = Anfangspunkt X-Achse
  - Y+10** = Anfangspunkt Y-Achse (oder Z-Achse)
  - G00** = Positionieren im Eilgang
  - G60** = Kontur-Fahrverhalten (Genau Halt)
  - M62** = Vorschub Optimierung (konstante Fräsermittelpunktsgeschwindigkeit)

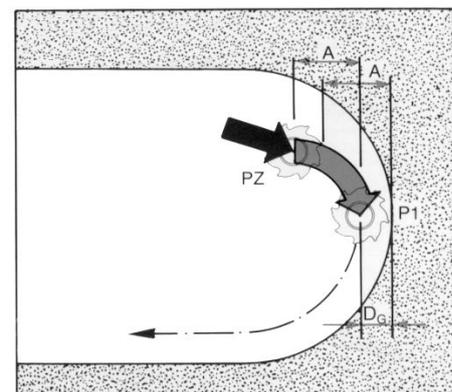
## G45 Anfahren Konturparallel



## G46 Anfahren im Halbkreis



## G47 Anfahren im Viertelkreis



- ➔ Eilgang (auch Vorschub möglich)
- ➔ Vorschub

**Referenzpunkt anfahren (G52)**

Durch den Befehl G52 und die Angabe der gewünschten Achsen werden die Achs-Schlitten auf den Referenzpunkt verfahren (Eilgang!).

Beispiel:

```
N0010 G52 X+0 Y+0 Z+0 C+0
```

Im Satz N0010 fahren alle Achs-Schlitten auf den Referenzpunkt.  
(Durch C+0 kann der Rundtisch oder Rundscharntisch auf seinen Referenzpunkt gedreht werden).

**Rücksprung auf den Programm-Nullpunkt (G53)**

Soll eine Verschiebung oder Drehung wieder aufgehoben werden, muß man den Befehl G53 programmieren.  
Der Befehl G53 löscht die Befehle G54, G55 und G56. Die Steuerung bezieht sämtliche nachfolgenden Koordinaten (X, Y, Z, C) im Programm wieder auf den ursprünglichen Programm-Nullpunkt beim Einrichten.

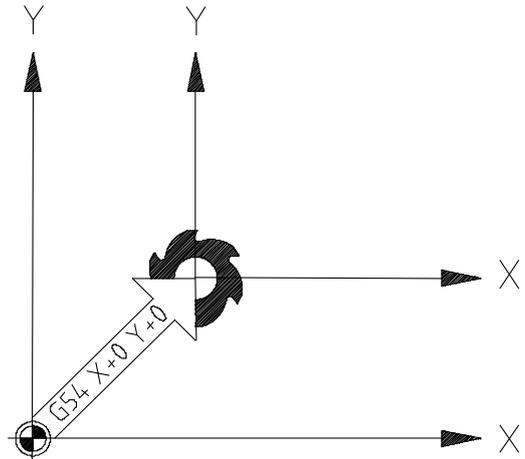
Durch Wechsel der Betriebsart oder Not-Aus Betätigung wird das Programm unterbrochen und die Steuerung "vergißt" eine durch G54, G55 oder G56 programmierte Verschiebung oder Drehung:

Beim Istwert-Setzen wird der augenblicklichen Position des Werkzeugs ein neuer Istwert zugeordnet. Dabei wird das gesamte Koordinaten-System so verschoben, daß das Werkzeug auf seiner augenblicklichen Position im neuen Koordinaten-System die neuen Istwerte hat. Soll z.B. die Position, auf der sich das Werkzeug gerade befindet, im neuen Koordinaten-System der Nullpunkt werden, so programmiert man:

G54 X+0 Y+0 Z+0

Dadurch wird die Position auf der sich das Werkzeug gerade befindet, als neuer Nullpunkt festgelegt.

**G54** kann durch den Befehl **G53** wieder aufgehoben werden.



Beispiel:

```
N0001 G00 X+10000 Y+5000  
N0002 G54 X+0 Y+0  
N0003 G00 X+10000 Y+5000
```

### Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf X+10000 Y+5000 (bezogen auf den Programm-Nullpunkt beim Einrichten).

N0002 Die Istposition des Werkzeugs erhält die neuen Koordinaten X+0 und Y+0 und ist damit neuer Nullpunkt des Koordinatensystems.

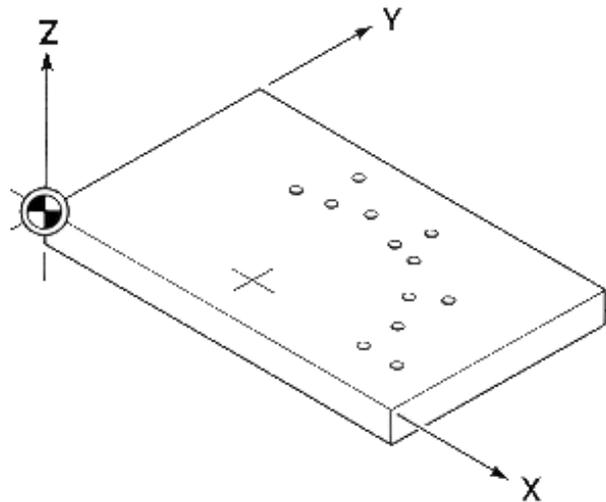
N0003 Werkzeug fährt im Eilgang auf X+10000 Y+5000 (bezogen auf den neuen Nullpunkt).  
Dieser Punkt hätte im alten Koordinaten-System die Koordinaten X+20000 Y+10000 gehabt.

Die 4 Bohrbilder sind jeweils um den gleichen Winkel weitergedreht. Deshalb wird der Nullpunkt des Koordinaten-System zunächst in den Drehpunkt gelegt. Dort wird das Koordinaten-System wiederholt **additiv** weitergedreht.

```

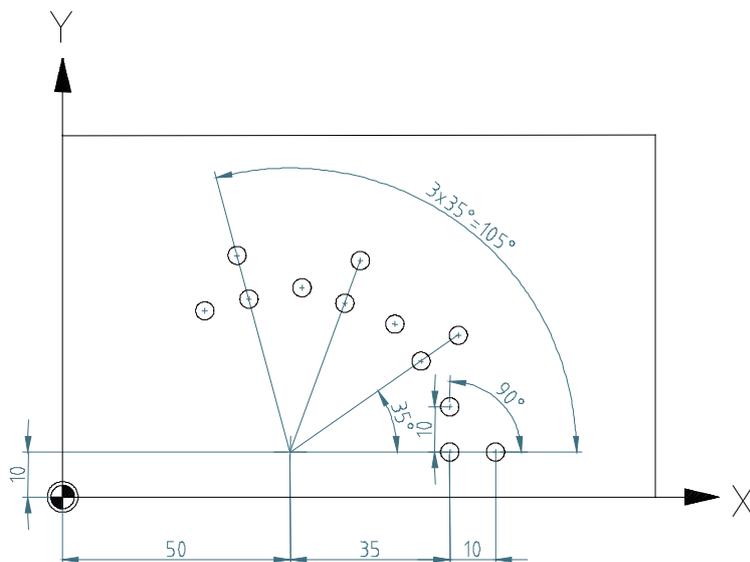
N0001 G00 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 Z+2000 D+01 S+1250
N0004 G55 X+50000 Y+10000
N0005 U0001 G00 X+35000 Y+0
N0006 U0001 G00 X+45000
N0007 U0001 G00 X+35000 Y+10000
N0008 G55 W+35000 I+0 J+0
N0009 L03 N0005 N0008
N0010 G53
N0011 G00 X+0 Y+0 Z+100000
N0012 M30
U0001 G81 F100 Z-10000

```



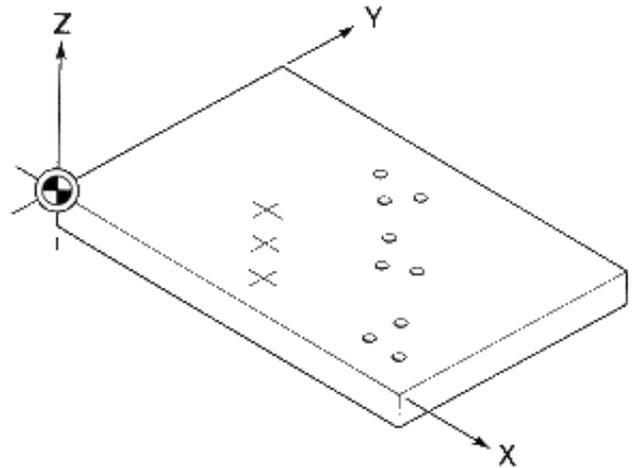
### Erläuterung-

- N0001, N0002 Freifahren zum Werkzeugwechsel  
 N0003 Positionieren im Eilgang über der Werkstück-Oberfläche  
 N0004 Verschieben des Koordinaten-Systems (additiv) um 50 mm in X-Richtung und 10 mm in Y-Richtung. Die Steuerung bezieht alle weiteren Koordinaten-Angaben auf das verschobene Koordinaten-System.  
 N0005 bis N0007 Bearbeiten des Bohrbildes.  
 N0008 Additive Drehung des Koordinaten-Systems um den Nullpunkt (I+0, J+0) des aktuellen achsparallelen Koordinaten Systems, der Drehwinkel beträgt  $35^\circ$ . Die Steuerung bezieht alle weiteren Koordinaten-Angaben auf das verdrehte Koordinaten-System.  
 N0009 3-malige Programmteil-Wiederholung der Sätze N0005 bis N0008. Dabei wird jedesmal das Koordinaten-System um  $35^\circ$  weitergedreht, die Drehungen werden addiert, und anschließend das Bohrbild ausgeführt.  
 N0010 Löschen der Verschiebung und Drehung des Koordinaten-Systems. Die Steuerung bezieht alle weiteren Koordinaten-Angaben auf den Programm-Nullpunkt.  
 N0011 Freifahren in Z und Positionieren des Werkzeugs über den Programm-Nullpunkt.  
 N0012 Programm-Ende.  
 U0001 In diesem Satz ist der Bohrzyklus G81 programmiert.



```

N0001 G00 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 Z+2000 D+01
N0004 G56 X+60000 Y+10000
N0005 U0001 G00 X+35000 Y+0
N0006 U0001 G00 X+45000
N0007 U0001 G00 X+35000 Y+10000
N0008 G56 X+50000 Y+20000 W+30000 I+0 J+0
N0009 L01 N0005 N0007
N0010 G56 X+40000 Y+30000 W+55000 I+0 J+0
N0011 L01 N0005 N0007
N0012 G53
N0013 G00 X+0 Y+0 Z+100000 S0
N0014 M30
    
```

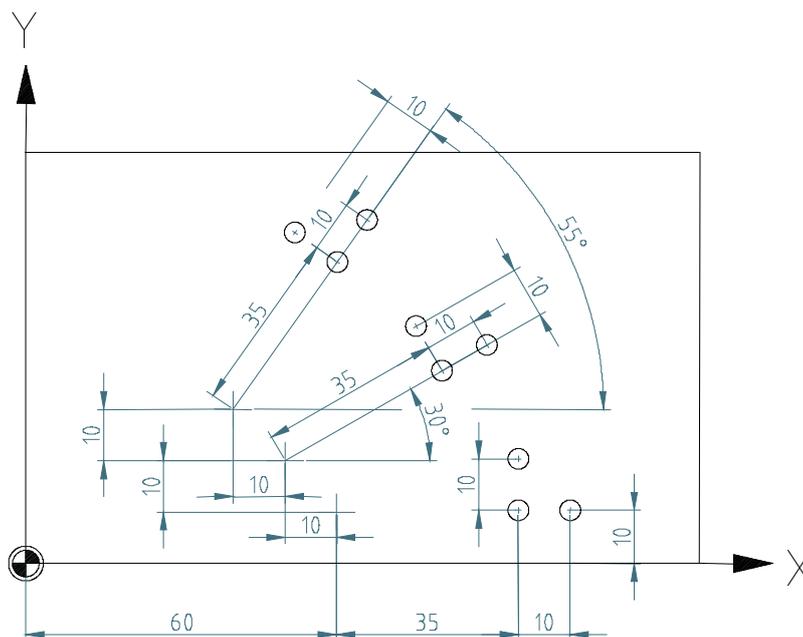


```

U0001 G81 F100 Z-10000
    
```

Erläuterung:

- N0001, N0002      Freifahren zum Werkzeugwechsel
- N0003            Positionieren im Eilgang über Werkstück Oberfläche
- N0004            Verschieben des Koordinaten-Systems (absolut) um 60 mm in X-Richtung und 10 mm in Y-Richtung. Die Steuerung bezieht alle weiteren Koordinaten-Angaben auf das verschobene Koordinaten-System.
- N0005 bis N0007      Bearbeiten des Bohrbildes.
- N0008            Absolute Verschiebung und Drehung des Koordinaten-Systems vom Programm-Nullpunkt aus (G56). Das Koordinaten-System wird zunächst um die Verschiebungs-Werte (X+50000, Y+20000) verschoben und anschließend um den verschobenen Nullpunkt (I+0, J+0) gedreht. Die Steuerung bezieht alle weiteren Koordinaten-Angaben auf das verschobene und gedrehte Koordinaten-System.
- N0009            Programmteil-Wiederholung: Bearbeiten des Bohrbildes.
- N0010            Erneute absolute Verschiebung und Drehung des Koordinaten-Systems vom Programm-Nullpunkt aus (G56). Siehe auch Satz N0008.
- N0011            Programmteil-Wiederholung: Bearbeiten des Bohrbildes.
- N0012            Löschen der Verschiebung und Drehung. Die Steuerung bezieht alle weiteren Koordinaten-Angaben auf den Programm-Nullpunkt.
- N0013            Freifahren in Z.
- N0014            Programm-Ende.
- U0001            In diesem Satz ist der Bohrzyklus G81 programmiert.



## G6: Kontur-Fahrverhalten

Das Kontur-Fahrverhalten gibt an, wie sich das Werkzeug beim Abarbeiten des Programmes an Konturübergängen (speziell: Innen-Ecken) verhält.

Hierbei gibt es 3 Möglichkeiten:

- Genau Halt durch **G60**

Das Werkzeug fährt bei Kontur-Innenecken genau in die Ecke und bleibt dort einen Augenblick stehen, bevor es weiterfährt.

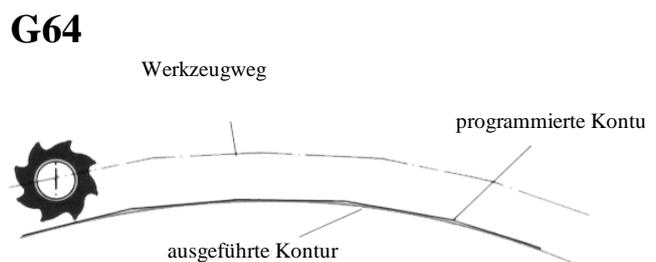
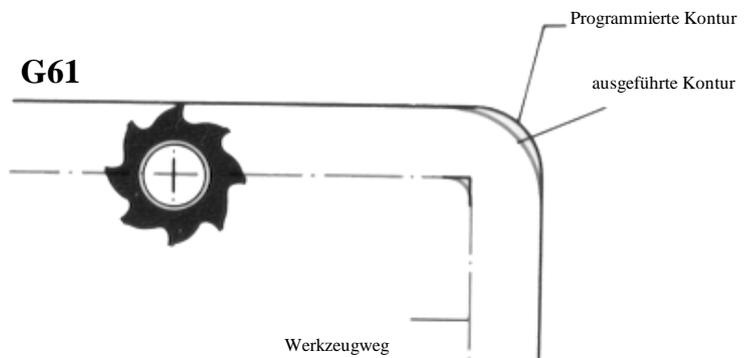
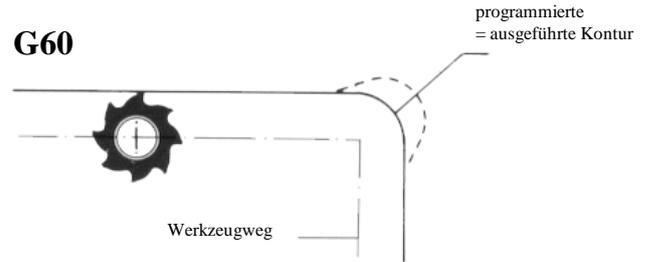
G60 findet Anwendung beim Schlichten von Innen-Ecken auf Maß

- Automatisches Runden von Innen-Ecken durch **G61** (Radius-Vergrößerung)

Das Werkzeug fährt in Innen-Ecken einen Übergangs-Kreisbogen, um ein Hineinziehen des Werkzeugs in die Ecke zu vermeiden. Der Radius des Kreises beträgt 0.4 mm bei Fräser-Radien kleiner als 4 mm, bei Fräser-Radien größer als 4 mm beträgt er 10% des FräserRadius. G61 sollte beim Schruppen von Innen-Ecken programmiert werden, um zu verhindern, daß die Kontur beschädigt wird.

- Stetigfahren (Konturglätten) durch **G64**

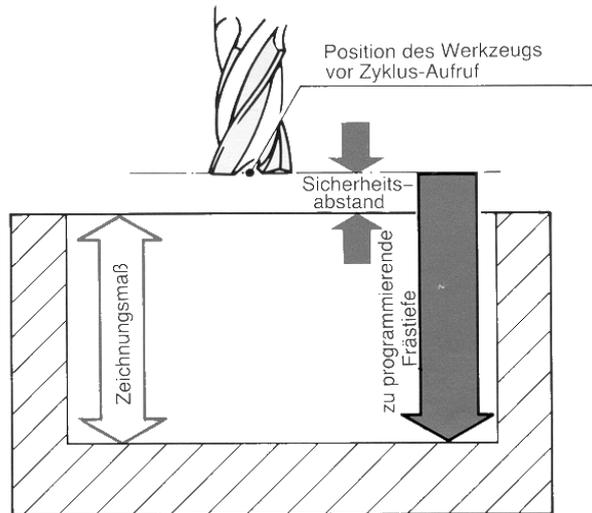
Das Werkzeug verschleift Kontur-Übergänge abhängig von der Bahn-Geschwindigkeit. (Die Achs-Schlitten werden zwischen den einzelnen Sätzen nicht abgebremst.)



Sicherheits-Abstand

Die Frästiefe wird in den Fräszyklen im Kettenmaß angegeben. Es wird von der Position aus gemessen, auf der die Werkzeugspitze vor dem Programm-Satz steht, in dem der Zyklus programmiert ist.

Der Sicherheits-Abstand, in dem sich das Werkzeug von der Werkstück-Oberfläche befindet, muß daher zu dem Zeichnungsmaß hinzugerechnet werden.

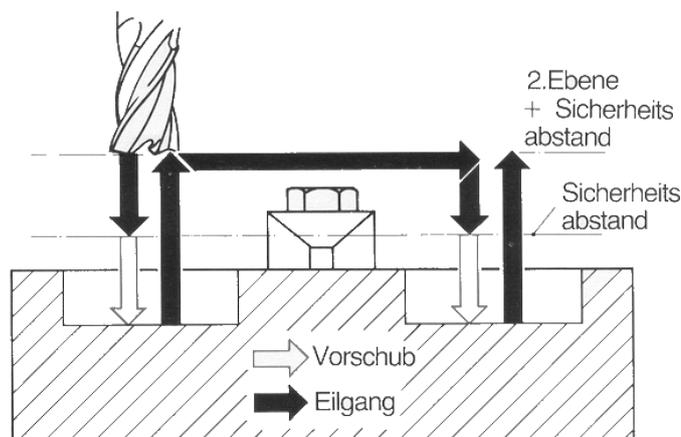
2. Ebene (Hindernis)

In allen Fräszyklen kann eine 2. Ebene programmiert werden. Dies kann z.B. die Höhe einer Spannpratze oder eines anderen Hindernisses auf dem Werkstück sein.

Zu Beginn des Zyklus wird das Werkzeug um den Betrag, der als 2. Ebene eingegeben wurde, im Eilgang zugestellt. Am Zyklus-Ende wird das Werkzeug im Eilgang auf die 2.Ebene zurückgezogen. Das Werkzeug kann anschließend über dem Werkstück verfahren, ohne an Hindernissen anzustoßen.

Das heißt:

Ist in einem Satz mit Fräszyklus eine 2.Ebene, programmiert, muß das Werkzeug einen Programm-Satz vorher so positioniert werden, daß es von der Werkstück-Oberfläche genau den Sicherheits-Abstand + 2.Ebene entfernt ist. Andernfalls fährt entweder das Werkzeug im Eilgang in das Werkstück oder die gewünschte Frästiefe wird nicht erreicht.



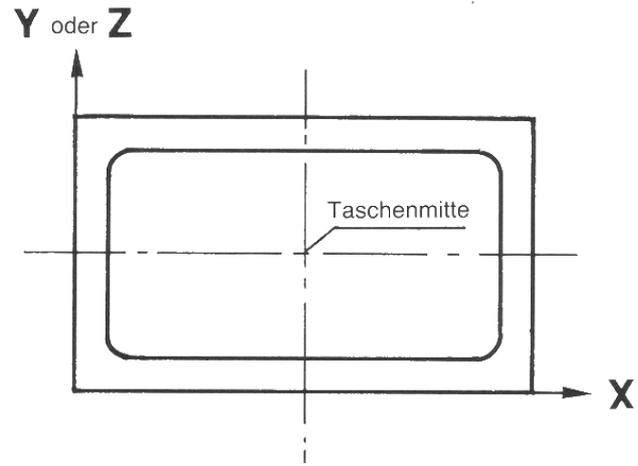
Positionierung des Werkzeugs

Bevor der Zyklus abgearbeitet wird, muß das Werkzeug positioniert werden wie folgt (siehe Bild):

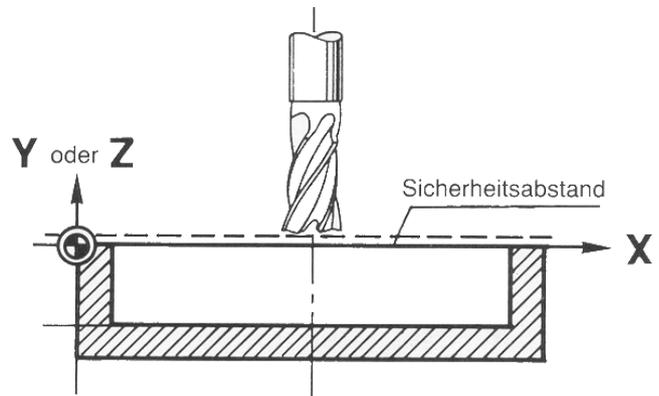
Bearbeitung mit Senkrechtfrässpindel

in X und Y auf die Taschenmitte  
(= Schnittpunkt der Symmetrieachsen)  
in Z auf die Z-Koordinate des höchsten Punktes

der Werkstückoberfläche (plus Sicherheitsabstand).

Bearbeitung mit Waagrechtfrässpindel

- in X und Z auf die Taschenmitte  
(= Schnittpunkt der Symmetrieachsen)  
- in Y auf die Y-Koordinate des Punktes der Werkstückoberfläche, der am weitesten zur Waagrechtfrässpindel ragt (plus Sicherheitsabstand).

Eingabe-Dialog

Die Programm-Eingabe der Fräszyklen ist Dialoggeführt:

Nach Drücken der Taste 'Fräszyklen' in Feld (24), Eingabe der G-Funktion und Drücken der (Übernahme-Taste fordert die Steuerung die Daten für den Zyklus an, z.B. Taschen-Länge, -Breite oder -Tiefe (= Fertigmaße).

Sie müssen jeweils ergänzt und durch Drücken der (Übernahme-Taste in die Steuerung übernommen werden. Einzelne Koordinaten und Vorzeichen können geändert werden (z.B. bei Bearbeitung mit der Waagrechtfrässpindel oder bei unterschiedlicher Aufspannung des Werkstücks - siehe oben). Auch wenn ein Vorzeichen für die Taschen Länge, -Breite oder -Tiefe geändert wird, werden alle weiteren Zyklus-Daten vorzeichenrichtig abgefragt. Bestimmte Dialogfragen können durch Drücken der Übernahme-Taste unbeantwortet bleiben (z.B. 2. Ebene).

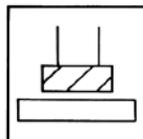
In den Beispielen wird jeweils darauf hingewiesen.

Bei falscher Eingabe kann

- während der Eingabe mit der Lösch-taste (24) unterbrochen und der Zyklus erneut eingegeben werden
- nach vollständiger Zyklus-Eingabe jede einzelne Adresse im Zyklus korrigiert werden.

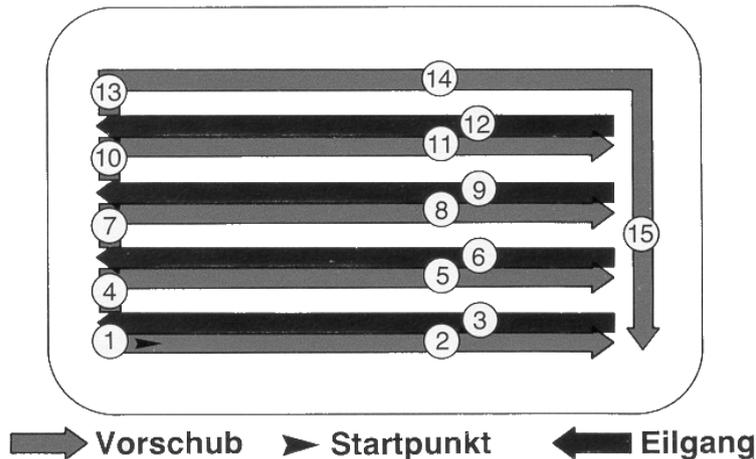
-

**Dann immer alle Vorzeichen im Zyklus überprüfen!!**



**Ablauf:**

- 1 Zu Beginn des Zyklus fährt das Werkzeug im Eilgang auf einen der beiden Startpunkte. Am Startpunkt erfolgt Zustellung um das Zustellmaß in Z\*.
- 2-3 Längere Taschenseite wird bis zum Aufmaß gefräst, anschließend Abheben und Rückzug des Werkzeuges im Eilgang auf den Startpunkt.
- 4 Zustellung um Zustellmaß in Z\* und anschließend in Y\* (max. 0,8 x Fräser-Ø).
- 5-14 Wiederholung von 2 bis 4 bis zum Erreichen des Aufmaßes in X und Y\*.
- 15 Überfräsen der stehengebliebenen Grate. Rückzug im Eilgang auf die Ausgangsposition in Z\*.
- 1-15 wird sooft wiederholt, bis das Aufmaß in Z\* erreicht ist. Anschließend Rückzug im Eilgang auf die Ausgangsposition.

Eingabe-Dialog

Die Steuerung fordert an:

**F:** Vorschub in X und Y

**S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)

**X+:** Fertigmaß in X (Vorzeichen- und Achsenwechsel möglich)

**D+:** Werkzeugkorrektur-Nummer

**X+:** Aufmaß in X und Y

**Y+:** Fertigmaß in Y Achsenwechsel möglich

**Y+:** Zustellmaß in Y (bei Rahmenfräsen: Übernahme-Taste)

**F:** Zustellvorschub in Z

**Z-:** Fertigmaß in Z + Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)

**Z-:** Zustellmaß in Z (Schnittaufteilung)

**Z-:** Aufmaß in Z

**Z+:** 2. Ebene (wenn unnötig: Übernahme Taste)

**Vor Zyklus-Start: Unbedingt 2.Ebene und Positionierung des Werkzeuges beachten !**

Beispiel für die Senkrechtfrässpindel\*

N0001 G00 U0001 X+51000 Y+28500 Z+2000 D+01

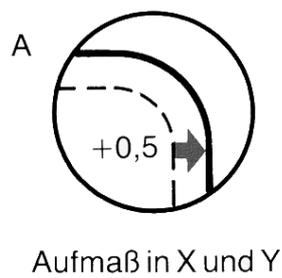
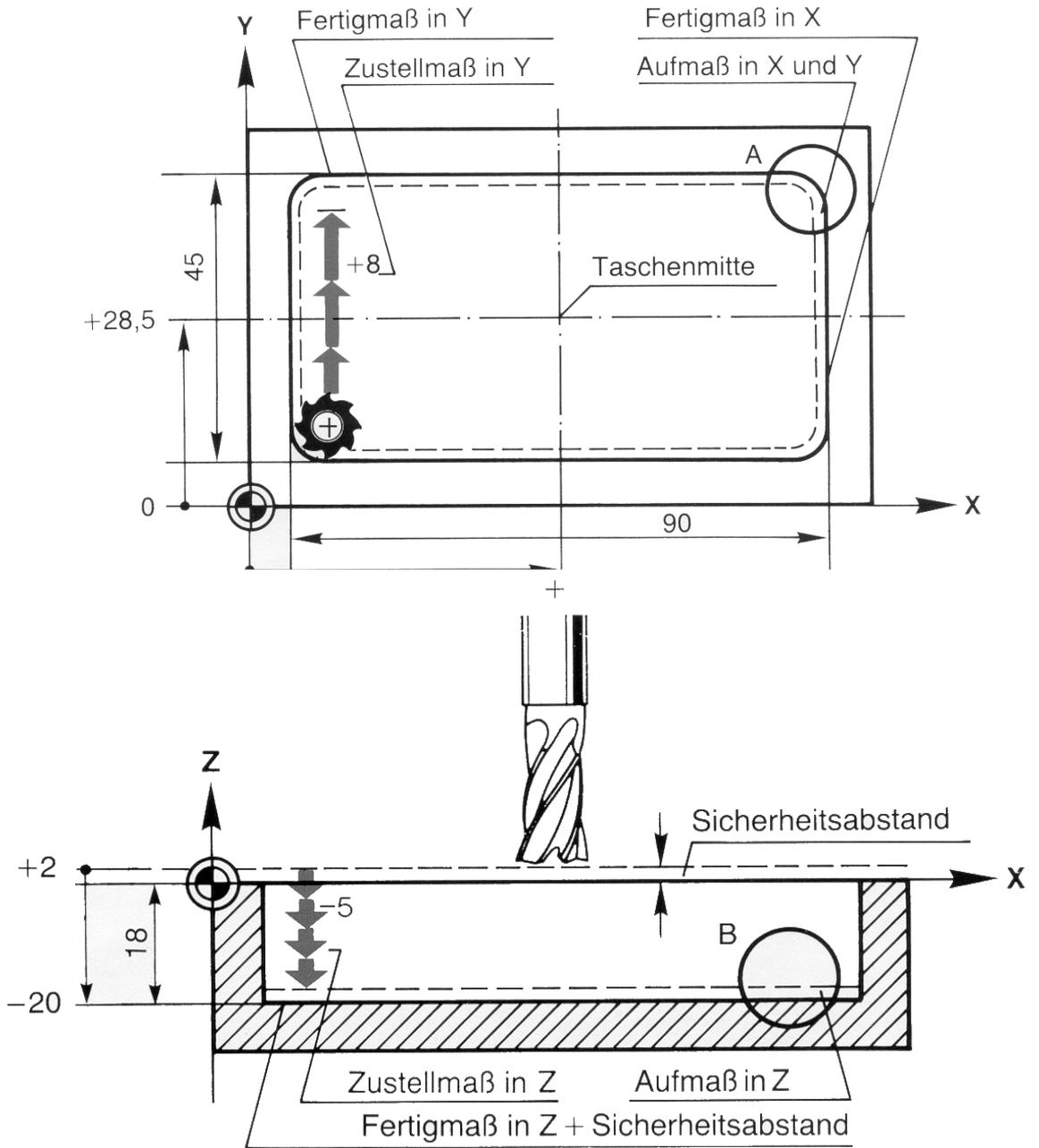
U0001 G71 F500 S+1000 X+90000 D+51 X+500 Y+45000 Y+8000 F100 Z-20000 Z-5000 Z-500

Erläuterung:

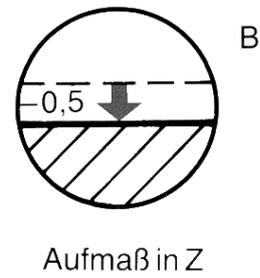
N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Taschenmitte. Anschließend wird U0001 aufgerufen und Zyklus G71 ausgeführt.

U0001 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.

\* Fräsen mit der Waagrechtfrässpindel: Y und Z werden vertauscht.

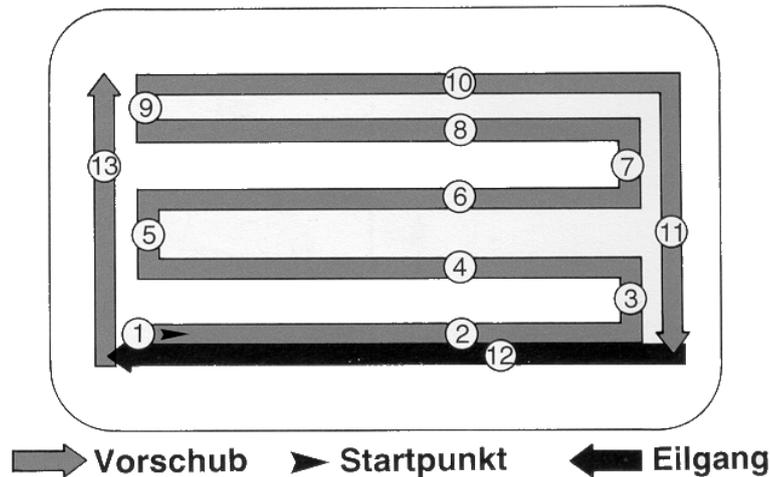


Einzelheit



**Ablauf:**

- 1 Zu Beginn des Zyklus fährt das Werkzeug im Eilgang auf einen der beiden Startpunkte. Am Startpunkt erfolgt Zustellung um das Zustellmaß in Z\*.
  - 2-3 Längere Taschenseite wird bis zum Aufmaß gefräst.
  - 3 Zustellung um Zustellmaß in Y\* (max. 0,8 x Fräser-Ø).
  - 4-10 Wiederholung von 2-3 bis zum Erreichen des Aufmaßes in X und Y\*.
  - 11 Überfräsen der stehengebliebenen Grate an der einen Kante.
  - 12 Abheben und Rückzug im Eilgang auf den Startpunkt.
  - 13 Zustellen und Überfräsen der stehengebliebenen Grate an der anderen Kante. Rückzug im Eilgang auf die Ausgangsposition in Z\*.
- 1-13 wird sooft wiederholt, bis das Aufmaß in Z\* erreicht ist. Anschließend Rückzug im Eilgang auf die Ausgangsposition.

Eingabe-Dialog

Die Steuerung fordert an:

**F:** Vorschub in X und Y

**S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)

**X+:** Fertigmaß in X (Vorzeichen- und Achsenwechsel möglich)

**D+:** Werkzeugkorrektur-Nummer

**X+:** Aufmaß in X und Y

**Y+:** Fertigmaß in Y Achsenwechsel möglich

**Y+:** Zustellmaß in Y (bei Rahmenfräsen: Übernahme-Taste)

**F:** Zustellvorschub in Z

**Z-:** Fertigmaß in Z + Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)

**Z-:** Zustellmaß in Z (Schnittaufteilung)

**Z-:** Aufmaß in Z

**Z+:** 2. Ebene (wenn unnötig: Übernahme Taste)

**Vor Zyklus-Start: Unbedingt 2.Ebene und Positionierung des Werkzeuges beachten !**

Beispiel für die Senkrechtfrässpindel\*

N0001 G00 U0002 X+51000 Y+28500 Z+2000 D+02

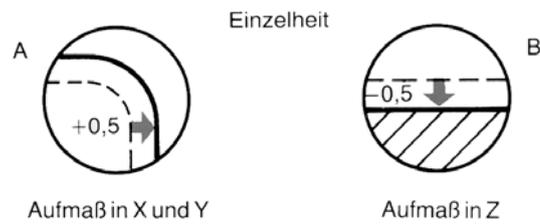
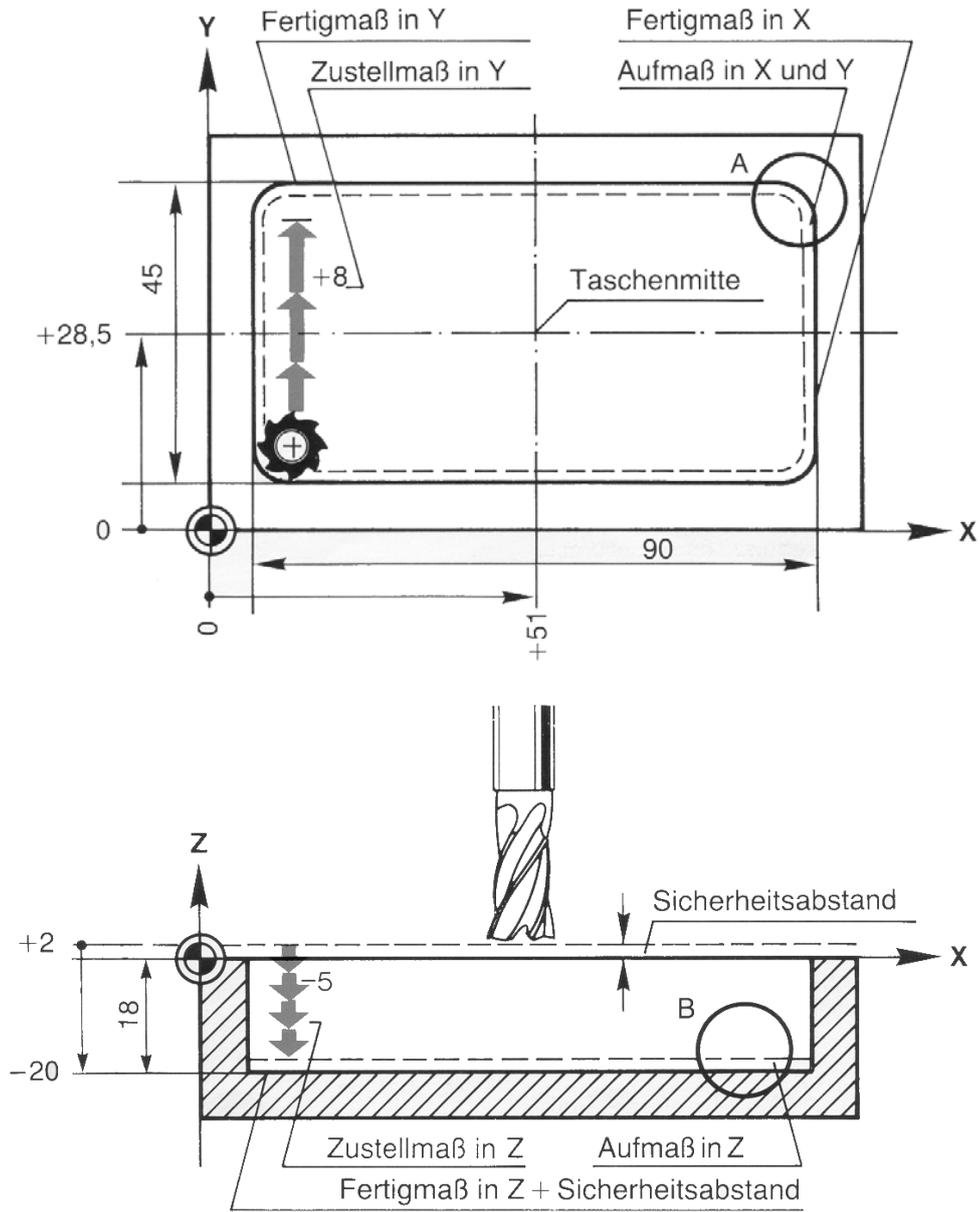
U0002 G72 F500 S+1000 X+90000 D+52 X+500 Y+45000 Y+8000 F100 Z-20000 Z-5000 Z-500

Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Taschenmitte. Anschließend wird U0002 aufgerufen und Zyklus G72 ausgeführt.

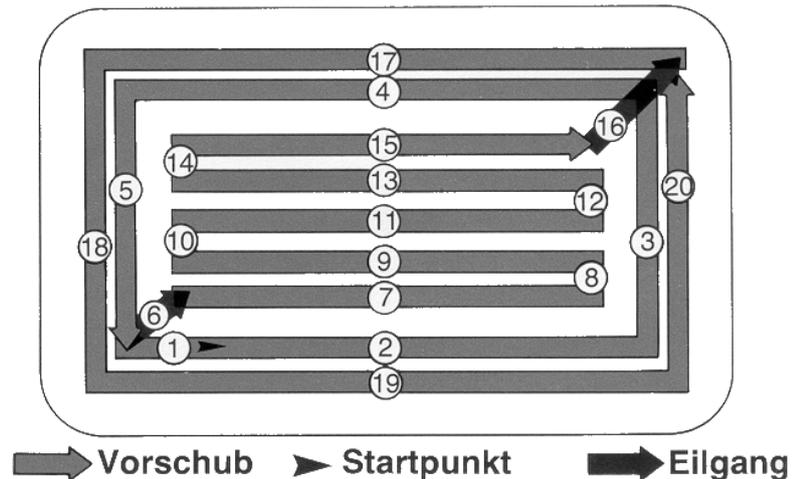
U0002 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.

\* Fräsen mit der Waagrechtfrässpindel: Y und Z werden vertauscht.



## Ablauf:

- 1 Zu Beginn des Zyklus fährt das Werkzeug im Eilgang auf einen der beiden Startpunkte.
- 2-5 Am Startpunkt erfolgt Zustellung um das Zustellmaß in Z\*. Taschenkontur wird gefräst; nach jedem vollständigen Umlauf wird erneut zugestellt, bis die Gesamttiefe erreicht ist.
- 6 Wegfahren von der Kontur um ein festes Sicherheitsmaß von 0,3 mm in X und Y\*.
- 7-15 Freifräsen der Tasche wie bei bei G72.
- 16 Abheben auf die Ausgangsposition in Z\*. Zustellen in Z\* mit halbem Vorschub auf das Fertigmaß abzüglich programmiertem Abstand zum Taschenrund.
- 17-20 Taschenkontur wird gefräst;
- 16-20 wird sofort wiederholt, bis das Fertigmaß in X und Y\* erreicht ist. Anschließend Rückzug im Eilgang auf die Ausgangsposition.



Die Steuerung fordert an:

- F:** Vorschub in X und Y
- S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)
- X+:** Fertigmaß in X (Vorzeichen- und Achsenwechsel möglich)
- D+:** Werkzeugkorrektur-Nummer
- X+:** Aufmaß in X und Y
- X+:** Zustellmaß in X und Y bei Schichten
- Y+:** Fertigmaß in Y (Achsenwechsel möglich)
- Y+:** Zustellmaß in Y (bei Rahmenfräsen: Übernahme-Taste)
- F:** Zustellvorschub in Z
- Z-:** Fertigmaß in Z + Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)
- Z-:** Zustellmaß in Z (Schnittaufteilung)
- Z-:** Abstand zum Taschenrund
- Z+:** 2. Ebene (wenn unnötig: Übernahme Taste)

**Vor Zyklus-Start: Unbedingt 2.Ebene und Positionierung des Werkzeuges beachten.**

### Beispiel für die Senkrechtfrässpindel\*

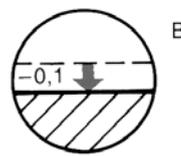
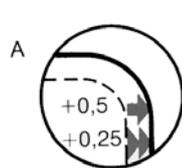
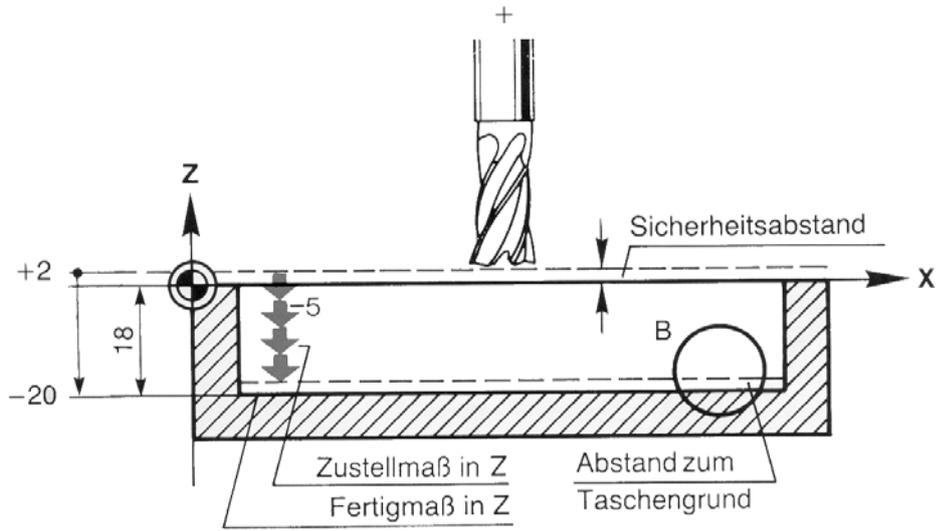
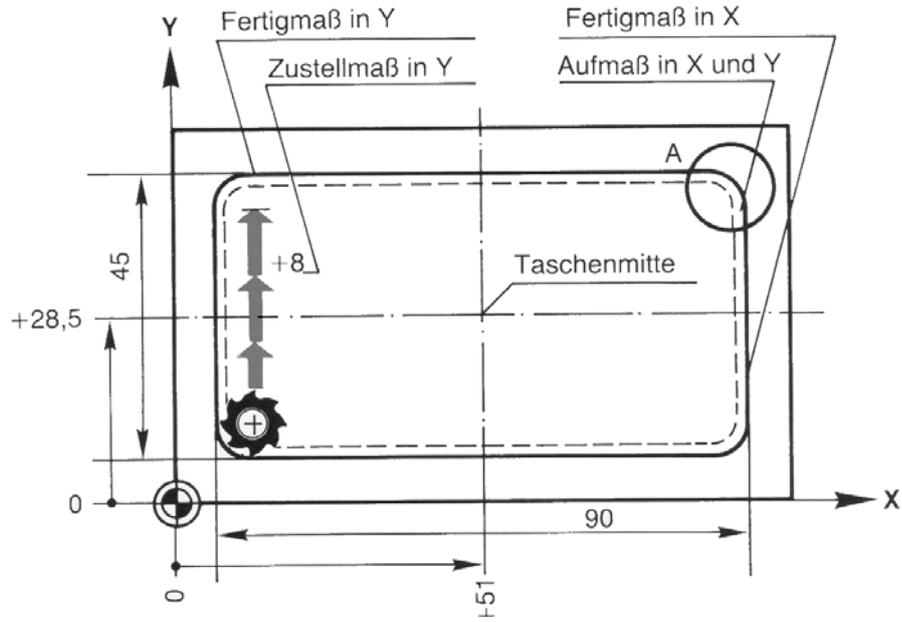
```
N001 G00 U0003 X+51000 Y+28500 Z+2000 D+03
U0003 G73 F200 S+1600 X+90000 D+53 X+500 X+250 Y+45000 Y+8000 F100 Z-20000 Z-5000 Z-100
```

### Erläuterung

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Taschenmitte. Anschließend wird U0003 aufgerufen und Zyklus G73 ausgeführt. U0003 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.

\* Fräsen mit der Waagrechtfrässpindel: Y und Z werden vertauscht.

# Rechteck-Taschenfräsen-Schichten auf Fertigmaß



+0,5: Aufmaß in X und Y  
+0,25: Zustellmaß in X und Z  
(Schnittaufteilung)

Abstand zum Taschengrund

# Rechteck-Taschenfräsen Schichten auf Fertigmaß mit Zwischenhalt

# G74

1  
2

## Ablauf:

1-6 Wie G73.

7-15 Freifräsen der Tasche wie bei G72. Rückzug auf die Ausgangsposition und automatischer Zwischenhalt:

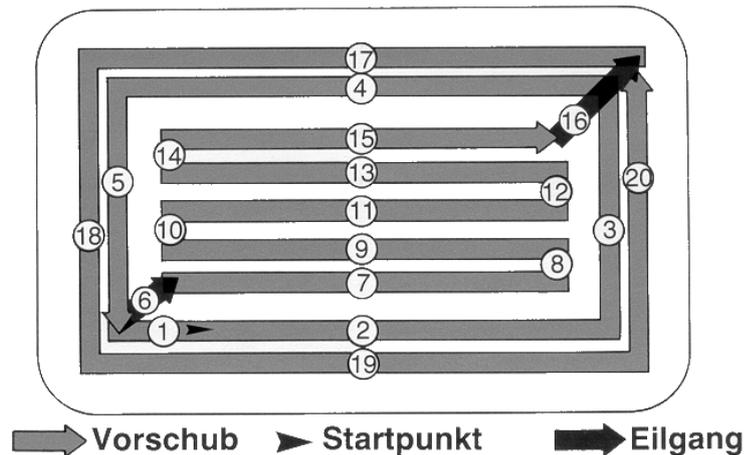
Werkzeug kann durch Drücken der Tasten (7) ohne Wechsel der Betriebsart verfahren werden.

Anschließend kann man das Werkstück nachmessen und ggf. neue Zustellmaße in X und Y\* eingeben.

Danach wird der Zyklus durch Drücken von Taste (20 oder 27) erneut gestartet. Das Werkzeug wird automatisch in X und Y\* unter Berücksichtigung neu eingegebener Zustellmaße positioniert. Dann Zustellen in Z\* auf das Fertigmaß abzüglich programmiertem Abstand zum Taschengrund.

17-20 Taschenkontur wird gefräst;

16-20 wird sooft wiederholt, bis das Fertigmaß in X und Y\* erreicht ist. Anschließend Rückzug im Eilgang auf die Ausgangsposition.



## Eingabe-Dialog

Die Steuerung fordert an:

**F:** Vorschub in X und Y

**S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)

**X+:** Fertigmaß in X (Vorzeichen- und Achsenwechsel möglich)

**D+:** Werkzeugkorrektur-Nummer

**X+:** Aufmaß in X bei einmaliger Abarbeitung des Zyklus

**Y+:** Fertigmaß in Y (Achsenwechsel möglich)

**Y+:** Aufmaß in Y bei einmaligem Abarbeiten des Zyklus bis zum 1. Zwischenhalt

**Y+:** Zustellmaß in Y (bei Rinnenfräsen: Übernahme Taste)

**F:** Zustellvorschub in Z

**Z-:** Fertigmaß in Z+Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)

**Z-:** Zustellmaß in Z (Schnittaufteilung)

**Z-:** Abstand zu Taschengrund

**Z+:** 2.Ebene (wenn unnötig: Übernahme-Taste)

## Beispiel für die Senkrechtfrässpindel\*

```
N0001 G00 U0004 X+51000 Y+28500 Z+2000 D+04
```

```
U0004 G74 F200 S+1600 X+90000 D+54 X+400 Y+45000 Y+200 Y+8000 F100 Z-20000 Z-5000 Z-100
```

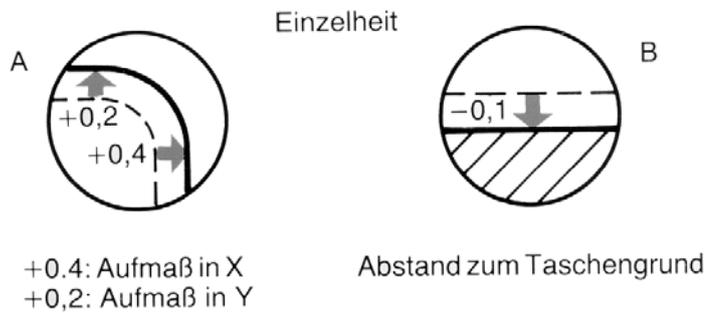
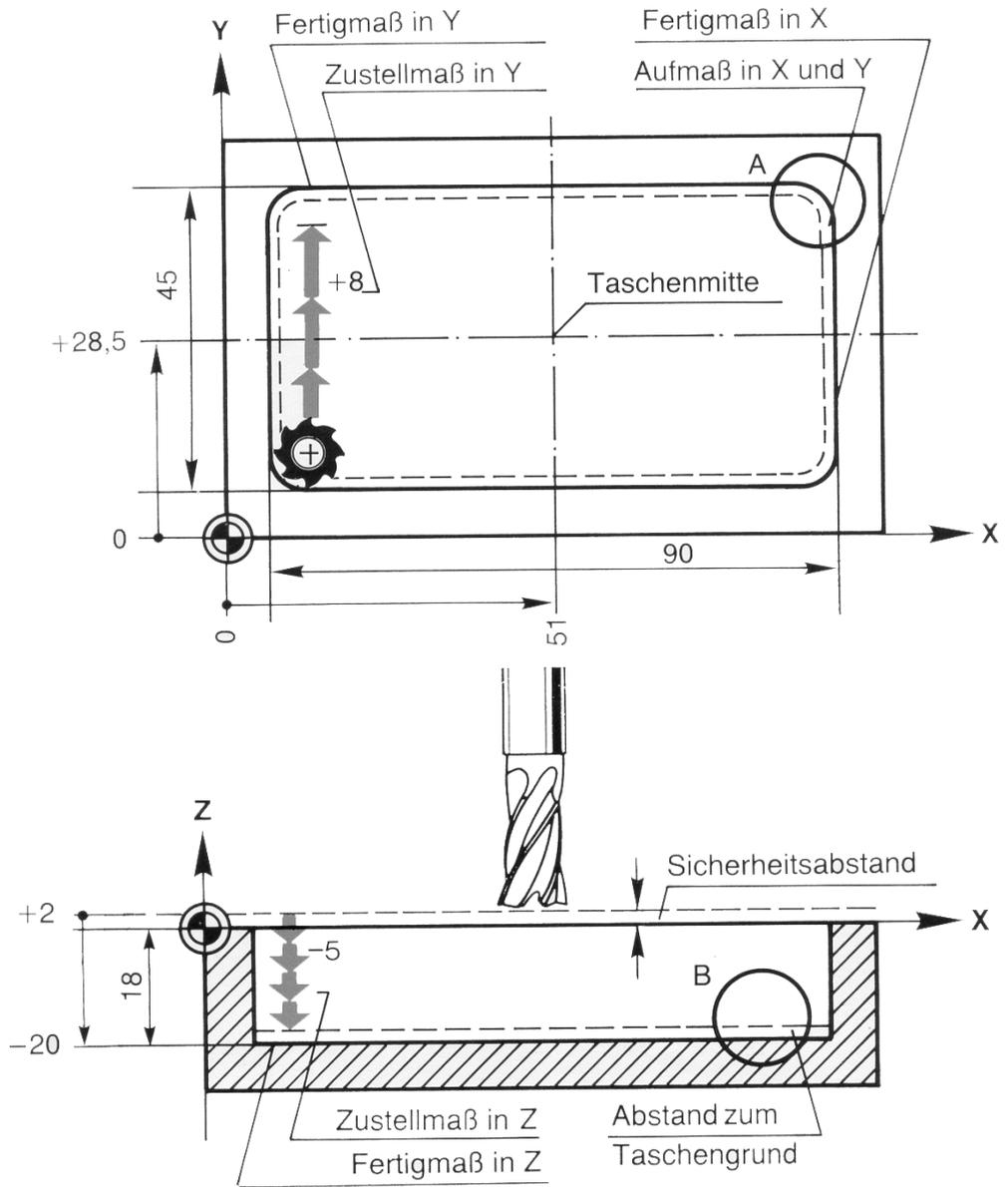
## Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Taschenmitte. Anschließend wird U0004 aufgerufen und Zyklus G74 ausgeführt.

U0004 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.

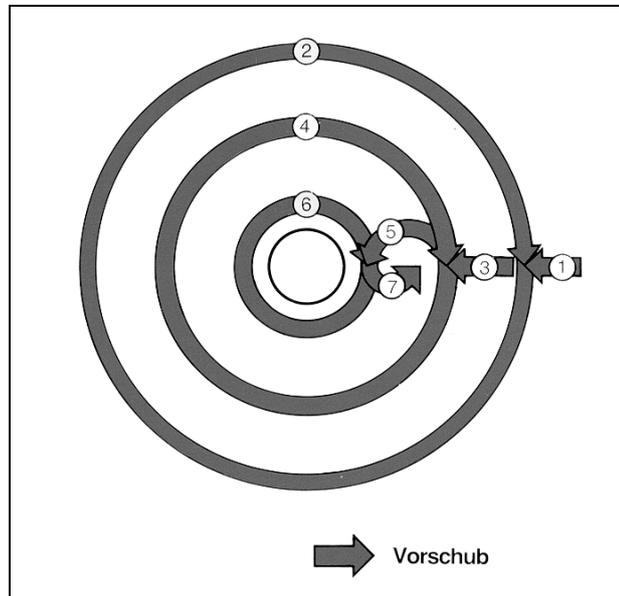
\*Fräsen mit der Waagrechtfrässpindel: Y und Z werden vertauscht.

# Rechteck-Taschenfräsen Schichten auf Fertigmaß mit Zwischenhalt



## Ablauf:

- 1 Zu Beginn des Zyklus fährt das Werkzeug auf den Startpunkt
- 2-4 Am Startpunkt erfolgt die Zustellung um das Zustellmaß in Z.  
Zapfen wird vorgefräst. Nach jedem Schnitt wird um das Zustellmaß in X zugestellt.
- 5 Anfahren im Halbkreis zum letzten Schnitt. Radius ist halbes Zustellmaß, mindestens aber 2,5 mm.
- 6 Fräsen des Zapfens auf Fertigmaß in X\*
- 7 Wegfahren im Halbkreis mit Radius 2,5 mm.
- 1-7 wird solange wiederholt, bis das Fertigmaß in Z erreicht ist.



Eingabe-Dialog

Die Steuerung fordert an:

- F**: Vorschub an der Werkzeugschneide
- S+**: Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich, wenn unnötig: Übernahme-Taste)
- G0**: Fräsrichtung; zu G02 oder G03 ergänzen
- X+**: Außen-Radius + Sicherheitsabstand (Achsenwechsel möglich)
- D<sub>x</sub>**: Werkzeugkorrektur-Nummer
- X+**: radiales Zustellmaß (max. Fräser-Durchmesser)
- Y+**: Zapfen-Radius
- Y+**: Aufmaß am Zapfen
- F**: Zustellvorschub in Z
- Z-**: Fertigmaß in Z + Sicherheitsabstand
- Z-**: Zustellmaß in Z (Schnittaufteilung)
- Z-**: Aufmaß in Z
- Z+**: 2.Ebene (wenn unnötig Übernahme-Taste)

**Vor Zyklus-Start: Unbedingt 2Ebene und Positionierung des Werkzeuges beachten.**

Beispiel für die Senkrechtfrässpindel\*

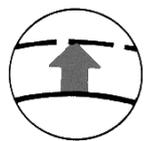
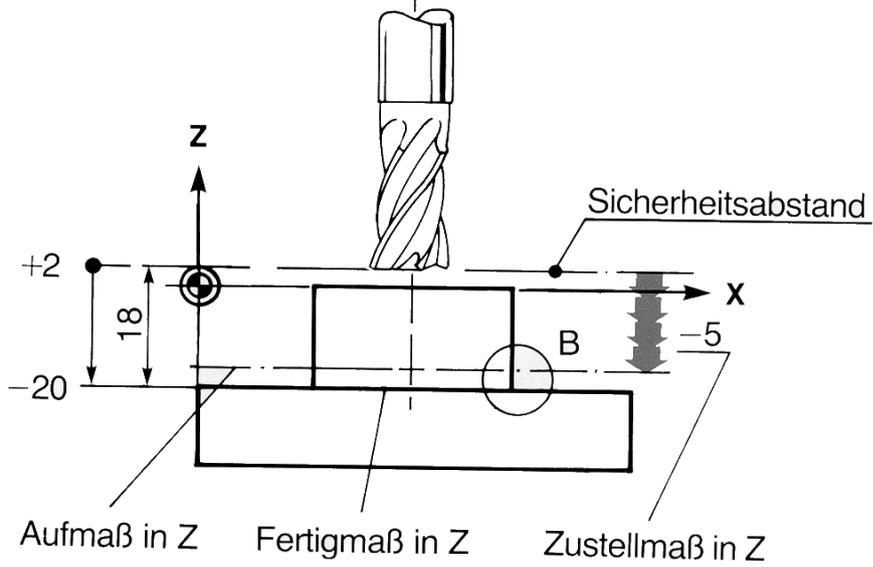
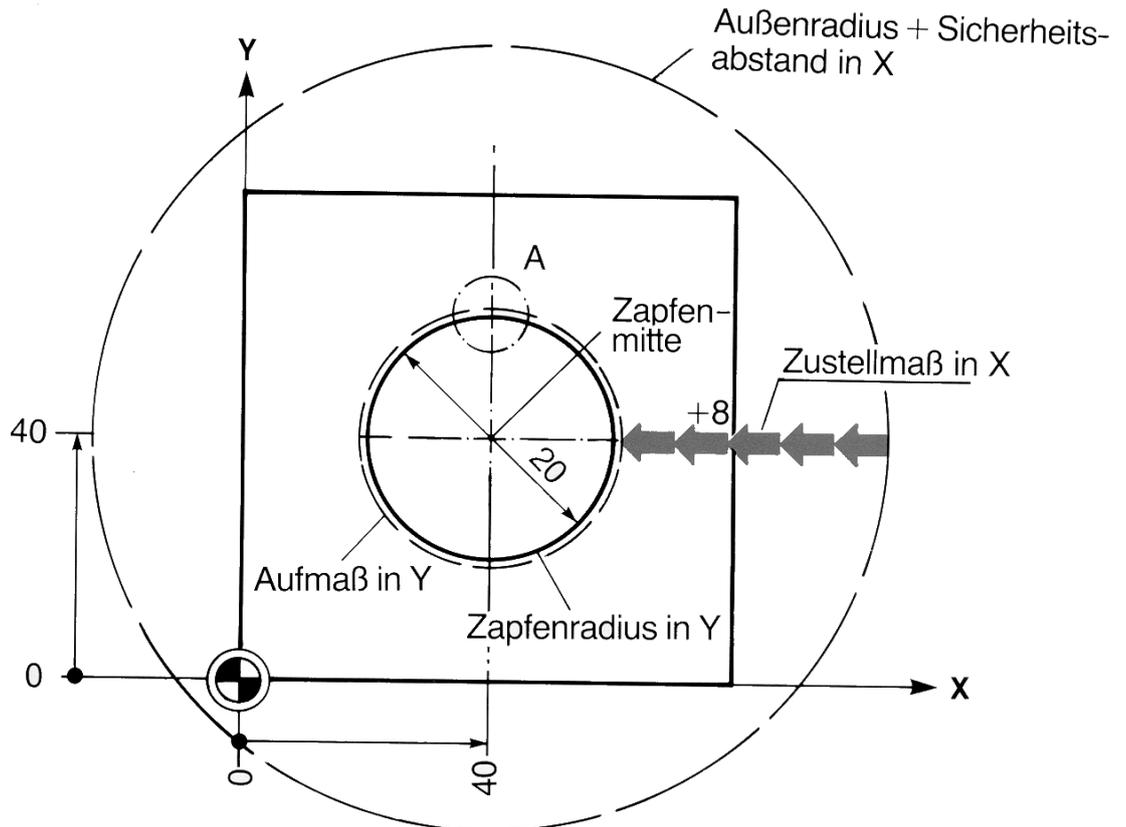
```
N0001 G00 U0005 X+40000 Y+40000 Z+2000
U0004 G75 F125 S+1600 G02 X+50000 Dx+55 X+8000 Y+20000 Y+400 F100 Z-20000 Z-5000 Z-100
```

Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang über Zapfenmitte. Anschließend wird U0005 aufgerufen und der Zyklus G75 ausgeführt.

U0005 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.

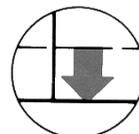
\*Fräsen mit der Waagrechtfrässpindel: X und Z werden vertauscht.



**Einzelheit**

+0,4

A



-0,1

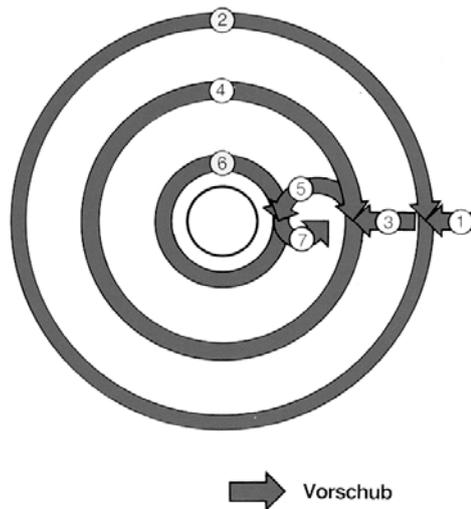
B

+0,4: Aufmaß in Y

-0,1: Aufmaß in Z

**Ablauf:**

- 1 Zustellen um das Zustellmaß in Z\*. Danach Zustellen auf den 1.Schnitt. Ist der programmierte Innen-Radius 0 oder kleiner bzw. gleich dem Werkzeug-Korrekturwert, so erfolgt die Zustellung in X und Z im Vorschub. Ist der Innen-Radius größer als der Werkzeug-Korrekturwert, so erfolgt die Zustellung bis zum Innenradius im Eilgang.
- 2-6 Die Kreistasche wird vorgefräst. Nach jedem Schnitt wird das Werkzeug um das Zustellmaß in X\* zugestellt.
- 7 Anfahren im Halbkreis zum letzten Schnitt. Radius ist halbes Zustellmaß, mindestens aber 2.5 mm. Ist dafür kein Platz vorhanden, verringert die Steuerung den Anfahradius.
- 8 Fräsen der Kreistasche auf Fertigmaß. Wegfahren im Halbkreis mit Radius 2.5 mm. Ist dafür kein Platz vorhanden, verringert die Steuerung den Wegfahradius.
- 9 wird solange wiederholt, bis das Fertig



Eingabe Dialog:

Die Steuerung fordert an:

- F**: Vorschub an der Werkzeugschneide
- S+**: Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich; wenn unnötig: Übernahme-Taste)
- G0**: Fräsrichtung; zu G02 oder G03 ergänzen.
- X+\***: Außenradius (Achswechsel möglich)
- D<sub>x</sub>**: Werkzeugkorrektur-Nummer
- X+**: Radiales Aufmaß
- X+**: radiales Zustellmaß (max. Fräserdurchmesser)
- Y+**: Innenradius - Sicherheitsabstand
- F**: Vorschub in Z
- Z-**: Fertigmaß + Sicherheitsabstand
- Z-**: Zustellmaß in Z (Schnittaufteilung)
- Z-**: Aufmaß in Z
- Z+**: 2.Ebene (wenn unnötig: ÜbernahmeTaste)

**Vor Zyklus-Start: Unbedingt 2.Ebene und Positionierung des Werkzeugs beachten.**

Beispiel für die Senkrechtfrässpindel\*

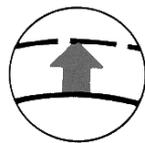
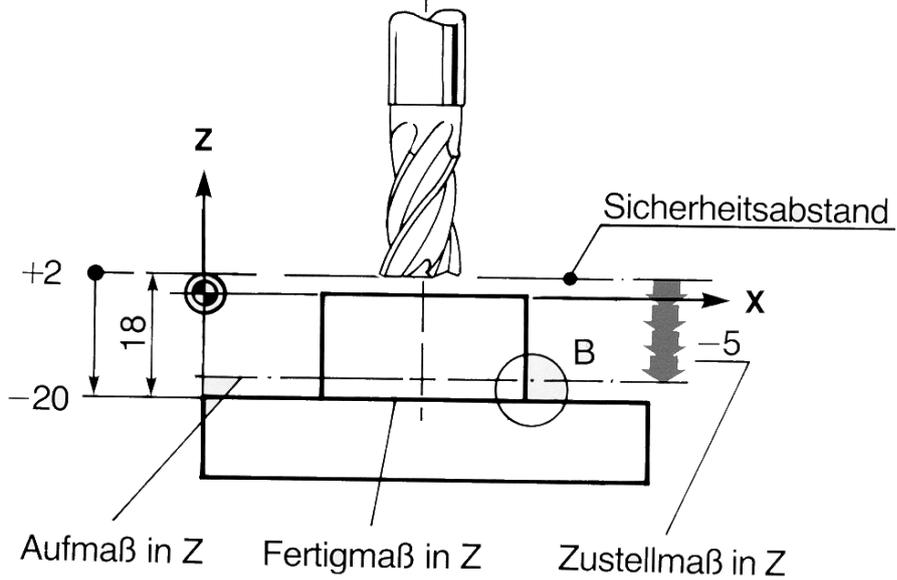
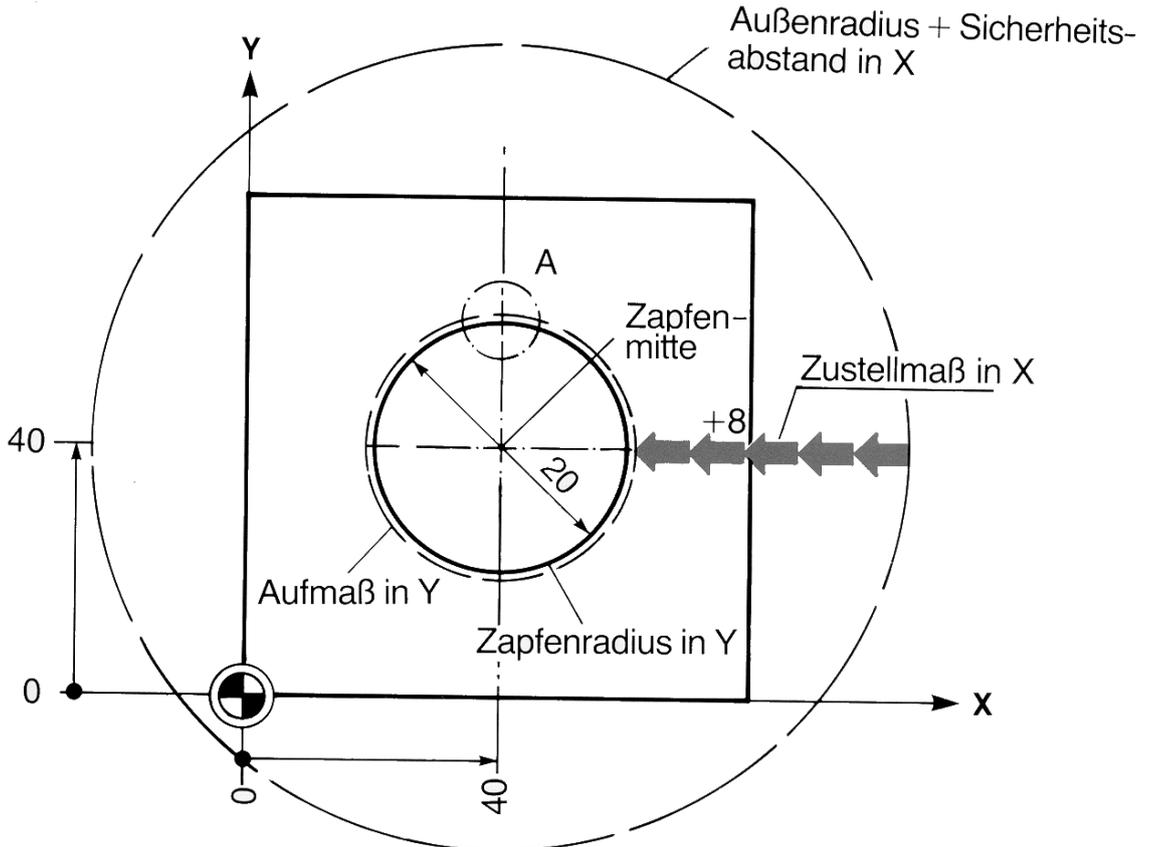
```
N0001 G00 U0006 X+40000 Y+40000 Z+2000 D+06 S+1000
U0006 G76 F200 G02 X+22500 Dx+56 X+500 X+8000,Y+0 F100 Z-20000 Z-6000 Z-400
```

Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang über Kreistaschen-Mitte. Anschließend wird U0006 aufgerufen und der Zyklus G76 ausgeführt.

U0006 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.

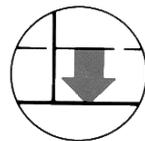
\*Fräsen mit der Waagrecht-Frasspindel: X und Y werden vertauscht.



**Einzelheit**

+0,4

A



-0,1

B

+0,4: Aufmaß in Y

-0,1: Aufmaß in Z

## Bohrzyklen (G81 bis G86)

Die Bohrzyklen sind eine Folge von Befehlen, die in der Steuerung fest programmiert sind. Dadurch werden Arbeiten beim Bohren, Reiben, Gewindebohren usw. selbsttätig ausgeführt.

Es gibt folgende Bohrzyklen, die mit den zugehörigen G-Funktionen aufgerufen werden:

- G81** – Bohren
- G82** - Bohren mit Spanbrechen
- G83** - Tiefbohren
- G84** – Gewindebohren
- G85** – Reiben
- G86** - Bohren mit Rückzug des Werkzeugs bei stehender Spindel

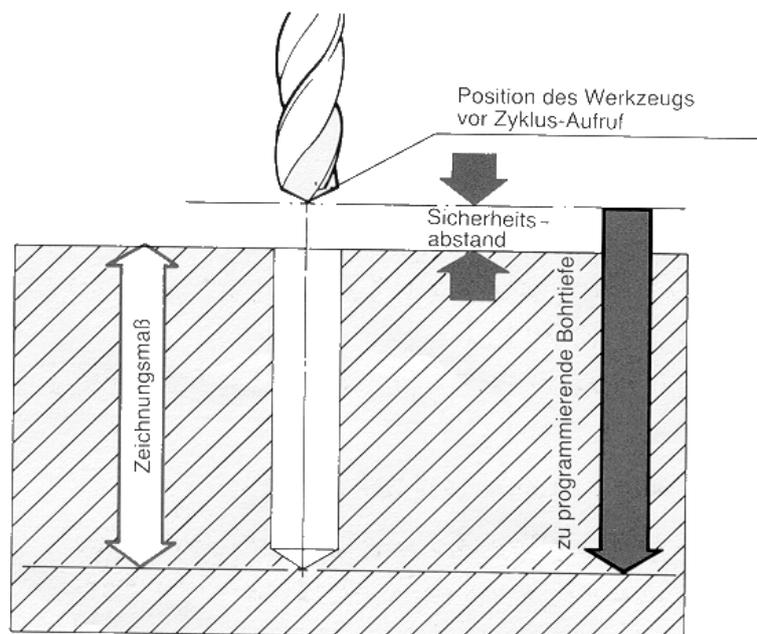
### Senkrecht-/Waagrechtfrässpindel

Alle Bohrzyklen kann man mit der Senkrecht oder Waagrechtfrässpindel abarbeiten. Dazu muß lediglich Y statt Z programmiert werden und umgekehrt Z statt Y. Dazu wird beim Eingabe-Dialog das Y auf dem Bildschirm durch Drücken der Z-Taste überschrieben.

In den Beispielen wird die Programmierung für die Waagrecht- und Senkrechtfrässpindel gezeigt.

### Sicherheits-Abstand

Die Bohrtiefe wird in den Bohr-Zyklen im Kettenmaß angegeben. Es wird von der Position aus gemessen, auf der die Werkzeugspitze vor dem Programmsatz steht, in dem der Zyklus programmiert ist. Der Sicherheits-Abstand, in dem sich das Werkzeug von der Werkstück Oberfläche befindet, muß daher zu dem Zeichnungsmaß hinzugerechnet werden.

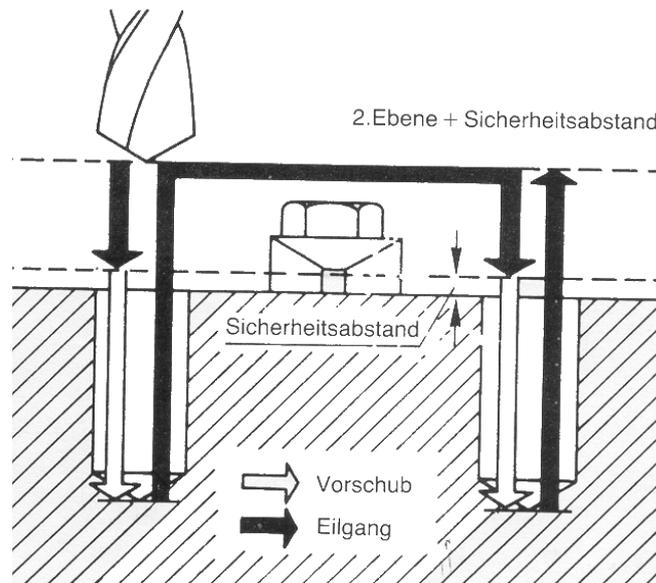


## 2. Ebene (Hindernis)

In allen Bohrzyklen kann eine 2. Ebene programmiert werden.

Dies kann z.B. die Höhe einer Spannpratze oder eines anderen Hindernisses auf dem Werkstück sein.

Zu Beginn des Zyklus wird das Werkzeug um den Betrag, der als 2. Ebene eingegeben wurde, im Eilgang zugestellt. Nach Zyklus-Ende wird es im Eilgang auf die 2. Ebene zurückgezogen. Das Werkzeug kann anschließend über dem Werkstück verfahren werden, ohne an Hindernissen anzustoßen.



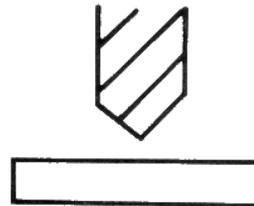
Das heißt:

Ist in einem Satz mit Bohrzyklus eine 2.Ebene programmiert, muß das Werkzeug in einem Programm-Satz vorher so positioniert werden, daß es von der Werkstückoberfläche genau den Sicherheitsabstand + 2.Ebene entfernt ist. Andernfalls fährt entweder das Werkzeug im Eilgang in das Werkstück oder die gewünschte Bohrtiefe wird nicht erreicht.

## Eingabe-Dialog

Die Programm-Eingabe der Bohrzyklen ist Dialoggeführt:

Nach Drücken der Taste 'Bohrzyklus' oder Eingabe der G-Funktion und Drücken der Übernahme-Taste fordert die Steuerung die Daten für den Zyklus an, z.B. Bohrtiefe oder Spindeldrehzahl. Sie müssen jeweils ergänzt und durch Drücken der Übernahme-Taste in die Steuerung übernommen werden.



Einzelne Koordinaten und Vorzeichen im Dialog können geändert werden (z.B. für Arbeiten mit der Waagrechtfrässpindel).

Auch wenn das Vorzeichen für die Bohrtiefe geändert wird, werden alle weiteren Zyklus-Daten (z.B. 2. Ebene) vorzeichenrichtig abgefragt.

Bestimmte Dialogfragen können durch Drücken der Übernahme-Taste unbeantwortet bleiben (z.B. 2. Ebene).

In den Beispielen wird jeweils darauf hingewiesen.

Bei falscher Eingabe kann

- während der Eingabe mit der Lösch-taste der Zyklus erneut eingegeben werden
- nach vollständiger Zyklus-Eingabe jede einzelne Adresse im Zyklus korrigiert werden. Dann immer **alle** Vorzeichen im Zyklus überprüfen !!

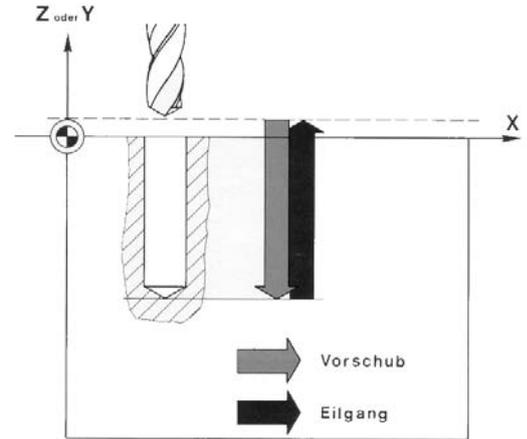
## Ablauf:

Das Werkzeug bohrt mit programmierter Spindeldrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit bis zur eingegebenen Bohrtiefe. Anschließend fährt es im Eilgang zur Ausgangsposition zurück.

## Eingabe-Dialog

Die Steuerung fordert an:

- F:** Vorschub
- S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)
- Z:** Bohrtiefe plus Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)
- V:** Verweilzeit (wenn unnötig: Übernahme-Taste)
- Z:** zweite Ebene (wenn unnötig: Übernahme-Taste)



Bei Programmierung einer 2. Ebene unbedingt Positionierung des Werkzeugs vor Zyklus-Start beachten

## Beispiel für die Senkrechtfrässpindel:

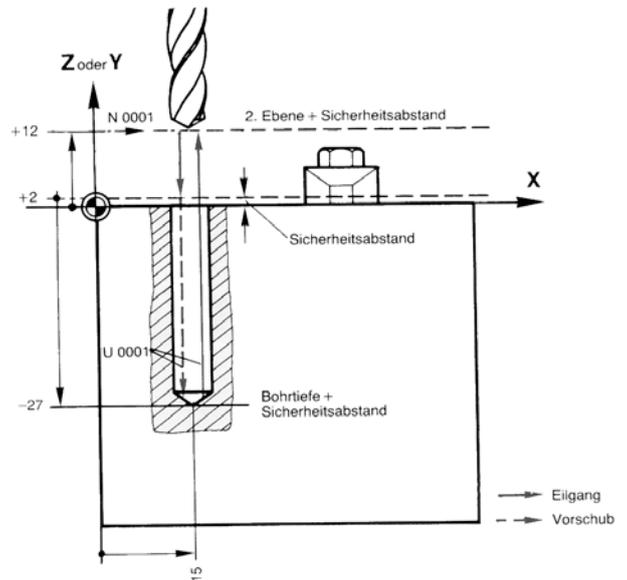
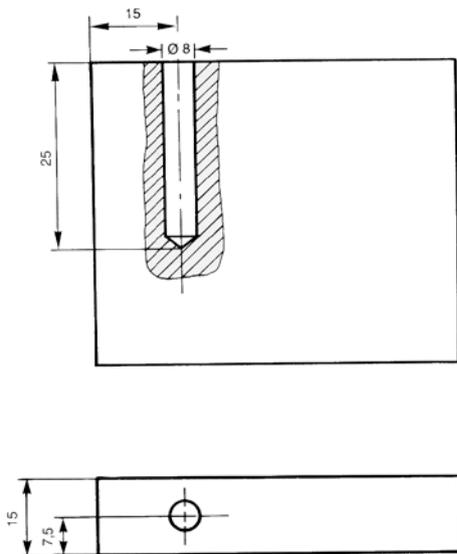
```
N0001 G00 U0001 X+15000 Y+0 Z+12000 D+01
U0001 G81 F500 S+1000 Z-27000 Z+10000
```

## Beispiel für die Waagrechtfrässpindel:

```
N0001 G00 U0001 X+15000 Y+12000 Z+0 D+01
U0001 G81 F500 S+1000 Y-27000 Y+10000
```

## Erläuterung

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Startposition. An dieser Stelle wird U0001 aufgerufen und Zyklus G81 ausgeführt. U0001 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.



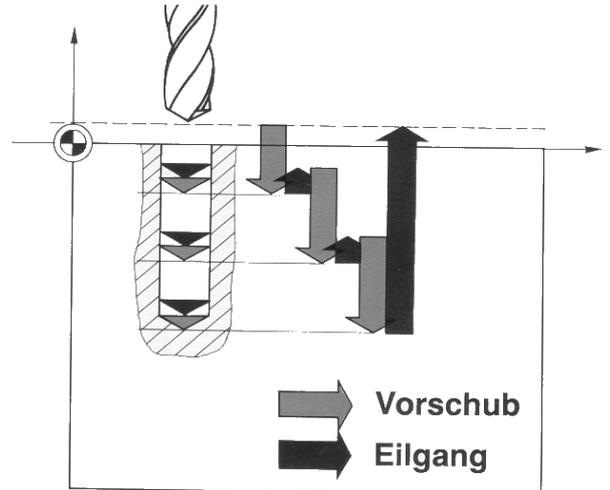
## Ablauf:

Das Werkzeug bohrt mit programmierter Spindeldrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit bis zur eingegebenen Bohrtiefe. Dabei rückt es jeweils um das Zustellmaß vor und hebt dann um das Abhebmaß ab, um den Span zu brechen. Dies wird solange fortgesetzt, bis die Bohrtiefe erreicht ist. Am Ende des Zyklus kehrt das Werkzeug im Eilgang zur Ausgangsposition zurück.

## Eingabe Dialog

Die Steuerung fordert an:

- F.: Vorschub
- S+: Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)
- Z-: Bohrtiefe plus Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)
- Z-: Zustellmaß
- Z+: Abhebmaß
- V: Verweilzeit (wenn unnötig: Übernahme-Taste)
- Z+: 2. Ebene (wenn unnötig: Übernahme-Taste)



Bei Programmierung einer 2. Ebene unbedingt Positionierung des Werkzeugs vor Zyklus-Start beachten !

## Beispiel für die Senkrechtfrässpindel:

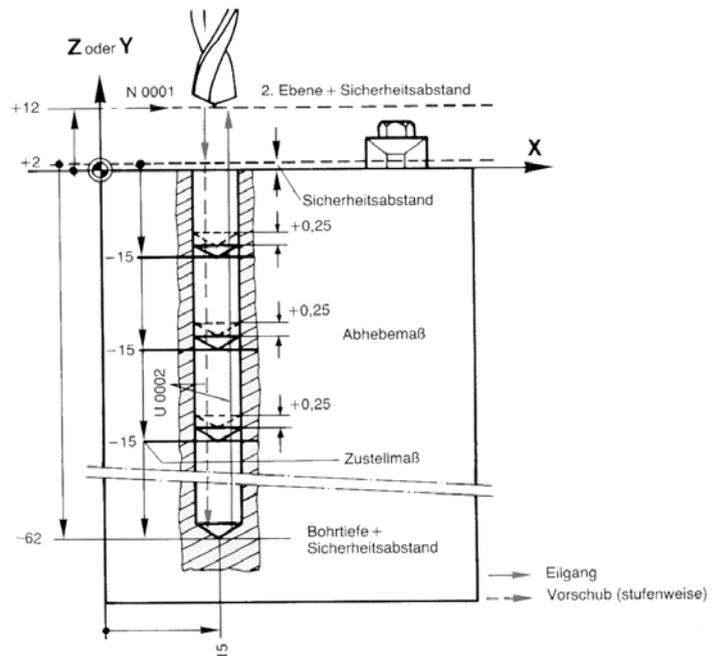
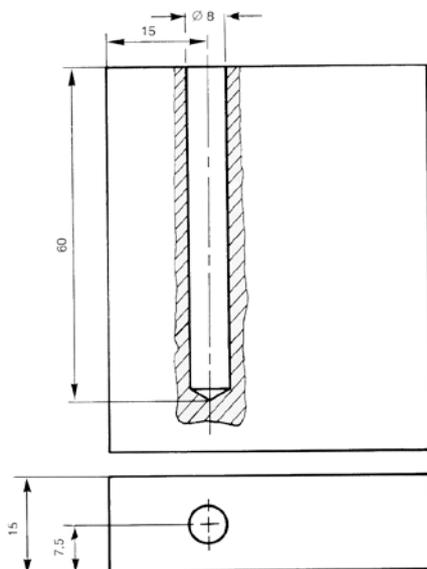
```
N0001 G00 U0002 X+15000 Y+0 Z+12000 D+02  
U0002 G82 F500 S+1000 Z-62000 Z-15000 Z+250 Z+10000
```

## Beispiel für die Waagrechtfrässpindel:

```
N0001 G00 U0002 X+15000 Y+12000 Z+0 D+02  
U0002 G82 F500 S+1000 Y-62000 Y-15000 Y+250 Y+10000
```

## Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Startposition. An dieser Stelle wird U0002 aufgerufen und Zyklus G82 ausgeführt. U0002 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.



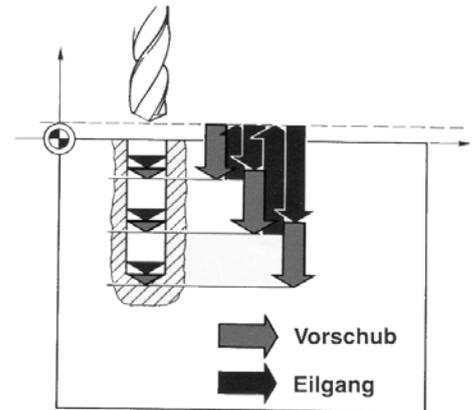
Ablauf:

Das Werkzeug bohrt mit programmierter Spindeldrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit bis zur eingegebenen Bohrtiefe. Dabei rückt es um das Zustellmaß vor und kehrt anschließend im Eilgang auf die Ausgangsposition zurück. Dann kehrt das Werkzeug im Eilgang zurück in die Bohrung, hält aber den programmierten Abstand zum Bohrungsgrund. Das Werkzeug rückt erneut um das Zustellmaß vor, anschließend wird es wieder in die Ausgangsposition abgehoben usw. Der Wechsel zwischen Bohren und Abheben wird wiederholt, bis die programmierte Bohrtiefe erreicht ist. Am Ende des Zyklus kehrt das Werkzeug im Eilgang zur Ausgangsposition zurück.

Eingabe-Dialog

Die Steuerung fordert an:

- F: Vorschub
- S+: Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)
- Z-: Bohrtiefe plus Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)
- Z-: Zustellmaß
- Z-: Abstand zum jeweiligen Bohrungsgrund
- V: Verweilzeit (wenn unnötig: Übernahme-Taste)
- Z+: Zweite Ebene (wenn unnötig: Übernahme-Taste)



Bei Programmierung einer 2. Ebene unbedingt Positionierung des Werkzeugs vor

Beispiel für die Senkrechtfrässpindel:

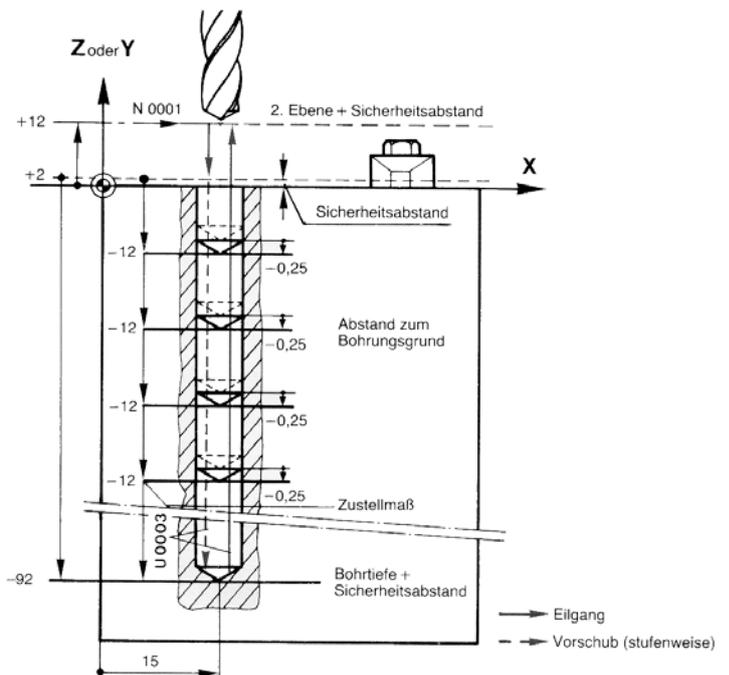
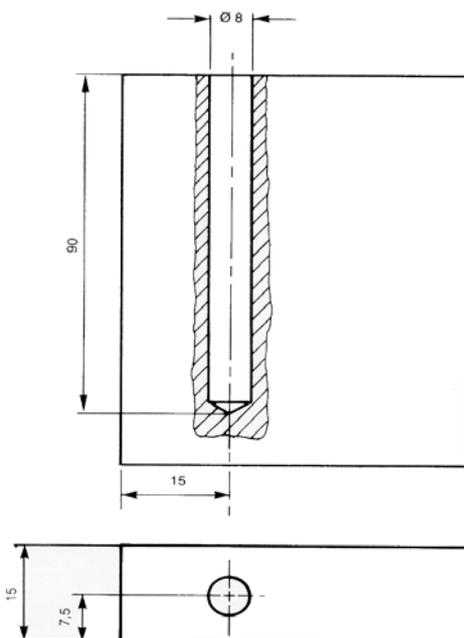
```
N0001 G00 U0003 X+15000 Y+0 Z+12000 D+03
U0003 G83 F500 S+1000 Z-92000 Z-12000 Z-250 Z+10000
```

Beispiel für die Waagrechtfrässpindel:

```
N0001 G00 U0003 X+15000 Y+12000 Z+0 D+03
U0003 G83 F500 S+1000 Y-92000 Y-12000 Y-250 Y+10000
```

Erläuterung:

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Startposition. An dieser Stelle wird U0003 aufgerufen und Zyklus G83 ausgeführt. U0003 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.



**Ablauf:**

Das Werkzeug bohrt mit programmierter Spindeldrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit bis zur eingegebenen Gewindetiefe. Anschließend wird automatisch die Drehrichtung der Spindel umgekehrt, und das Werkzeug fährt zur Ausgangsposition zurück. Dann erneut automatische Drehrichtungs-Änderung. Während der Zyklus abgearbeitet wird ist der Override unwirksam. Die Berechnung des Vorschubs F erfolgt nach der Formel:

**Spindeldrehzahl S x Gewindesteigung = Vorschub F**

Unterbricht man das Abarbeiten des Zyklus (z.B. durch Taste "Zyklus-Stop") und setzt die Bearbeitung mit "Zyklus-Start" fort, ändert sich automatisch die Drehrichtung der Spindel und das Werkzeug wird aus dem Gewinde herausgezogen. Das Gewinde muß an dieser Stelle von Hand nachgeschnitten werden.

**Eingabe-Dialog:**

Die Steuerung fordert an:

**F:** Vorschub

**S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)

**Z-:** Gewindebohrtiefe plus Sicherheitsabstand (Vorzeichenwechsel möglich)

**Z+:** 2. Ebene (wenn unnötig: ÜbernahmeTaste)

Bei Programmierung einer 2. Ebene unbedingt Positionierung des Werkzeuges vor Zyklus-Start beachten.

**Beispiel für die Senkrechtfrässpindel:**

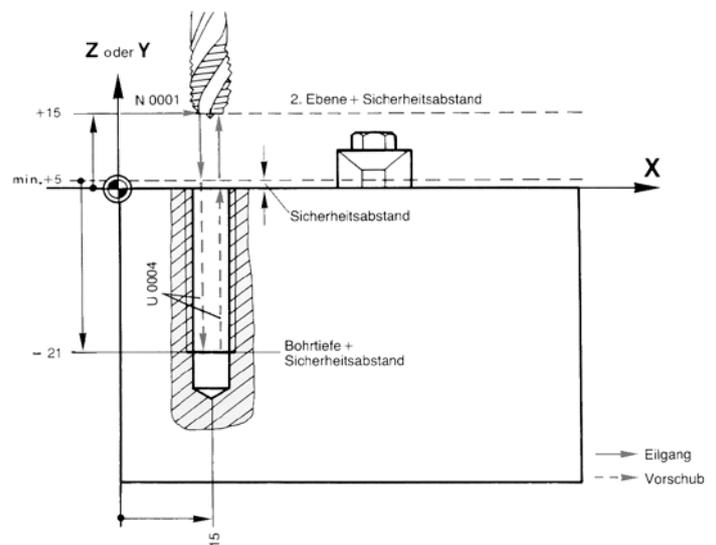
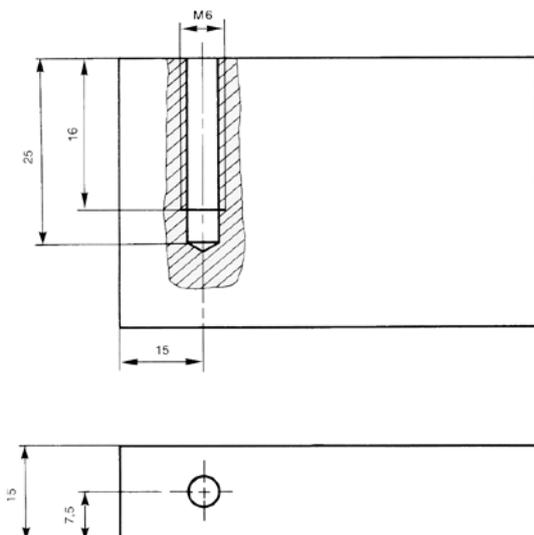
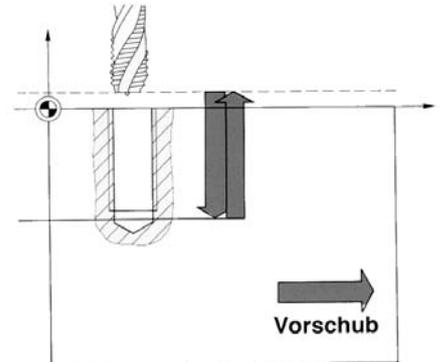
```
N0001 G00 U0004 X+15000 Y+0 Z+15000 D+04
U0004 G84 F100 S+100 Z-21000 Z+10000
```

**Beispiel für die Waagrechtfrässpindel:**

```
N0001 G00 U0004 X+15000 Y+15000 Z+0 D+04
U0004 G84 F100 S+100 Y-21000 Y+10000
```

**Erläuterung:**

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Startposition. An dieser Stelle wird U0004 aufgerufen und Zyklus G84 ausgeführt. U0004 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.



**Ablauf:**

Das Werkzeug reibt mit programmierter Spindeldrehzahl und Vorschubgeschwindigkeit bis zur eingegebenen Bohrungstiefe. Anschließend kehrt es ebenso zur Ausgangsposition zurück.

**Eingabe Dialog**

Die Steuerung fordert an:

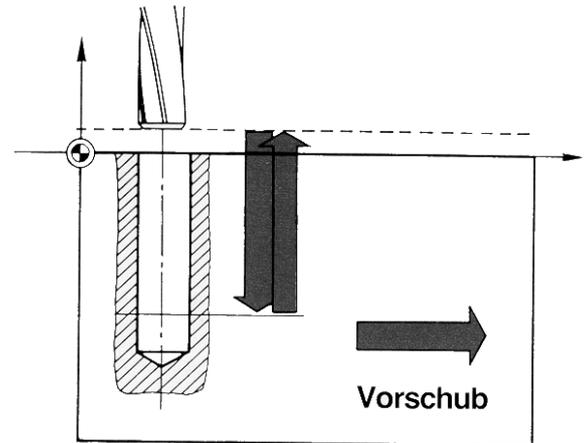
**F:** Vorschub

**S+:** Drehzahl (Vorzeichenwechsel möglich)

**Z-:** "Reib"-Tiefe plus Sicherheitsabstand  
(Vorzeichenwechsel möglich)

**V:** Verweilzeit (wenn unnötig: Übernahme-Taste)

**Z+:** 2. Ebene (wenn unnötig: Übernahme-Taste)



Bei Programmierung einer 2.Ebene unbedingt Positionierung des Werkzeugs vor Zyklus-Start beachten.

**Beispiel für die Senkrechtfrässpindel:**

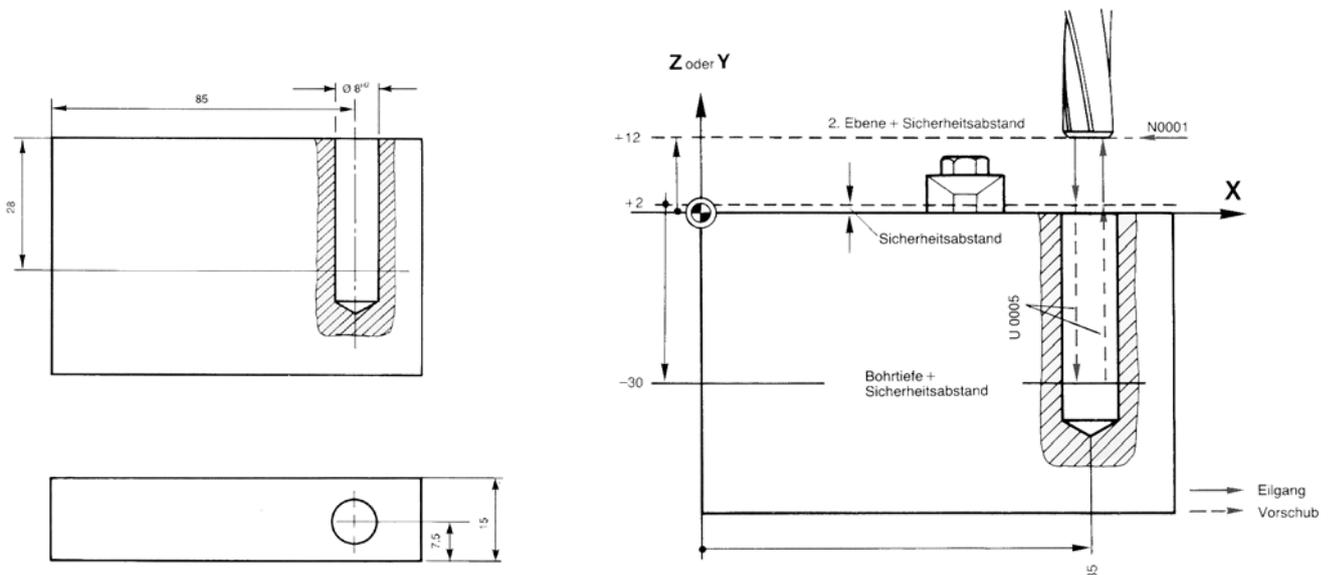
```
N0001 G00 U0005 X+85000 Y+0 Z+12000 D+05
U0005 G85 F500 S+1000 Z-30000 V5 Z+10000
```

**Beispiel für die Waagrechtfrässpindel:**

```
N0001 G00 U0005 X+85000 Y+12000 Z+0 D+05
U0005 G85 F500 S+1000 Y-30000 V5 Y+10000
```

**Erläuterung:**

N0001 Werkzeug fährt im Eilgang auf die Startposition. An dieser Stelle wird U0005 aufgerufen und Zyklus G85 ausgeführt. U0005 In diesem UP-Satz ist der Zyklus programmiert.





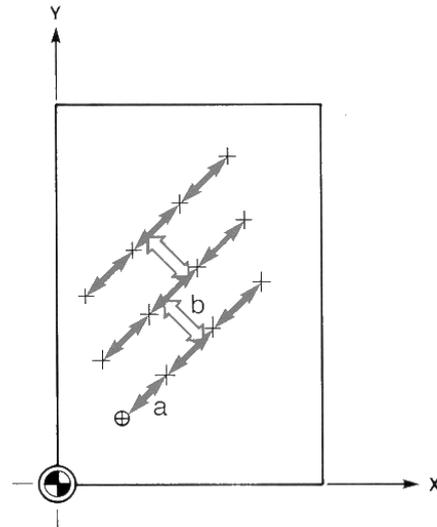
Sollen an einer größeren Anzahl von Punkten die auf einem Werkstück regelmäßigen Abständen liegen, gleiche Bearbeitungsbilder (Bohrzyklen oder Fräszyklen) ausgeführt werden, können diese Punkte als Punktemuster in einem einzigen Satz programmiert werden. Die Punkte werden dann der Reihe nach angefahren, es wird dort jeweils das gleiche Unterprogramm aufgerufen, in dem der gewünschte Bearbeitungsgang programmiert ist.

Das Werkzeug bewegt sich auf einer Geraden von Punkt zu Punkt. Sicherheitsabstände ausreichend groß wählen, damit das Werkstück nicht beschädigt wird.!

Als Punktemuster programmierbar sind Punkte,

- die auf einer oder mehreren parallelen Reihen im gleichen Abstand (a) liegen.
- wenn auch die parallelen Reihen voneinander im gleichen Abstand (b) liegen.

(Die Abstände der Punkte auf den Reihen (a) können von Abständen der Reihen zueinander (b) verschieden sein).



Punktemuster können zu den Koordinaten Achsen ausgerichtet oder schräg dazu liegen.

## Eingabe-Dialog

Nach Aufruf der Adresse G87 und Drücken der Übernahme-Taste fordert die Steuerung folgende Adressen an. Sie müssen jeweils ergänzt und durch Drücken der Übernahme-Taste in die Steuerung übernommen werden.

G87 Die Steuerung fordert an

- U:** Abzuarbeitendes Unterprogramm
- L:** Anzahl der Punkte auf einer Reihe
- X:** Abstand der Punkte auf einer Reihe in der X-Richtung
- Y:** Abstand der Punkte auf einer Reihe in der Y-Richtung
- Z:** Abstand der Punkte auf einer Reihe in der Z-Richtung
- C:** Winkelabstand der Punkte auf eine Reihe um die C-Achse Anzahl der Reihen
- L:** Anzahl der Reihen
- X:** Abstand der Reihen in der X-Richtung
- Y:** Abstand der Reihen in der Y-Richtung
- Z:** Abstand der Reihen in der Z-Richtung
- C:** Winkelabstand der Reihen um die C-Achse

**U: abzuarbeitendes Unterprogramm**

Hier wird die Satz-Nummer des UP-Satzes (Bohr- oder Fräszyklus) eingegeben, der jeweils an den angefahrenen Punkten abgearbeitet werden soll. Dieser UP-Satz kann bei einer anschließenden Programmteil-Wiederholung durch einen anderen ersetzt werden

**L: Anzahl der Punkte auf einer Reihe**

Es sind zwischen 1 und 999 Punkte möglich

**X: Abstand der Punkte auf einer Reihe in der X-Richtung**

(Achswechsel möglich)

**Y: Abstand der Punkte auf einer Reihe in der Y-Richtung**

(Achswechsel möglich, wenn unnötig: Übernahme-Taste drücken)

**Z: Abstand der-Punkte auf einer Reihe in der Z-Richtung****C: Winkelabstand der Punkte auf einer Reihe um die C-Achse****L: Anzahl der Reihen**

Soll das Punktemuster nur aus einer Reihe bestehen, Übernahme-Taste drücken. Es sind zwischen 1 und 999 Geraden möglich

**X: Abstand der Reihen in der X-Achse**

Hierbei ist der Abstand eines Punktes zu einem Punkt auf der benachbarten Reihe gemeint. (Achswechsel möglich)

**Y: Abstand der Reihe in der Y-Achse**

Auch hier ist der Abstand eines Punktes zu einem Punkt auf der benachbarten Geraden gemeint. (Achswechsel möglich, wenn unnötig: Übernahme-Taste)

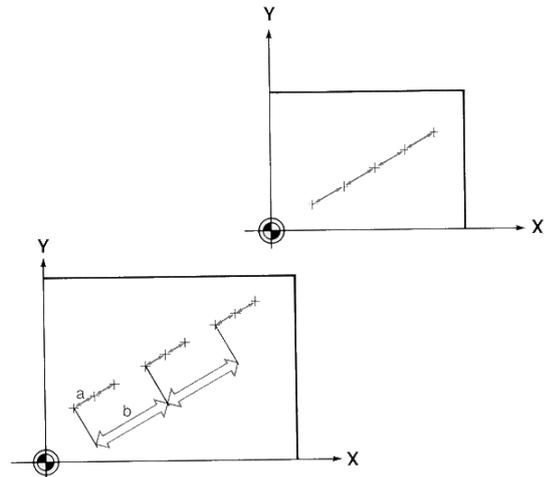
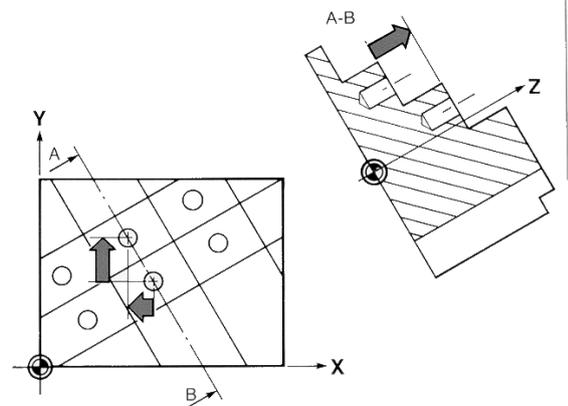
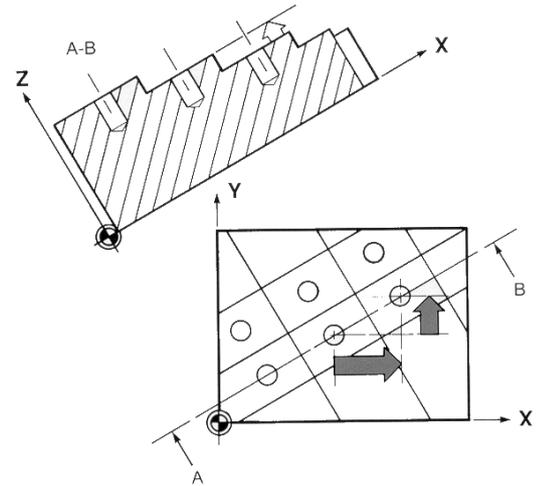
**Z: Abstand der Reihe in der Z-Richtung**

(siehe X und Y).

**C- Winkelabstand der Reihe um die C-Achse****Spezielle Punktemuster**

Folgende spezielle Punktemuster sind möglich

- Eine einzige Gerade mit gleichen Punkt-Abständen.  
Hierzu wurde bei der Dialog-Frage nach der Anzahl der Reihen die Übernahme-Taste gedrückt.
- Eine Gerade mit zwei verschiedenen Punkt-Abständen in regelmäßig wiederkehrender Folge  
Daß die Geraden nicht neben- sondern hintereinander liegen, erreicht man dadurch, daß der Abstand der Reihen (b) entsprechend programmiert wird.



Vor einem Satz, in dem G87 programmiert ist, muß im vorhergehenden Satz die Spindeldrehung eingeschaltet werden

Auf einem Werkstück sollen sämtliche Bohrungen zunächst angebohrt und mit Fasen versehen werden. Anschließend werden :  
Nenmaß aufgebohrt.

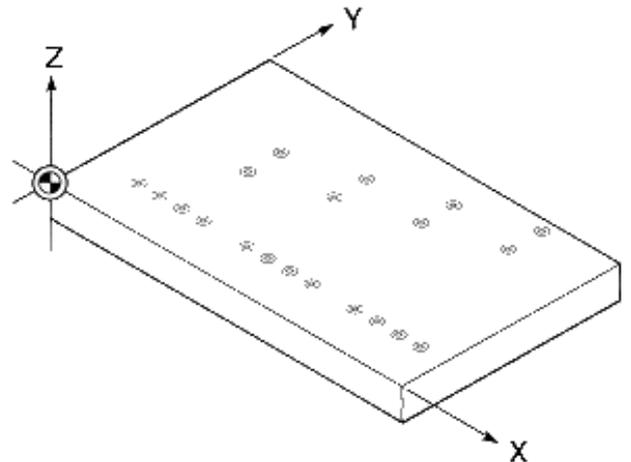
Für den zweiten Arbeitsgang ist eine Programmteil-Wiederholung programmiert.

```

N0001 G00 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 X+10000 Y+10000 Z+2000 D+01 S+2500
N0004 G87 U0001 L0004 X+5000 L0003 X+25000
N0005 G00 X+20000 Y+25000
N0006 G87 U0001 L004 X+15000 Y+5000 L002 X-5000 Y+1000
N0007 G00 Z+100000 S0
N0008 T02
N0009 G00 X+10000 Y+10000 Z+2000 D+02 S+3150
N0010 L1 N0004 N0007 U0002
N0011 M30
    
```

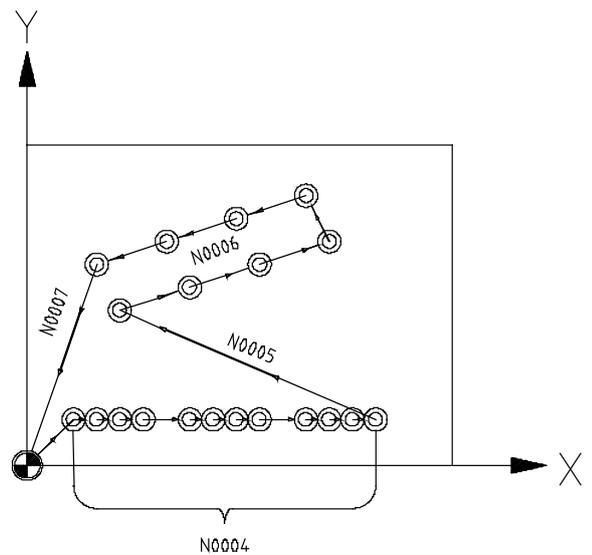
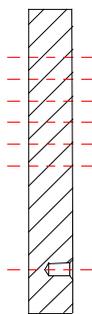
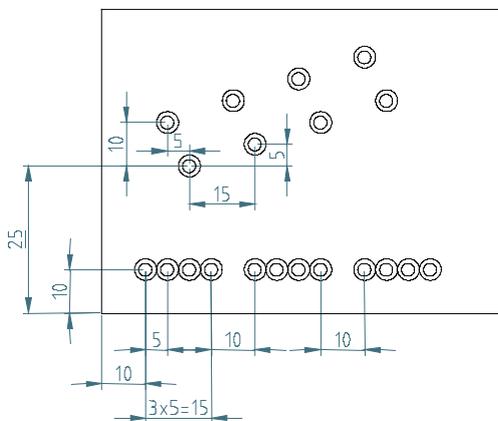
```

U0001 G81 F250 Z-5000
U0002 G81 F160 Z-15000
    
```



**Erläuterung:**

- N0001/N0002      Freifahren zum Werkzeug-Wechsel.
- N0003            Werkzeug fährt im Eilgang über die erste Bohrung.
- N0004            Bearbeitung der unteren Punkte-Reihe mit dem Bohrzyklus, der unter U0001 programmiert ist.
- N0005            Werkzeug fährt im Eilgang über das obere Punktemuster.
- N0006            Bearbeiten des oberen Punktemusters
- N0007/N0008    Freifahren zum Werkzeug-Wechsel.
- N0009            Werkzeug fährt im Eilgang ein weiteres Mal über die erste Bohrung.
- N0010            Programmteil-Wiederholung mit UP-Aufruf der Sätze N0004 bis N0007. Statt U0001 wird jetzt U0002 ausgeführt.
- N0011            Programm-Ende
  
- U0001            Bohrzyklus für den ersten Bearbeitungsgang
- U0002            Bohrzyklus für den zweiten Bearbeitungsgang.



Sollen an mehreren Punkten, die auf einem Werkstück in regelmäßigen Abständen auf einem Kreis angeordnet sind, die gleichen Bearbeitungsbilder (Bohr- oder Fräszyklen) ausgeführt werden, so können diese Punkte als Punkte auf einem Teilkreis in einem Satz programmiert werden. Die Punkte werden dann der Reihe nach angefahren, es wird dort jeweils das gleiche Unterprogramm aufgerufen, in dem der gewünschte Bearbeitungsvorgang programmiert ist.

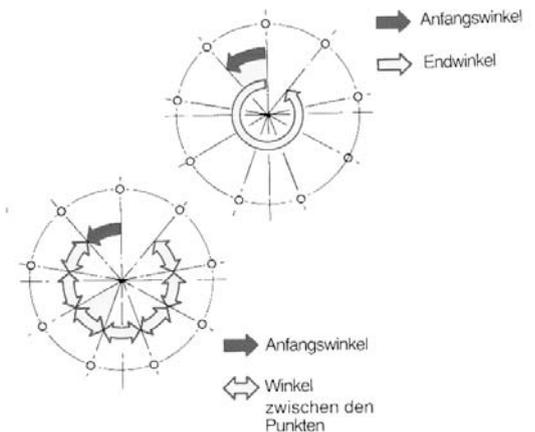
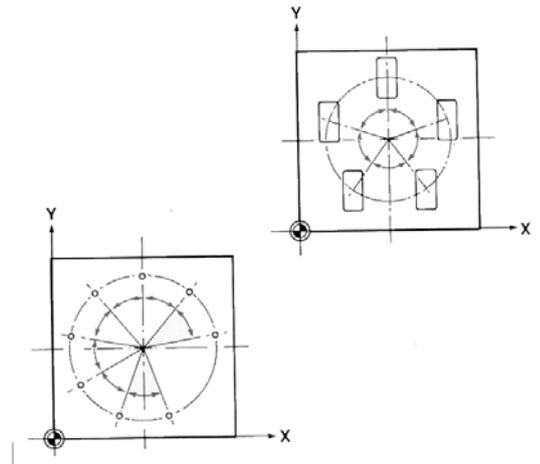
#### Bestimmung der Punkte:

Die Position der Punkte wird bestimmt durch

- die Lage des Teilkreis-Mittelpunktes
- den Teilkreis-Radius
- und der Winkelangabe, wo die Punkte auf dem Teilkreis liegen

Hierfür gibt es je nach Zeichnungsvermaßung drei verschiedene Möglichkeiten:

- a) Anfangswinkel, Anzahl der Punkte und die Anweisung, diese Punkte gleichmäßig auf  $360^\circ$ .
- b) Anfangswinkel, Endwinkel und Anzahl der Punkte. Die Punkte werden zwischen Anfangs- und Endwinkel im gleichen Abständen verteilt.
- c) Anfangswinkel, Winkel zwischen den einzelnen Punkten und Anzahl der Punkte.



#### Eingabe-Dialog

Nach Eingabe der Adresse G88 und Drücken der Übernahme-Taste fordert die Steuerung folgende Adressen an.

Sie müssen jeweils ergänzt und durch Drücken der Übernahme-Taste in die Steuerung übernommen werden.

**G88:** Die Steuerung fordert an:

- U:** abzuarbeitendes Unterprogramm
- L:** Anzahl der Punkte auf dem Teilkreis
- R+:** Radius des Teilkreises
- G0\_:** Abarbeitungs-Richtung Anfangswinkel (G02, G03)
- M7\_:** Lagebestimmung der Teilkreispunkte M71, M72
- W+:** Endwinkel/Zwischenwinkel
- I (J) (I) +:** 1. Koordinate des Teilkreis-Mittelpunktes
- J (K) (K) +:** 2. Koordinate des Teilkreis-Mittelpunktes
- G0\_:** Abarbeitung mit Geraden- oder Kreis-Interpolation G01, G02, G03

**U: abzuarbeitendes Unterprogramm**

Hier wird die Satznummer des UP-Satzes (Bohr- oder Fräszyklus) eingegeben, der jeweils an den angefahrenen Punkten abgearbeitet werden soll. Dieser UP-Satz kann bei einer anschließenden Programmteil-Wiederholung durch einen anderen ersetzt werden.

**L: Anzahl der Punkte auf dem Teilkreis**

Es sind zwischen 1 und 999 Punkte möglich.

**R+: Radius des Teilkreises****G0 : Abarbeitungs-Richtung**

Zu G02 (im Uhrzeigersinn) oder G03 (gegen den Uhrzeigersinn) ergänzen.

**W+: Anfangswinkel**

Der Winkel zwischen 1. Punkt und Richtung der Winkel-Bezugsachse.

**M7 : Lagebestimmung der Teilkreis-Punkte**

- Zum Vollkreis:

Übernahme-Taste drücken.

- Zur Lage-Bestimmung durch Anzahl der Punkte und Endwinkel: zu M72 ergänzen.

- Zur Lage-Bestimmung durch Anzahl der Punkte und Winkel zwischen den Punkten: zu M71 ergänzen.

**W+ Winkel**

Die Bedeutung ist abhängig von der Eingabe bei M7.

Wurde M7 quittiert (Übernahme-Taste), erscheint es gar nicht.

Bei M72: Endwinkel

Bei M71: Winkel zwischen den einzelnen Punkten.

**I(J)(1)+: 1. Koordinate des Teilkreis-Mittelpunktes**

(Vorzeichen- und Achswechsel möglich)

**J(K)(K)+: 2. Koordinate des Teilkreis-Mitte punktes**

(Vorzeichen- und Achswechsel möglich)

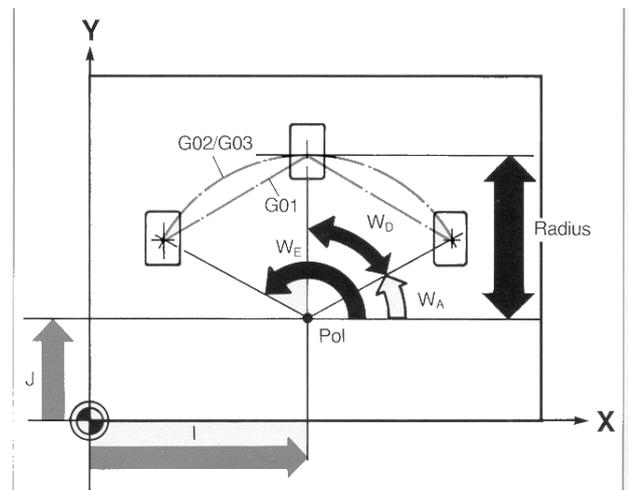
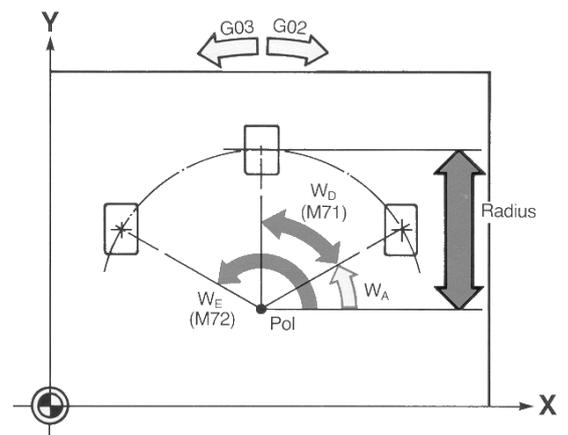
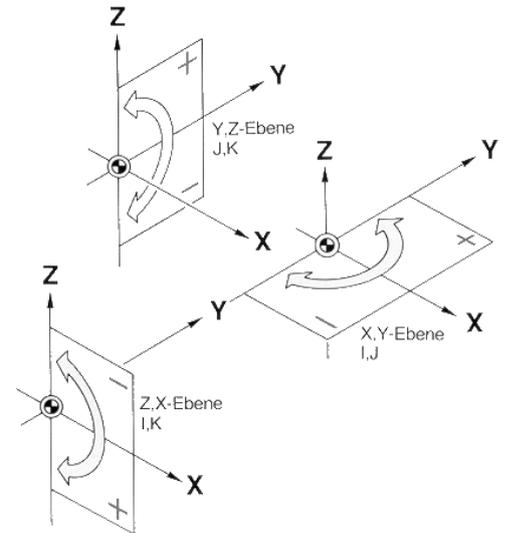
Die letzten beiden Eingaben entscheiden darüber von welcher Winkel-Bezugsachse der Winkel gemessen wird, und in welcher Ebene der Teilkreis liegt.

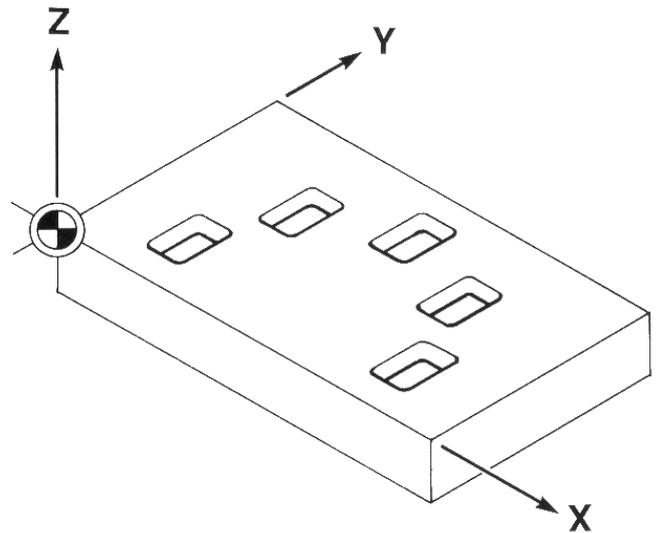
**G0: Abarbeitung mit Geraden- oder Kreis-Interpolation.**

Soll das Werkzeug von Punkt zu Punkt auf einer Geraden verfahren: zu G01 ergänzen.

Ist dies wegen Hindernissen (z.B. bei einem Flansch) nicht möglich, zu G02 oder G03 ergänzen. Das Werkzeug fährt dann auf einer Kreisbahn mit Teilkreis-Radius von Punkt zu Punkt. Die Abarbeitungs-Richtung ist hierbei nicht mehr mit G02 oder G03 zu ändern, sie wurde bereits vorher im Dialog festgelegt (siehe oben).

Vor einem Satz, in dem G88 programmiert ist, muß im vorhergehenden Satz die Spindeldrehung eingeschaltet werden.





```

N0001 G00 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 Z+2000 D+01 S+1600
N0004 G88 U0001 L005 R+30000 G02 W+180000 M72 W+0 I+50000 J+15000 G01
N0005 G00 X+0 Y+0 Z+100000
N0006 M30
U0001 G71 F500 Y+15000 D+51 X+500 X+10000 X+300 F100 Z-8000 Z-3000 Z-500

```

### Erläuterung:

N0001, N0002 Freifahren zum Werkzeugwechsel

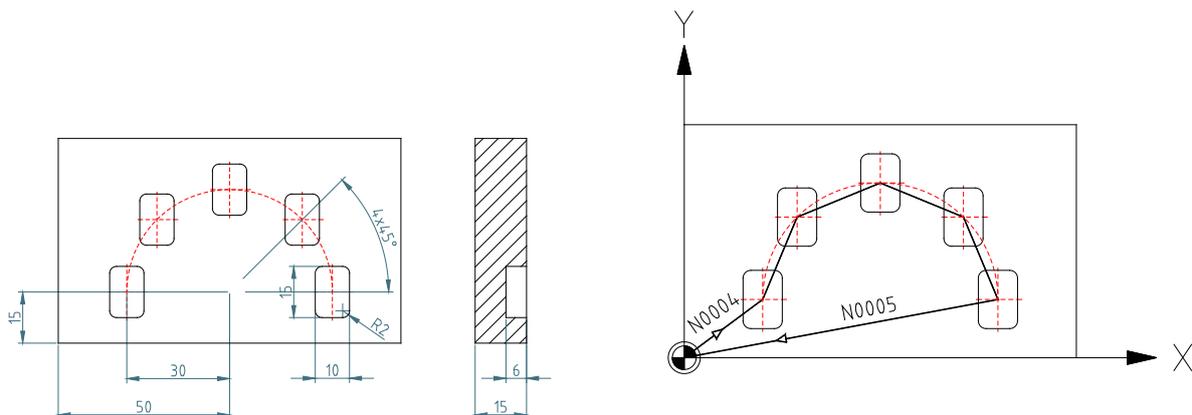
N0003 Zustellen im Eilgang auf die Werkstückoberfläche. Spindeldrehung ist programmiert, weil im darauffolgenden Satz der Befehl G88 (Bearbeitungsbilder auf Teilkreis) programmiert ist

N0004 Bearbeitung der 5 Taschen auf dem Teilkreis; die Taschen sind im Satz U0001 programmiert. Abarbeitung im Uhrzeigersinn (G02), Winkelangabe mit Anfangs- und Endwinkel (M72).

N0005 Freifahren in Z und Positionieren des Werkzeugs über dem Programm-Nullpunkt.

N0006 Programm-Ende.

U0001 In diesem Satz ist der Taschenfräszyklus programmiert.





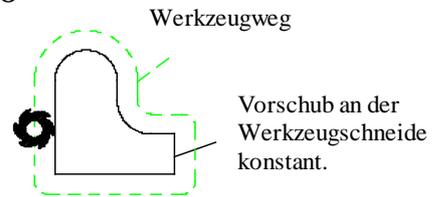
## M6\_ : Vorschub Optimierung

Sie gibt an, wie der Vorschub des Werkzeugs an verschiedenen Konturstellen geregelt wird.  
Es gibt drei Möglichkeiten

**M60:** konstanter Vorschub an der Kontur Werkzeugschneide. Beim Fräsen von Innen-Radien wird der Vorschub der Werkzeug-Spindel reduziert; bei Aussen-Radien wird er erhöht, um die Geschwindigkeit an der Werkzeugschneide konstant zu halten.

Dies dient zum Schlichten von Konturen, wenn der Fräser den Fräsgrund nicht berührt.

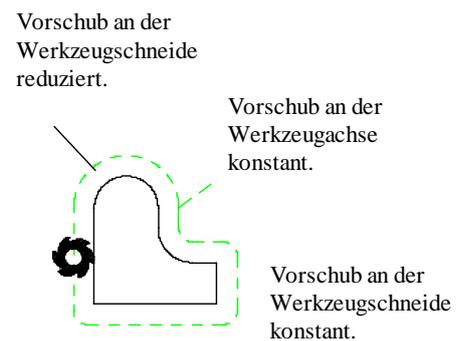
### M60



**M61:** konstanter Vorschub an der Kontur (=Werkzeugschneide) ohne Erhöhung an Aussen-Radien.

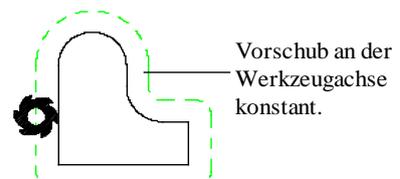
Beim Fräsen von Innen-Radien wird der Vorschub an der Kontur (Werkzeugschneide) konstant gehalten, wie bei M60. An Aussenradien wird der Vorschub der Werkzeug Spindel konstant gehalten, d.h. der Vorschub an der Kontur (Werkzeugschneide) wird reduziert. Dies dient zum Schlichten einer Kontur, bei der der Fräser den Fräsgrund berührt. Im Fräsgrund könnte sich andernfalls der Fräser-Vorschub an der dem Werkstück abgewandten Seite unzulässig erhöhen.

### M61



**M62:** konstante Fräser-Mittelpunktsgeschwindigkeit. Der Vorschub der Werkzeugachse wird konstant gehalten.

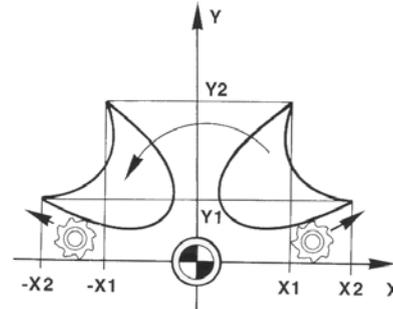
### M62



Spiegeln um eine Achse

Durch Spiegeln um eine Koordinaten-Achse wird eine Kontur folgendermaßen gefräst:

- in derselben Größe und
- im selben Abstand von der Spiegel-Achse aber
- auf der anderen Seite der Achse und
- spiegelverkehrt.



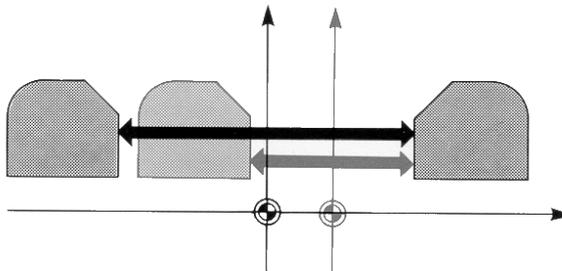
Die Steuerung vertauscht beim Spiegeln die, Vorzeichen der gespiegelten Koordinaten (X oder Y oder Z).

Die Fräsrichtung um die Kontur wird automatisch umgekehrt. Ein Kreis - ursprünglich im Uhrzeigersinn gefräst - wird durch Spiegeln im Gegenuhrzeigersinn gefräst.  
Bohr- und Fräszyklen können gespiegelt werden. Allerdings bleibt die Fräsrichtung im Zyklus erhalten; nur der Startpunkt wird gespiegelt.

Auch eine Nullpunktverschiebung kann gespiegelt werden.

Die Spiegelung erfolgt immer um die Koordinaten-Achsen. Damit die Konturen genau dorthin gespiegelt werden, wo sie hin sollen, muß beim Aufruf der Spiegelung der Programm-Nullpunkt so liegen, daß die Achsen des Koordinatensystems genau zwischen ungespiegelter und zu spiegelnder Kontur liegen.

Dazu wird entweder der Nullpunkt des Koordinaten-Systems von vorne herein richtig gewählt oder vor Aufruf der Spiegelung im Programm an die richtige Stelle verschoben (Verschiebung des Koordinaten-Systems )

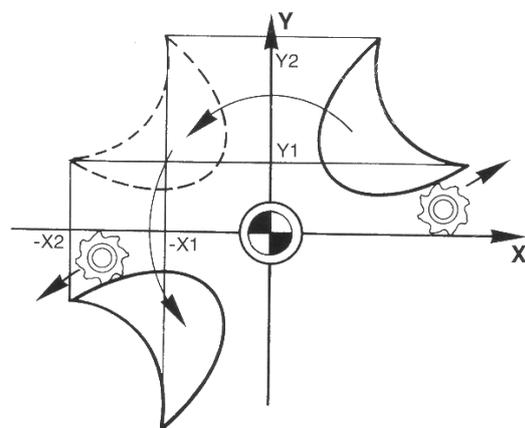
Spiegeln um zwei Achsen

Man führt den oben beschriebenen Vorgang des Spiegeln gedanklich zweimal aus, z.B.:

- einmal um die Y-Achse und
- einmal um die X-Achse.

Die Steuerung vertauscht die Vorzeichen der beiden gespiegelten Koordinaten (XY oder XZ oder YZ).

Fräsrichtung und Drehsinn der Kreise bleiben da zweimal umgekehrt - gleich.



## Programmierung der Spiegelung

Spiegelungen werden durch die Befehle **M81** bis **M86** aufgerufen und durch **M80** gelöscht.

Dabei gilt:

M-Funktion Vertauschung der Vorzeichen von

<b>M81</b>	X (I)
<b>M82</b>	Y (J)
<b>M83</b>	Z (K)
<b>M84</b>	X (I), Y (J)
<b>M85</b>	X (I), Z (K)
<b>M86</b>	Y (J), Z (K)
<b>M80</b>	Spiegeln löschen

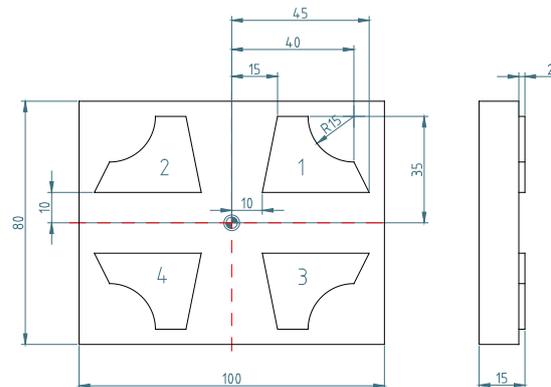
Die Befehle M80 bis M86 sind modal wirksam.

Steht z.B. M81 in einem Programm-Satz, dann werden die Vorzeichen aller nachfolgenden X(I)-Koordinaten im Programm vertauscht. Programmiert man nach M81 die Wiederholung eines Programmteils, in dem eine Kontur gefräst wurde, wird die Kontur noch einmal, wegen M81 jedoch mit umgekehrten Vorzeichen bei X bzw. I gefräst.

```

N0001 G00 X+0 Y+0 Z+100000
N0002 T01
N0003 G00 Z+2000 D+01 S+1600 M08
N0004 G01 Z-2000 D+01 F100
N0005 F160
N0006 G41 D+51 G45 A+3000 X+10000 Y+10000 G01 G61 M61
N0007 G01 X+15000 Y+35000
N0008 G01 X+25000
N0009 G09 G03 M71 W+90000 G90 I+40000 J+35000
N0010 G01 X+45000 Y+10000
N0011 G01 X+10000
N0012 G40 G45 A+3000
N0013 G01 X+0 Y+0
N0014 M81
N0015 L01 N0006 N0013
N0016 M82
N0017 L01 N0015
N0018 M84
N0019 L01 N0015
N0020 M80
N0021 G00 Z+100000 D+01 S0 M09
N0022 M30

```



### Erläuterung:

N0001, N0002	Freifahren zum Werkzeugwechsel, Werkzeugwechsel
N0003	Positionieren in Z, Spindel, Wasser ein
N0004	Tiefenzustellung mit prog. Vorschub
N0005	Vorschub
N0006	Anfahranweisung Konturparallel
N0007-N0013	Fräsen der Kontur und auf Startposition zurück. (1)
N0014	Spiegeln um die X-Achse
N0015	Programmteil-Wiederholung fräsen. (2)
N0016	Spiegeln um die Y-Achse
N0017	Programmteil-Wiederholung fräsen. (3)
N0018	Spiegeln um die X-, und Y-Achse
N0019	Programmteil-Wiederholung fräsen. (4)
N0020	Spiegeln löschen
N0021	Freifahren, Spindel, Wasser aus
N0020	Rücksprung auf Programm-Anfan