

---

# **Programmierung Exellon Format 1 + 2 CNC X-30**

---

Teileprogrammierung	3
Koordinaten	4
M-Befehle	5
Programmbefehle Excellon 1	6
Programmbefehle Excellon 2	7
Definitionen der Befehle	8
Werkzeugbefehle	10
Gespeicherte Bohrbilder	11
Step- und Repeat Befehle	14
Stop bzw. Ende-Befehle	17
Fräsbefehle	18
Z-Achsen - Befehle	24
Teileprogramme und ihr Aufbau	25
Step und Repeat Programmierung	26

## **Vorwort**

Das vorliegende Handbuch beschreibt nur die CNC X30 interpretierten Befehle in den Formaten Excellon 1 und 2.

Es soll demjenigen, der noch nicht in den Excellon Formaten gearbeitet hat, einen Überblick geben und die Einarbeitung in das Format erleichtern. Die Formatsoftware der CNC X30 wird ständig erweitert.

Aufgrund der Vielfalt der Variationsmöglichkeiten bei der Programmierung der Befehle im Programm werden von der Steuerung teilweise nicht beschriebene Schreibweisen etc. richtig interpretiert.

Die Teileprogrammierung basiert auf der Wortadresse mit variablem Blockformat. Zeichen wie X, Y, M und G etc. adressieren bzw. wählen Funktionen an, die von der Maschine ausgeführt werden sollen. Den Adressen folgen numerische Werte, welche eine zu- verfahrenende Distanz, einen Wert oder Sonderfunktionen darstellen. Die Anzahl der Adressen in einem Block hängt von der Anzahl der auszuführenden Funktionen zu diesem Zeitpunkt ab.

In vielen Fällen braucht eine Adresse nur einmal eingegeben zu werden, da die Funktion für die folgenden Blöcke erhalten bleibt und zwar solange, bis ein anderer Befehl sie ändert oder löscht. Solche Funktionen bezeichnet man als MODAL wirksam.

<b>T01</b>	<b>Abruf von Werkzeug 1</b>
<b>X100Y100</b>	<b>Beide Achsen verfahren und bohren</b>
<b>X 200</b>	<b>Nur X- Achse verfahren und bohren</b>
<b>Y 200</b>	<b>Nur Y- Achse verfahren und bohren</b>
<b>M 30</b>	<b>Programmende</b>

Koordinaten sind mit X und Y adressierte Werte, die primär zum Positionieren der Achsen benutzt werden. Sie können als metrisch oder zöllig, als absolute oder inkrementale Werte, mit führenden oder nachfolgenden Nullen eingegeben bzw. interpretiert werden. Die Bewertung wird entweder über Tastatur, oder zu Beginn des Teileprogrammes eingegeben und sie bewirkt, daß alle weiteren Koordinaten entsprechend gerechnet werden.

Zoll und metrische Koordinaten können sowohl mit vorlaufenden als auch mit nachlaufenden Nullen oder in Dezimalpunktschreibweise verarbeitet werden. Der Mode sowie die Stellenzahl vor- und nach dem Dezimalpunkt werden in den Maschinenparametern festgelegt und wählen den Einschaltzustand. Diese Daten können jederzeit durch Änderung der numerischen Ein / Ausgabeparameter über die Tastatur geändert werden.

( siehe dazu Kapitel Numerische Ein / Ausgabeparameter im Kapitel Programmieren dieser Bedienungsanleitung. )

Werkseitig wird das Excellon- Format bei den metrischen Koordinaten 4 Stellen nach dem Komma sowie Unterdrückung der führenden Nullen parametrisiert.

Für Zoll- Koordinaten werden 2 Stellen vor und 4 Stellen nach dem Komma sowie Unterdrückung der nachlaufenden Nullen parametrisiert.

Über Tastatureingabe kann die Art der Nullenunterdrückung umgeschaltet werden. Somit können auch Koordinatenwerte eingelesen werden, die nicht im Standard- Format digitalisiert sind.

Vorzeichen können ebenfalls unterdrückt werden, solange sie Plus sind. Minus-Vorzeichen müssen hingegen eingegeben werden.

Beispiel:

**X + 100 Y - 100 ist gleich X 100 Y - 100**

Neben den Adresszeichen X und Y für Koordinatenwerte werden u.a. auch M-Befehle benutzt.

Sie dienen zur Kennzeichnung diverser Zusatzfunktionen, die bei Excellon aufgrund „historischer“ Gegebenheiten heute zwei Auslegungen, nämlich „Format 1“ und „Format 2“, aufweisen.

Zum Beispiel ist der Befehl M02 im Format 1 Programm- Ende, während im „historischen“ Format 2 ein M 00 dafür steht.

Format 2 ist also das ältere Bohrprogramm- Format.

Hierauf aufbauend wurden weitere M- Befehle hinzugefügt, die eine wesentliche Vereinfachung der Teileprogrammierung erlauben. Heute besitzen Format 1 und Format 2 den gleichen Befehlsumfang, nur die Bezeichnung der einzelnen Funktionen sind teilweise unterschiedlich.

**Zusammenfassung aller von der CNC SCHMOLL X30 interpretierten  
Programmbefehle im Format EXCELLON 1**

A	Kreisradius
C	Werkzeugdurchmesser
F	Tischvorschub / Z- Achsen- Vorschub
G00 X Y	Eilgang
G01	Linear- Interpolation
G02	Kreis- Interpolation im Uhrzeigersinn ( CW )
G03	Kreis- Interpolation im Gegenuhrzeigersinn ( CCW )
G32 X Y A	Fräsen eines Loches mit automatischer Fräserradiuskorrektur im Uhrzeigersinn
G33 X Y A	Fräsen eines Loches mit automatischer Fräserradiuskorrektur im Gegenuhrzeigersinn
G40	Aufheben der Fräserradiuskorrektur
G41	Aufruf Fräserradiuskorrektur Links
G42	Aufruf Fräserradiuskorrektur Rechts
G81	Bohren Ein
G82	Dual- In- Line- Lochreihe
G83	B PIN Rund- IC
G84	Kreisnibbeln
G85	Schlitznibbeln
G90	Absolutmaßprogrammierung
G91	Inkrementalmaßprogrammierung
G92/G93 X Y	Istwert setzen
M00	Inspektionsstop
M01	Wahlweise Halt
M02	Programmende ( wie M30 interpretiert )
M15	Z- Achse DOWN
M16/M17	Z- Achse UP
M24	Nutzenende
M25	Nutzenanfang
M26 X Y	Wiederholung Nutzenoffset
M26XYM21	Wiederholung Nutzenoffset mit Spiegeln X- Achse
M26XYM22	Wiederholung Nutzenoffset mit Spiegeln Y- Achse
M26XYM23	Wiederholung Nutzenoffset mit Achsentausch
M26 X Y	Wiederholung Nutzenoffset
M27	Step und Repeat- Ende
M30	Programmende
M48	Programmvorspann ( ohne WZ- Kopplung)
M70	INCH- Maßsystem
M71	Metrisches Maßsystem
P X Y	Bohrbildwiederholung
R M26 X Y	Satzwiederholung
R X Y	Lochwiederholung
S	Umdrehungszahl der Spindel
T	Werkzeugauswahl/ Werkzeugauswahl- Fräserindex
/	Satz überlesen
%	Rückspulstop
Zusätzlich interpretierte Befehle:	
H nnn	Obere Z-Ebene setzen im Programm
Z nnn	Untere Z-Ebene setzen im Programm

**Zusammenfassung aller von der CNC SCHMOLL X30 interpretierten  
Programmbefehle im Format EXCELLON 2**

A	Kreisradius
C	Werkzeughdurchmesser
F	Tischvorschub / Z- Achsen- Vorschub
G00 X Y	Eilgang
G01	Linear- Interpolation
G02	Kreis- Interpolation im Uhrzeigersinn ( CW )
G03	Kreis- Interpolation im Gegenuhrzeigersinn ( CCW )
G05	Bohren EIN
G06	2 1/2 D-Fräsen
G08	Tiefenbohren /-fräsen einschalten
G09	Tiefenbohren /-fräsen ausschalten
G10	Ausspanzyklus / Spanbrechzyklus einschalten
G32 X Y A	Fräsen eines Loches mit automatischer Fräserradiuskorrektur im Uhrzeigersinn
G33 X Y A	Fräsen eines Loches mit automatischer Fräserradiuskorrektur im Gegenuhrzeigersinn
G40	Aufheben der Fräserradiuskorrektur
G41	Aufruf Fräserradiuskorrektur Links
G42	Aufruf Fräserradiuskorrektur Rechts
G49	Rechtfunktion; Fräsen eines Rechteckes im Uhrzeigersinn
G50	Rechtfunktion; Fräsen eines Rechteckes im Gegenuhrzeigersinn
G82/ (G81)	Dual- In- Line- Lochreihe
G83	B PIN Rund- IC
G84	Kreisnibbeln (nur bei Option-Fräsen)
G85	Schlitznibbeln
G90	Absolutmaßprogrammierung
G91	Inkrementalmaßprogrammierung
G92/G93 X Y	Null setzen
M00	Programmende ( wie M30 interpretiert )
M01	Nutzenende
M02 X Y	Wiederholung Nutzenoffset
M02 X Y M 70	Wiederholung Nutzenoffset mit Achsentausch
M02 X Y M 80	Wiederholung Nutzenoffset mit Spiegeln X- Achse
M02 X Y M 90	Wiederholung Nutzenoffset mit Spiegeln Y- Achse
M06	Wahlweise Halt
M08	Step und Repeat- Ende
M09	Inspektionsstop
M15	Z- Achse- DOWN
M16/17	Z- Achse UP – Aktivierung beweglicher Niederhalter
M25 (M31)	Nutzenbeginn
M30	Programmende mit Rückspulen
M47	Hinweisanzeige (Operator Message)
M48	Programmvorspann ( ohne WZ- Kopplung )
M71	Metrisches Maßsystem
M72	INCH- Maßsystem
M95	Unterprogramm
M96	Unterprogramm Ende
M97	Klartextbohren in X-Richtung
M98	Klartextbohren in Y-Richtung
M99	Aufruf Unterprogramm
P X Y	Bohrbildwiederholung
R M02 X Y	Satzwiederholung
R X Y	Lochwiederholung
S	Umdrehungszahl der Spindel



---

T	Werkzeugauswahl/ Werkzeugauswahl- Fräserindex
/	Satz überlesen
%	Rückspulstop

Zusätzlich interpretierte Befehle:

H nnn	Obere Z-Ebene setzen im Programm
Z nnn	Untere Z-Ebene setzen im Programm

Zusätzlich interpretierte Funktionen

Automatisches Runden von Ecken
Werkzeugsequentierung bei Step und Repeat Programmierung

In diesem Abschnitt wird die Befehlsstruktur beschrieben und ihre Bedeutung in den Formaten 1 und 2.

**EINRICHTBEFEHLE**

Die nachfolgende Befehlsgruppe erleichtert und beschleunigt das Einrichten.

<b>Format 1</b>	<b>Format 2</b>	<b>Beschreibung</b>
G 90	G 90	Absolute Betriebsart. Alle Koordinaten beziehen sich auf einen gemeinsamen Nullpunkt. Wird als Einzelblock programmiert.
G 91	G 91	Inkrementale Betriebsart. Alle Koordinaten beziehen sich auf die vorherige Position, haben also keinen gemeinsamen Nullpunkt. Beim Einlesen werden die Koordinaten von der CNC jedoch in absolute Werte umgerechnet und abgespeichert. Bei der Ausgabe(Anzeige ) erfolgt dann wieder die inkrementale Darstellung. Deshalb lassen sich auch in inkrementalen Programmen problemlos Sätze einfügen, bzw. löschen.  Wurde kein G 90 / G91 programmiert, so benutzt die CNC die in der FORMAT- Tabelle angewählte Betriebsart.
M 70	M 72	Zoll Betriebsart. Alle folgenden Koordinatenwerte werden als Zoll- Werte interpretiert. Wird als Einzelblock programmiert.
M 71	M 71	Metrische Betriebsart. Alle folgenden Koordinatenwerte werden als metrisch interpretiert. Wird als Einzelblock programmiert. M 70 / M 71 dürfen auch im Teile- Programm stehen. Es können somit Metrische- und Zoll- Programme gekettet werden.

<b>Format 1</b>	<b>Format 2</b>	<b>Beschreibung</b>
G 92 X Y		Null Voreingabe. Die in diesem Block vorhandenen X Y - Koordinatenwerte werden von der gerade gültigen Position abgezogen und bestimmen somit einen neuen Nullpunkt. Der vorherige Nullpunkt wird bei Programmende oder durch „ ST 0 „ wieder hergestellt. Beim Einlesen wird dieser Befehl in ein G93 umgewandelt.
G 93 X Y	G 93 X Y	Nullpunkt- Setzen. Der Arbeitsnullpunkt wird entsprechend den Koordinatenwerten vom Maschinen-nullpunkt festgesetzt. Sollwert = ( Koordinaten aus Teileprogramm ) + „ Offset- Taste „ ). Die Addition dieser Werte erlaubt dem Anwender die Erstellung nur eines Teileprogrammes für alle Maschinen, auch wenn diese unterschiedliche Arbeitsbereiche haben.
M 48	M 48	Programm Kopfteil. Siehe Kapitel „ M 48 Header „
/	/	Block überlesen. ( Block- Delete ) Wird die Taste BLOCK DELETE betätigt, so wird jeder Block, in dem ein „ / „ steht, überlesen. Zum Beispiel lassen sich zwei „ G 93 „ Versatzwerte in ein Programm eingeben. Dabei erhält der zweite „ G 93 „ ein „ / „ . Mit der „ Block- Delete- Funktion „ kann nun ausgewählt werden, welcher Versatz wirksam sein soll.

---

## Werkzeugbefehle

Programmierung Excellon Format

Diese Befehle werden zum Abruf bzw. zur Steuerung von Bohrern und Fräsern verwendet.

Detaillierte Erläuterungen sind im Abschnitt „Werkzeuge „ enthalten.

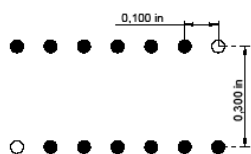
Format 1	Format 2	Beschreibung								
T nn	T nn	<p>Werkzeugaufruf. Bewirkt Werkzeug- Wechsel</p> <p>T- Befehle werden einzeln programmiert und dürfen nur Informationen für Werkzeuge enthalten.</p> <table><tr><td>T 1</td><td>Werkzeug Nr. 1</td></tr><tr><td>T 02</td><td>Werkzeug Nr. 2</td></tr><tr><td>T 0102</td><td>Werkzeug 1 mit Fräser-Index 2</td></tr><tr><td>T 01F200S600</td><td>Werkzeug 1 mit Vorschub ( F ) und Drehzahl ( S ).</td></tr></table> <p><b>Zur Beachtung :</b> T 10 ist nicht gleich T 1 oder T 01</p>	T 1	Werkzeug Nr. 1	T 02	Werkzeug Nr. 2	T 0102	Werkzeug 1 mit Fräser-Index 2	T 01F200S600	Werkzeug 1 mit Vorschub ( F ) und Drehzahl ( S ).
T 1	Werkzeug Nr. 1									
T 02	Werkzeug Nr. 2									
T 0102	Werkzeug 1 mit Fräser-Index 2									
T 01F200S600	Werkzeug 1 mit Vorschub ( F ) und Drehzahl ( S ).									
F nnn	F nnn	<p>Achsenvorschub. Der in einem T- Block eingegebene Wert bestimmt den Vorschub dieses Werkzeuges. Wird normalerweise in mm / min programmiert. Im Fräsprogramm legt der F- Befehl den Achsvorschub fest. ( siehe dazu Fräsbefehle )</p>								
S nn	S nn	<p>Spindel Drehzahl ( U / min ) . Dieser in einem T- Block enthaltene Wert bestimmt die Drehzahl der Spindeln. Sonst wie oben unter F .</p> <p><b>Beispiel:</b> T 01 F 200 S 610 = 61.000 U / min T 01 F 200 S 600 = 60.000 U / min</p> <p>Drehzahlen lassen sich auf 1000 U / min genau programmieren.</p>								
C nnn	C nnn	<p>Werkzeugdurchmesser. Der Werkzeugdurchmesser steht immer gemeinsam mit einem T- Befehl in einem Block. Für den Fall, daß die Werkzeugliste geladen ist, werden mit diesem Befehl Vorschübe und Spindel-drehzahlen aus der Werkzeugliste ( F7 Param ) abgerufen.</p> <p>In der Betriebsart EDITOR wird der aktuelle Durchmesser immer im Bildschirm angezeigt. Bei der Programmausgabe ( Lochstreifen, Diskette, DNC etc.) kann er unterdrückt werden, wenn in dem numerischen Ein- Ausgabeparameter für den Parameter „ C „ kein „ + „ gewählt wurde. Die Ausgabe des Werkzeugdurchmessers erfolgt aber immer vorzeichenfrei.</p>								

Die folgenden Befehle dienen zum vereinfachten Programmieren bestimmter Bohrbilder, die für bestimmte Bauteile immer wiederkehren und somit in der CNC speicherbar sind.

Format 1	Format 2	Beschreibung
G 82	G 82 / ( G81 )	Dual- In- Line Packages ( DIL IC'S ) . In Format 1 nur mit G 82 definiert, ob 14 oder 16 Pins, in Format 2 G 81 für 14 und G 82 für 16 Pins.

### Beispiel:

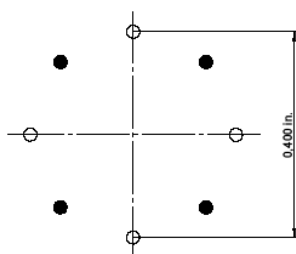
G 82 Xnnn1 Ynnn1 Befehl und 1te.Pos.  
Xnnn2 Ynnn2 2te.Pos. gegenüber



Die 1te. Position wird zum Nullpunkt programmiert. Dem gegenüber definiert die 2te. Position die Anzahl der Pins und deren Distanz zueinander. Die Eingabe der 2ten. Position ist standardmäßig auch bei absoluter Programmierung der inkrementale Abstand zur 1ten. Position. Kundenspezifisch kann die CNC auch so parametrisiert werden, daß die 2te. Position absolut, auf den Nullpunkt bezogen , programmiert werden muß.

G 81 in Format 2 wurde beibehalten, um vorhandene Programme nicht ändern zu müssen. Beim Einlesen eines Programms mit dem Befehl G 81 wandelt die CNC dieses Kommando automatisch in G 82 um.

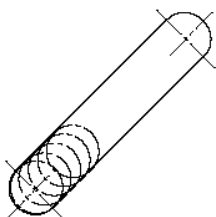
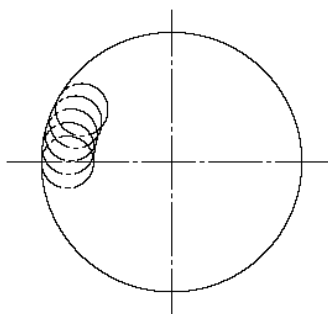
G 83	G 83	8- Pin- L- Package
Xnnn Ynnn	Xnnn Ynnn	Definiert ein 8 Pin L- Package wie es folgendes Bild zeigt:



G 83	Befehl
X1Y1	1. Position
X2Y2	2. Position

Die beiden Referenzpositionen können sowohl vertikal als auch horizontal liegen, müssen aber immer gegenüber, d.h. parallel zur X- oder Y- Achse liegen.

Format 1	Format 2	Beschreibung
G 84	G 84	<p>Kreis nibbeln. Definiert die Position und den Durchmesser eines Kreises, der genibbelt werden soll.</p> <p>Xnnn Ynnn G 84 Xnnn Zentrum, Befehl, Durchmesser</p> <p>An die Koordinaten des Kreismittelpunktes ( Xnnn Ynnn) wird G 84 und ein X- Wert angehängt, der dem Kreisdurchmesser entspricht. Alle diese Informationen werden in einem Block zusammengefaßt.</p> <p>Der Computer sucht den Durchmesser des eingesetzten Werkzeugs aus der Werkzeugtabelle und kompensiert entsprechend.</p> <p><b>Anmerkung:</b> Die Werkzeugtabelle darf nicht mit der Fräser- Kompensations- Liste verwechselt werden.</p>
G 85	G 85	<p>Schlitz nibbeln. Entspricht in seiner Ausführung dem Kreisnibbeln nur, daß die Koordinatenwerte den Anfangs- bzw. den Endpunkt des Schlitzes darstellen. Außerdem wird der Werkzeugdurchmesser nicht kompensiert.</p> <p>Xnnn Ynnn G 85 Xnnn Ynnn Start, Befehl, Ende</p> <p>Schlitznibbeln ( alte Version )</p> <p>Schlitznibbeln ( neue Version )</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schritt</li> <li>2. Schritt</li> <li>3. Schritt</li> </ol>



<b>Format 1</b>	<b>Format 2</b>	<b>Beschreibung</b>
R X ( Y )	R X ( Y )	<p>Wiederholen einer Bohrung in einem programmierbaren Abstand. ( Repeat Hole ). Ein bestimmter Lochdurchmesser kann auf diese Weise bis zu 9999 mal in einem programmierbaren gleichen Abstand zueinander gebohrt werden.</p> <p><b>Beispiel:</b></p> <p>R7X2.54 Bohre 7 Löcher im Abstand von 2,54 mm.</p>
P X ( Y )	P X ( Y )	<p>Wiederholen eines vorher programmierten Bohrbildes. Dieser Befehl ist für alle gespeicherten Bohrbilder anwendbar. ( G81, G82, G85 )</p> <p><b>Beispiel:</b></p> <p>G82 X nnn1 Y nnn1 X nnn2 Y nnn2 P 4 X10</p> <p>Wiederholt das IC- Bohrbild 4x im Abstand X = 10</p>

---

## Step- und Repeat Befehle

Programmierung Excellon Format

Die nachfolgenden Befehle ermöglichen es, ein Bohrbild einer gesamten Leiterplatte nur einmal zu programmieren und es dann so oft wie nötig zu versetzen. Hierbei kann dieses Bohrbild gedreht, gespiegelt oder mit vertauschten Achsen wiederholt werden.

<b>Format 1</b>	<b>Format 2</b>	<b>Beschreibung</b>
M 25	M 25	Beginn des Step + Repeat Bohrbildes. Der M 25 wird als Einzelblock vor die erste XY Koordinate eines zu wiederholenden Bohrbildes gesetzt. Blöcke wie T-Funktionen oder Nullpunktangabe werden immer vor das M 25 gesetzt.
	M31	Wird wie M 25 bei älteren Excellon- Steuerungen benutzt. Wenn ein M 31 erkannt wird, so wird von der CNC der nächste M 30 Befehl aus Kompatibilitätsgründen überlesen.
M 24	M 01	Ende des Step + Repeat Bohrbildes. Der M 24 bzw. M 01 wird als Einzelblock hinter die letzte Koordinate des zu wiederholenden Bohrbildes gesetzt.
M26XnnYnn	M02XnnYnn	Bohrbildversetzung. Jeder Block mit M 26 bzw. M 02 stellt eine Bildversetzung dar. In welche Richtung und um welches Maß versetzt wird, bestimmt die X oder Y Koordinate. Diese Werte sind inkremental wirksam. Der letzte Block mit M 26 XY oder M 02 XY führt zum Original- Nullpunkt zurück.
M 27	M 08	Ende Step + Repeat. Zeigt das Ende der Versetzung an. M 27 oder M 08 werden als Einzelblock geschrieben.



---

## Step- und Repeat Befehle

Programmierung Excellon Format

Format 1	Format 2	Beschreibung
Rn M26XnYnn	Rn M02XnYn	Wiederholung eines Step + Repeat Blockes. Sind die Versatzwerte der Bohrbilder absolut identisch, so braucht nicht jeder Step einzeln programmiert werden. Er kann so oft wie benötigt wiederholt werden, indem einfach eine R- Funktion programmiert wird.

### Beispiel:

ohne R- Funktion	mit R- Funktion
M 01	M 01
M 02X100Y0	
M 02X100Y0	
M 02X100Y0	R5M02X100Y0
M 02X100Y0	
M 02	
M 08	M 08

Das verkürzte Step + Repeat ergibt die gleiche Zahl Bohrbilder mit den gleichen Versetzungen wie der herkömmliche, allerdings mit viel geringerem Aufwand. Das letzte M 02 benötigt keine XY- Koordinaten, da der Computer den ursprünglichen Arbeitsnullpunkt speichert. Eine einfache Regel ist, daß die Anzahl der zu bohrenden Nutzen gleich der Anzahl der programmierten M 26 oder M 02 Steps sein muß. Bei verkürztem Step + Repeat gilt diese Regel für die Zahl hinter R.

Werden also z.B. 54 M 26 oder M 02 Blocks programmiert, so werden insgesamt 1 programmiertes + 53 gesteppte Nutzen gebohrt. Die Kurzprogrammierung muß dann R 54 vor M 26 bzw. M 02 gesetzt werden.

---

## Step- und Repeat Befehle

Programmierung Excellon Format

Format 1	Format 2	Beschreibung
M 26XYM21	M 02XYM80	Step + Repeat mit Umkehrung des Vorzeichens der X- Achse, d.h. PLUS wird MINUS und umgekehrt. Bewirkt, daß das Bohrbild um die Y- Achse gedreht wird. M 21 bzw. M 80 wird immer nur an einem Step + Repeat Block angehängt.
M 26 XYM22	M 02XYM90	Step + Repeat mit Umkehrung des Vorzeichens der Y- Achse. Sonst wie oben.
M 26 XYM23	M 02XYM70	Step + Repeat mit Vertauschen der Achsen, d.h., X wird zu Y und umgekehrt. Dieser Befehl ist immer dann sehr nützlich, wenn Normzuschnitte besser genutzt werden müssen.

Der vorliegende Text bezieht sich hauptsächlich auf das Bohren von Nutzen, obwohl Step + Repeat auch für das Konturenfräsen eingesetzt wird. Allerdings sollte man beim Step + Repeat von Fräsprogrammen das Spiegeln der Nutzen möglichst vermeiden, da sich aufgrund der unterschiedlichen Fräsrichtungen ( Gleichlauf- und Gegenlaufräsen ) verschiedene Toleranzen und auch schlechtere Schnittkanten an den Leiterplatten ergeben können.

---

## Stop bzw. Ende-Befehle

Programmierung Excellon Format

Die nachfolgenden Befehle dienen zur Unterbrechung oder zur Beendigung eines Teileprogrammes. Einige dieser Befehle können X- oder Y- Werte enthalten, die dann zwar eine Positionierung bewirken, dabei aber keinen Bohrhub auslösen. Sind größere Verfahrswege in X und Y eingegeben, als maschinenbedingt möglich, so erscheint eine Fehlermeldung Endschalter.

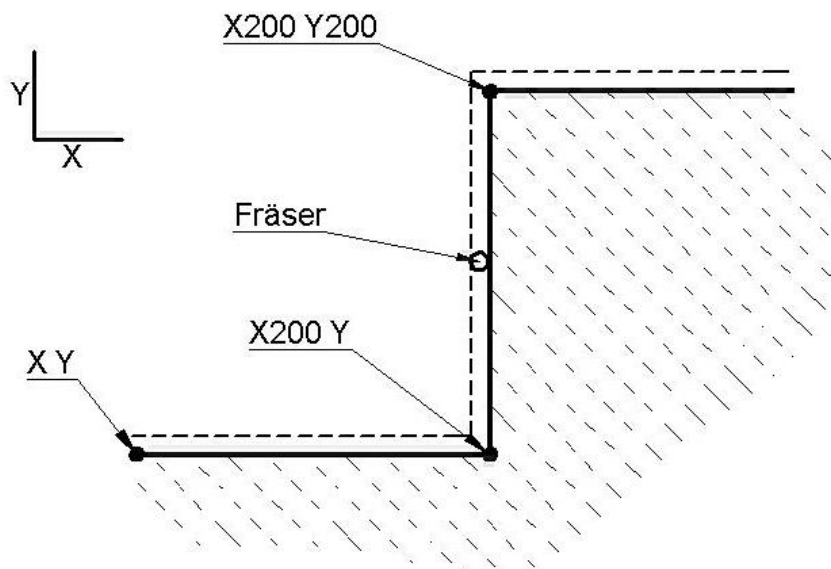
<b>Format 1</b>	<b>Format 2</b>	<b>Beschreibung</b>
M00(XnnYnn)	M09(XnnYnn)	Programmstop für Inspektionen. Unterbricht den automatischen Programmablauf. Sind XY Koordinaten im Block enthalten, so fahren die Achsen in die programmierte Position. Betätigung der Start- Taste bewirkt Fortsetzung des Programmes an der unterbrochenen Stelle.
M01(XnnYnn)	M06(XnnYnn)	Wahlweise Halt. Bei Erreichen dieses Blockes stoppt der Programmablauf, wenn vorher die Taste „Optional Stop“ betätigt wurde. Bei betätigung der Start- Taste wird in Automatik weitergearbeitet.
M02	M00	Programmende mit Rückspulen.
M30	M30	Programmende mit Rückspulen.
%	%	Rückspulen Stop wird üblicherweise vor ein Teileprogramm ( mit EOB ) gesetzt, muß aber hinter einem Kopfteil ( M48 Header ) sein, damit die CNC beim Einlesen das Ende des Kopfteiles erkennen kann. Braucht nicht bei Teileprogrammen ohne Kopfteil am Anfang geschrieben werden.

Die nachfolgenden Befehle sind für Maschinen mit Fräseinrichtung anwendbar und können im Format 1 und im Format 2 programmiert werden.

Format 1	Format 2	Beschreibung
G00XnnYnn	G00XnnYnn	Aufheben Fräsequenz. Bewirkt, daß die Achsen im Eilgang in die angegebene Position nnn fahren. Ein G00 Block muß immer am Anfang eines Fräsprogrammes stehen.
G01	G01	Lineare Interpolation. Die Achsen fahren entsprechend dem vorher eingegebenen Vorschub in einer geraden Linie.
G02	G02	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn. Die Achsen verfahren entsprechend den folgenden Koordinaten und dem gegebenen Radius einen Kreis-sektor.
G03	G03	Kreisinterpolation gegen den Uhrzeigersinn
G81	G05	Schaltet die Maschine von Fräsen auf Bohr-betrieb. Alle nachfolgenden Positionen werden im Eilgang angefahren und dort werden Bohrhübe ausgelöst. <b>G81</b> bzw. <b>G05</b> wird immer als Einzelblock programmiert.
G40	G40	Fräserradiuskompensation ausschalten. Wird immer als Einzelblock programmiert. Aufgrund der unterschiedlichen Achsenlage der ausgeführten Maschinen kann es vorkommen, daß die Kreisinterpolation entgegengesetzt ausgeführt wird. In der CNC SCHMOLL X30 ist es möglich, dieses kundenspezifisch zu parametrieren.

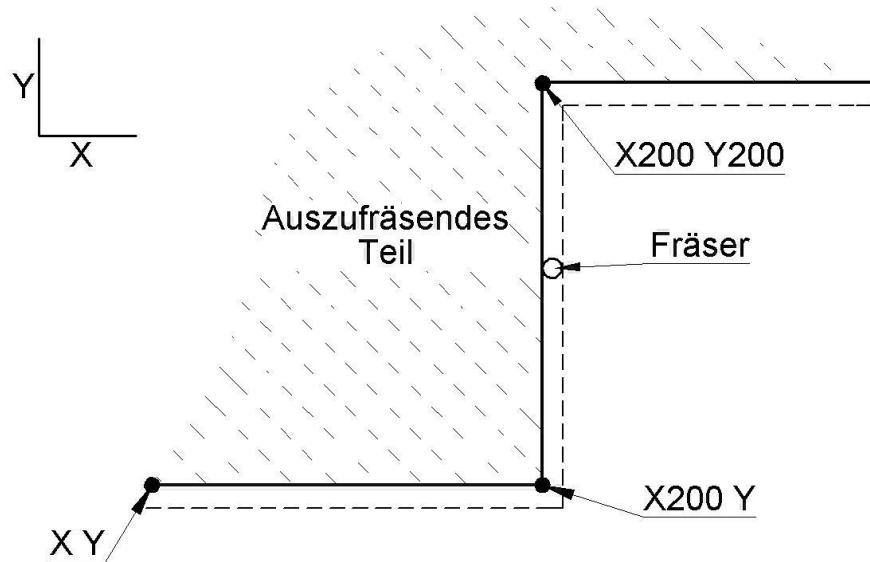
## Fräsbefehle

Format 1	Format 2	Beschreibung
G41	G41	Fräserradiuskompensation in Fräsrichtung gesehen nach links aktivieren. Alle nachfolgenden Bewegungen werden um den Fräserradius nach links versetzt abgefahren. Steht immer als Einzelblock.



---

rechts aktivieren. Sonst wie G41.



Die Befehle G40, G41 und G42 dürfen nicht innerhalb einer Frässtrecke stehen. Die Fräsequenz muß erst mit „G00“ aufgehoben werden, bevor die Radiuskompensation geändert werden kann.

Wie bei den Befehlen G02 und G03 können durch Parametrierung der CNC SCHMOLL X30 die Befehle G41 und G42 vertauscht werden

---

## Fräsbefehle

Programmierung Excellon Format

Format 1	Format 2	Beschreibung
Fnnnn	Fnnnn	Achsenvorschub. Eingabe in cm / min. Der Achsenvorschub kann auch in mm / min, INCH / min oder mm / sek programmiert werden. Die Festlegung kann auch nachträglich über die Tastatur in den numerischen Ein / Ausgabe-Parametern geändert werden. Der F- Block steht immer hinter dem ersten G00 Block. Soll der Vorschub im Programm geändert werden, so wird er ebenfalls immer hinter einem G00 Block gesetzt.
<b>Beispiel:</b>		G00Xn Yn      Fräsen Ein, Eilgang nach XnXn F060            Vorschub 60 mm / sek G01Xnn Ynn    Verfahren nach Xnn Ynn mit 60 mm / sek Vorschub.
Tnnnn	Tnnnn	Werkzeugwechsel und Abruf des Durchmessers aus der Fräserkompensationsliste. Dieser Befehl kann bis zu 4 Ziffern haben, wobei die ersten beiden die Magazinpositionen und die letzten beiden die Indexposition darstellen. Ein T- Befehl muß immer vor dem ersten G00 Block stehen. Er kann während Interpolationsbewegungen nicht geändert werden. Steht ein T- Befehl alleine ohne Indexziffern, so wird automatisch die der Magazinposition entsprechende Indexposition zugeordnet.
<b>Beispiel:</b>		T01    = Magazin 1, Fräserkompensations Index 1 T0101 = Magazin 1, Fräserkompensations Index 1 T0104 = Magazin 1, Fräserkompensations Index 4

Der Fräserkompensations- Index dient dazu, einen bestimmten Durchmesser von 99 möglichen der Fräser- Kompensationsliste einem Werkzeug zuzuordnen.

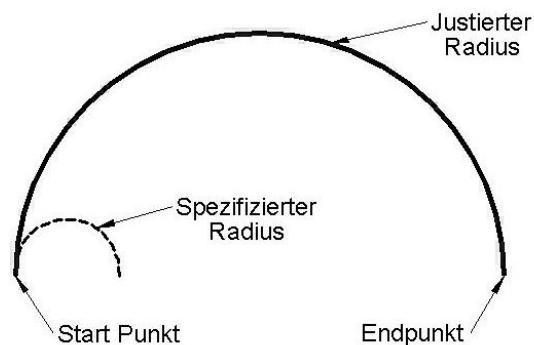
Die dort eingegebenen Durchmesser können Standardwerte sein, aber auch entsprechend den verlangten Frästoleranzen kleiner oder größer als das tatsächliche Werkzeug eingegeben werden. Die CNC kompensiert immer den im Index enthaltenen Wert. Zusätzlich können bei der CNC SCHMOLL X30 über den Fräsindex alle Fertigparameter wie bei der Durchmesserprogrammierung abgerufen werden.

<b>Format 1</b>	<b>Format 2</b>	<b>Beschreibung</b>
Annn	Annn	Radius ( ARC RADIUS) Mit A wird der Radius einer Kreisinterpolationsbewegung definiert. Das ist der Abstand zwischen dem Koordinatenwert zum Mittelpunkt.

**Beispiel:**

G00 X Y Eilgang zum Startpunkt  
G02 X Y A Kreisbewegung mit Radius A.  
G02 X Y Kreisbewegung mit dem gleichen Radius.

Der Radius wird nur bei dem ersten Kreisbefehl eingegeben, wenn er sich nicht ändert. Wird ein zu den XY- Koordinaten falscher Radius programmiert, so korrigiert der Computer diesen entsprechend den XY- Koordinaten.



Für das Vorzeichen des Radius gilt:

Ein positives Vorzeichen bewirkt einen Kreisbogen kleiner oder gleich 180°. Ein negatives Vorzeichen bewirkt einen Kreisbogen größer 180 Grad.



---

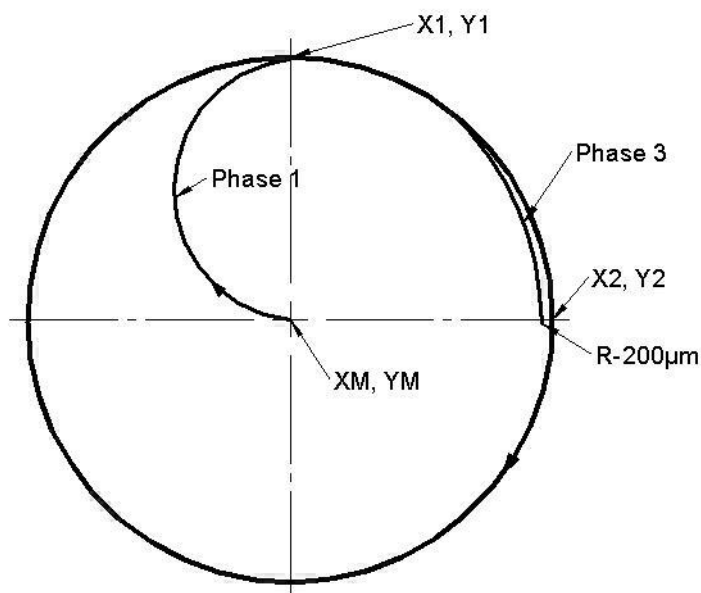
## Fräsbefehle

Programmierung Excellon Format

Format 1	Format 2	Beschreibung
M15	M15	Z- Achsenfräsposition. Dieser Befehl wird bei der CNC SCHMOLL X30 nicht benötigt, da die Z- Achse beim Fräsen automatisch gesenkt wird. Er kann aber geschrieben werden, um zu EXCELLON kompatibel zu sein. Die CNC SCHMOLL X30 überliest diesen Befehl.
M16	M16	Z- Achsen nach oben mit Fräsendfunktion. Mit diesem Befehl wird bei Beendigung der Fräsequenz automatisch <b>ca. 5 mm</b> vor dem Ende der Frässtrecke der gleitende Niederhalter ausgelöst.
M17	M17	Z- Achse nach oben. Dieser Befehl wird bei der CNC SCHMOLL X30 nicht benötigt, da die Z- Achse bei Beendigung der Fräsequenz automatisch angehoben wird. Er kann aber geschrieben werden, um zu EXCELLON kompatibel zu sein. Die CNC SCHMOLL X30 überliest diesen Befehl.
G32	G32	Vollkreisfräsen im Uhrzeigersinn.
G33	G33	Vollkreisfräsen gegen Uhrzeigersinn. Dient zum Fräsen von Innenkreisen. Diese Befehle schließen ein:  Spindel <b>ab</b> , Kompensation <b>ein / aus</b> , Spindel <b>auf</b> , sowie Einstechen und Fräsende nicht am Kreis. Die korrekte Befehlsform lautet: <b>G32XnnnYnnAnn</b> . Dabei ist <b>XnnYnn</b> die Lage des Kreismittelpunktes und <b>Ann</b> der Kreisradius. <b>Xnn</b> oder <b>Ynn</b> oder <b>Ann</b> können entfallen, wenn sich der Wert gegenüber dem vorherigen Fräsvorgang nicht geändert hat.
	G49	Rechteck fräsen im Uhrzeigersinn Programmierbeispiel: G49 Xnn Ynn Inn Jnn Xnn / Ynn = Koordinaten des Mittelpunktes Inn / Jnn = Außenabmessungen in X / Y-Richtung Fräserradiuskompensation erfolgt intern, ist im Befehl enthalten.
	G50	Wie G49 aber Gegen-Uhrzeigersinn

**Anmerkung:**

**G32** oder **G33** muß immer eingegeben werden. Auch wird bei G32 und G33 immer die Kompensation eingeschaltet. Der Befehl generiert eine Befehlssequenz die bewirkt, daß der Fräser im Kreismittelpunkt eintaucht, einen Halbkreis mit halbem Radius fährt, eine 360 Grad Bewegung mit vollem Radius ausgeführt und dann mit einem um 200 µm kleineren Radius unter neu berechnetem Kreismittelpunkt einen Viertelkreis fährt und dann wieder aushebt.

**Beispiel: Kreisfräsen**

Der Block **G32XnnYnnAnn** würde den obigen Kreis fräsen, wobei die folgende Block- Sequenz entstehen würde:

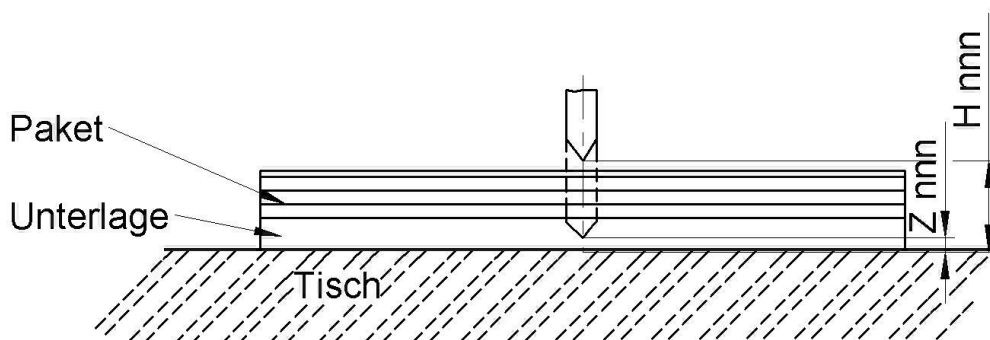
```
G00 X M Y M  
G02 X 1 Y 1 A ( A = R / 2 )  
G02 A ( A =R )  
G02 X 2 Y 2 A ( A = R - 2 / 10 mm
```

**Bitte beachten Sie, daß die Fräserradiuskompensation intern erfolgt.**

Mit den nachfolgend beschriebenen Befehlen ist es möglich, die Position der Z-Achse im Programm zu verändern. Die Z-Achse ist damit programmierbar. Die Werte für den oberen Totpunkt ( ZOT ) und den unteren Totpunkt ( ZUT ) werden mit der Ausführung des Blockes in dem die Befehle enthalten sind, aktualisiert. Die Z-Achse fährt automatisch auf die neuen Werte. Die Eingabe erfolgt in 1 / 100 mm. Die Z-Achsenbefehle können nicht innerhalb einer Fräsessequenz verwendet werden

**Es ist zu beachten, daß die zu programmierenden Werte von der Tischebene aus berechnet werden müssen. ( Dies ist erforderlich, damit die Programme maschinenunabhängig sind. )**

Format 1	Format 2	Beschreibung
Hnnnn	Hnnnn	Obere Z-Ebene setzen. Mit Ausführung dieses Blockes fährt die Z-Achse auf den programmierten Wert und der Wert für <b>ZOT</b> in der Anzeige wird modifiziert. Muß als Einzelblock programmiert werden. Kann aber mit einem Z- Befehl in einem Block stehen.
Znnnn	Znnnn	Untere Z-Ebene setzen. Mit Ausführung dieses Blockes wird der untere Totpunkt der Z-Achse auf den programmierten Wert in der Anzeige gesetzt. Mit Ausführung des nächsten Bohr- oder Fräshub fährt die Z-Achse den neuen Wert an. Muß als Einzelblock programmiert werden. Kann aber mit einem H-Befehl in einem Block stehen.



## Teileprogramme und ihr Aufbau

Der nachfolgend beschriebene Aufbau von Teileprogrammen ermöglicht eine volle Ausnutzung aller Möglichkeiten der CNC und vereinfacht die Programmierung erheblich.

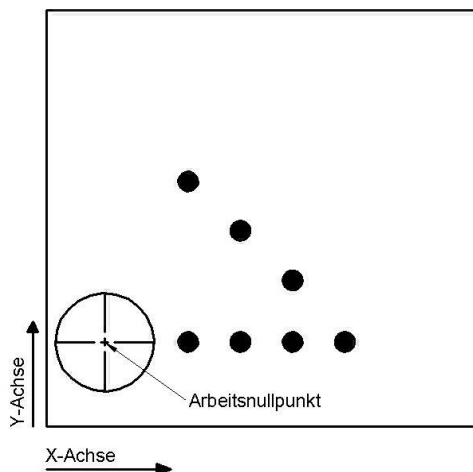
### Programmbasis

Die Basis eines jeden Programmes ist, daß die Bohrposition als XY- Koordinaten eingegeben werden. Bestimmte zusätzliche Befehle bewirken Werkzeugwechsel und Programmende.

### Beispiel:

Befehl

Funktion



%	Stop Rückspulen
T1	Werkzeug Nr. 1 wählen
XY	Fahren und Bohren
X20	Fahren und Bohren
X40	Fahren und Bohren
X60	Fahren und Bohren
X80	Fahren und Bohren
X60Y20	Fahren und Bohren
X40Y40	Fahren und Bohren
X20Y60	Fahren und Bohren
M30	Programmende und Rückspulen

## Step und Repeat Programmierung

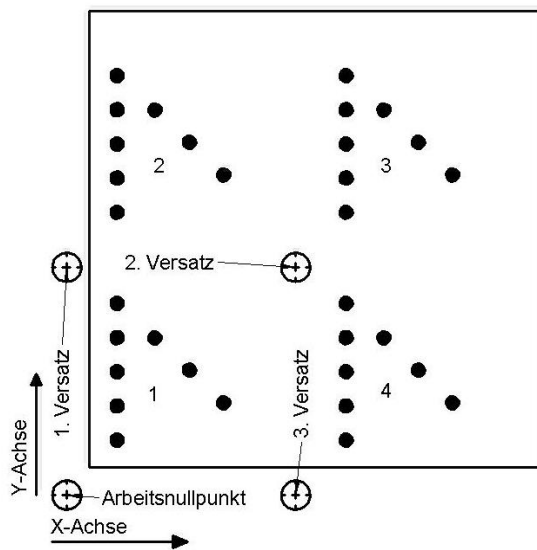
Die Step und Repeat Programmierung erlaubt das Bohren mehrerer Nutzen bei nur einmaliger Programmierung des ersten Nutzers durch Verschiebung des Arbeitsnullpunktes. M25 markiert den Beginn eines zu wiederholenden Bohrbildes und M01 dessen Ende. Die Anzahl der nachfolgenden M02 Befehle ist gleich der zu bohrenden Nutzen. Allerdings ist der letzte M02-Befehl kein Versatzwert. Er bewirkt vielmehr, dass alle vorherigen Nullpunktversetzungen gelöscht und der ursprüngliche Arbeitsnullpunkt wieder hergestellt wird. Alle übrigen M02-Befehle addieren die Nullpunktversetzung für jeden Nutzen. M08 bewirkt, dass das eigentliche Bohrprogramm ab dem M25 so oft wiederholt wird, bis alle M02-Befehle ausgeführt sind.

Das folgende Bild gibt einen Überblick, wie ein Programm mit 4 Nutzen abläuft.

Bohrprogramme	1. Lesung	2. Lesung	3. Lesung	4. Lesung
%	Stop Rück-spulen			
t01	Bohrer-wechsel			
M25	Start Bohr-bild			
Xnn Ynn	Fahr+Bohren	Fahr+Bohren	Fahr+Bohren	Fahr+Bohren
Bohrbild	Bohrbild	Bohrbild	Bohrbild	Bohrbild
Xnn Ynn	Fahr+Bohren	Fahr+Bohren	Fahr+Bohren	Ende+Bohrbild
M01	Ende Bohrb.	Ende Bohrb.	Ende Bohrb.	Ende Bohrbild
M02 Xnn Ynn	Verstanz add	überlesen	überlesen	überlesen
M02 Xnn Ynn	Überlesen	Verstanz add	überlesen	überlesen
M02 Xnn Ynn	überlesen	überlesen	Verstanz add	überlesen
M02	überlesen	überlesen	überlesen	Versatz nullen
M08	Zurück M25	Zurück M25	Zurück M25	Ende
				Step+Repeat
t02				Bohrerwechsel
Xnn Ynn				Fahren + Bohren
Xnn Ynn				Fahren + Bohren
M30				Programmende + Rückspulen

## Step und Repeat Programmierung

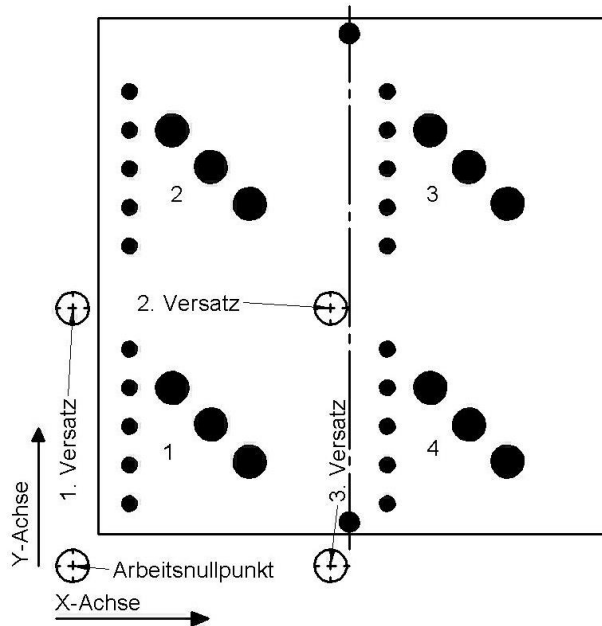
Das untenstehende Beispiel zeigt ein typisches Step + Repeat Programm und die Nullpunktversetzungen als inkrementale Distanz zueinander.



Befehl	Funktion
T01	Werkzeug Nr.1 aufnehmen
M25	Start Bohrbild
X100 Y100	Fahren + Bohren
Y120	Fahren + Bohren
Y140	Fahren + Bohren
Y160	Fahren + Bohren
Y180	Fahren + Bohren
Y120 Y160	Fahren + Bohren
Y140 Y140	Fahren + Bohren
Y160 Y120	Fahren + Bohren
M01	Ende Bohrbild
M02 XY200	1. Step + Repeat + Versatz
M02 X200Y	2. Step + Repeat + Versatz
M02 XY-200	3. Step + Repeat + Versatz
M02	Nullversatz zurücksetzen
M08	Ende Step + Repeat
M30	Prg. Ende + Rückspulen

## Step und Repeat Programmierung

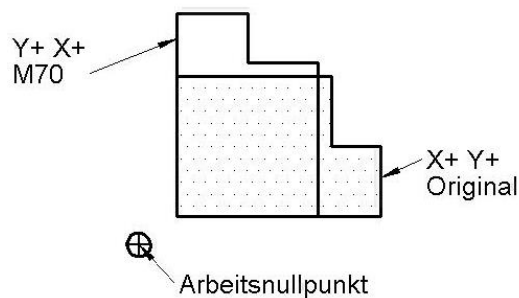
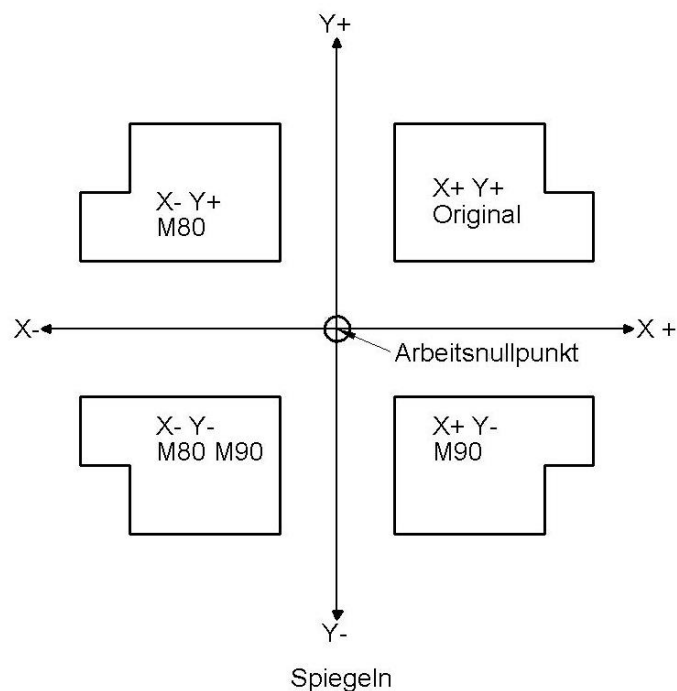
Beispiel für ein Step + Repeat – Programm mit mehreren Werkzeugwechseln und mit Aufnahmebohrungen.



Befehl	Funktion
T01	Bohrer Nr. 1 aufnehmen
XY	1. Aufnahmebohrung
X300 Y300	2. Aufnahmebohrung
T02	Bohrer Nr. 2 aufnehmen
M25	Start Bohrbild
X100 Y100	Fahren + Bohren
Y120	Fahren + Bohren
Y140	Fahren + Bohren
Y160	Fahren + Bohren
Y180	Fahren + Bohren
M01	Ende Bohrbild
M02 XY200	1. Step + Repeat + Versatz
M02 X200Y	2. Step + Repeat + Versatz
M02 XY-200	3. Step + Repeat + Versatz
M02	Zurück zu Arb. Nullpunkt
M08	Ende Step + Repeat
T03	Bohrer Nr. 3 aufnehmen
M25	Start Bohrbild
X120 Y160	Fahren + Bohren
X140 Y140	Fahren + Bohren
X160 Y120	Fahren + Bohren
M01	Ende Bohrbild
M02 XY200	1. Step + Repeat + Versatz
M02 X200Y	2. Step + Repeat + Versatz
M02 XY-200	3. Step + Repeat + Versatz
M02	Zurück zu Arb. Nullpunkt
M08	Ende S + R
M30	Prg. Ende + Rückspulen

## Spiegeln und Achsen tauschen

Die Befehle m70 und m90 bewirken bei Step + Repeat ein Drehen oder Spiegeln oder ein Umlegen der einzelnen Nuten. Ersteres erfolgt durch Umkehrung der Vorzeichen Plus und Minus und letzteres durch Tausch der X und Y Adressen. Sie beeinflussen den Arbeitsnullpunkt und das eigentliche Bohrbild in keiner Weise. Die untenstehenden Bilder zeigen diese Möglichkeiten auf, aber auch wie der Arbeitsnullpunkt liegen sollte.



Tauschen der Achsen



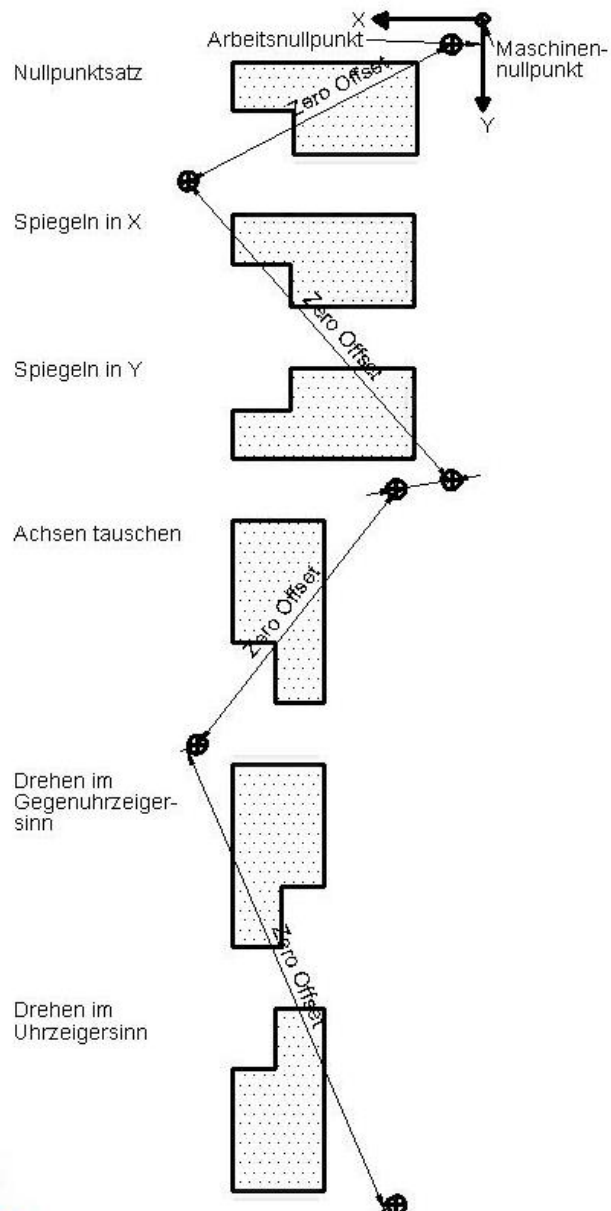
## Spiegeln und Achsen tauschen

Das folgende Beispiel zeigt ein typisches Bohrprogramm mit Step + Repeat, Spiegeln und Tauschen der Achsen. Es ist wichtig, dass die Berechnung der Versatzwerte vorher richtig vorgenommen wurde, da es sonst Probleme geben kann.

Anmerkungen:

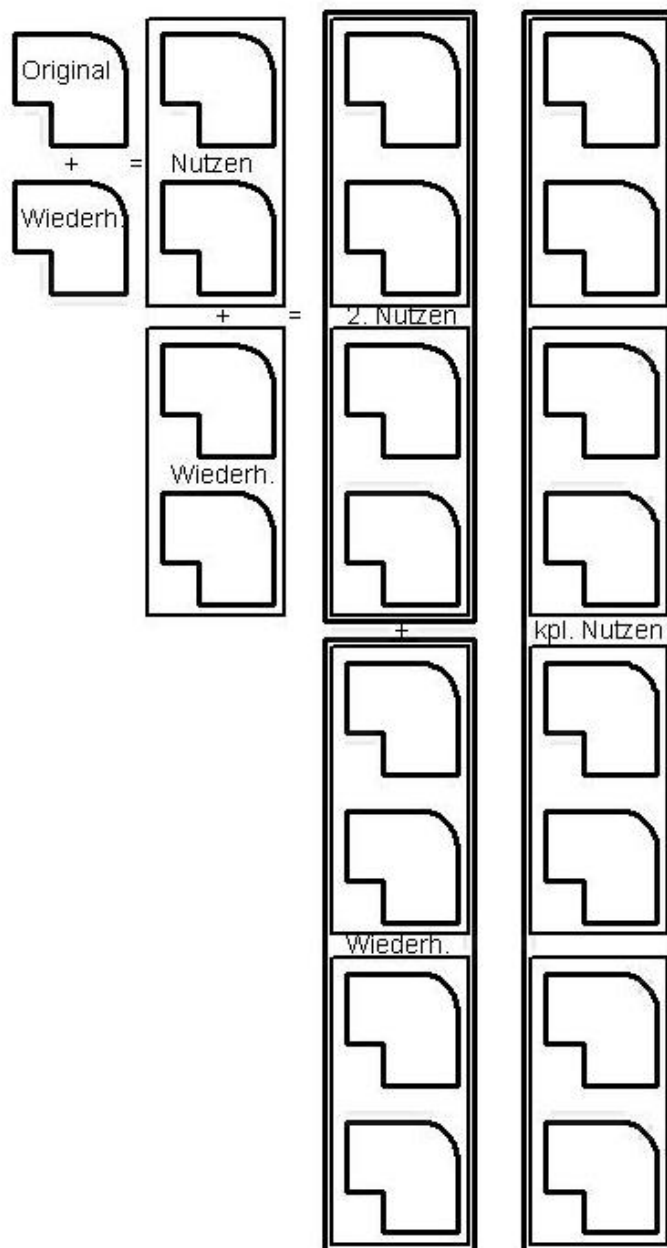
Bitte immer daran denken, dass

1. der Versatzwert immer die inkrementale Entfernung vom letzten Nullpunkt ist, und
2. die Befehle M70, M80 und M90 relativ zum Originalbohrbild sind.

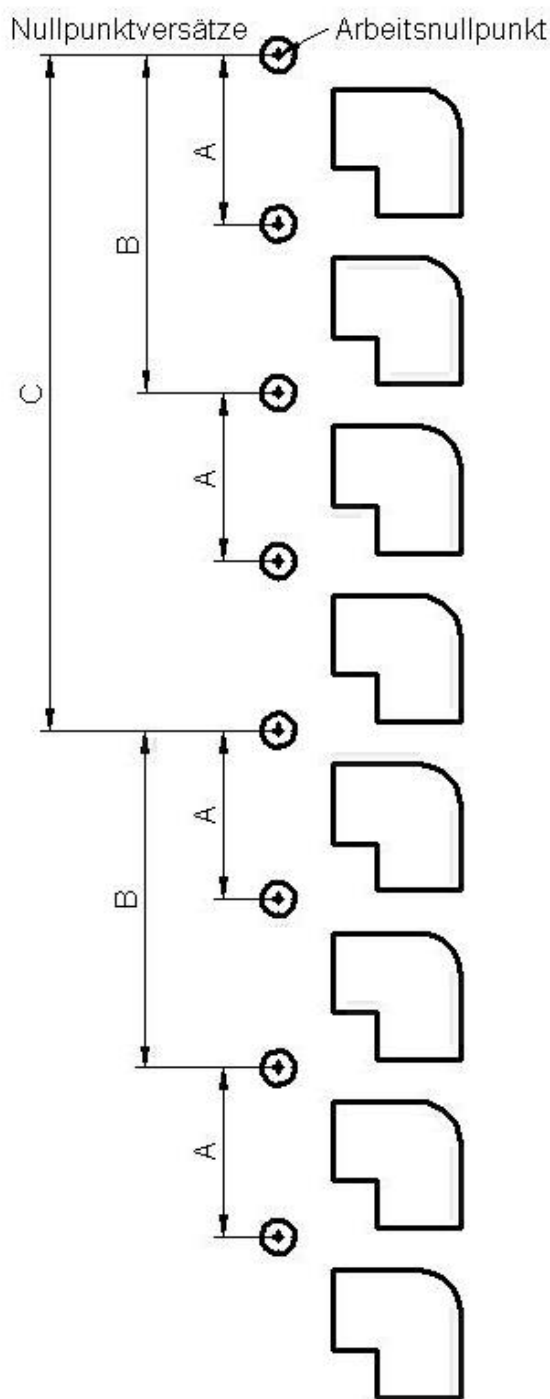


Step und Repeat Programme können in sich nochmals Step und Repeat Nutzen enthalten. So können Bohrbilder mehrfach wiederholt werden bzw. sich praktisch potenzieren, wie auf dem untenstehenden Bild gezeigt wird. Auf der folgenden Seite wird das gleiche Konzept, allerdings in anderer Ausführung, dargestellt. Die Schachtelungstiefe für Nested Step + Repeat beträgt 2-fach.

### Entwicklung des NEST - Step + Repeat



## Nest Step und Repeat mit den Notwendigen Befehlen und Nullpunktversätzen



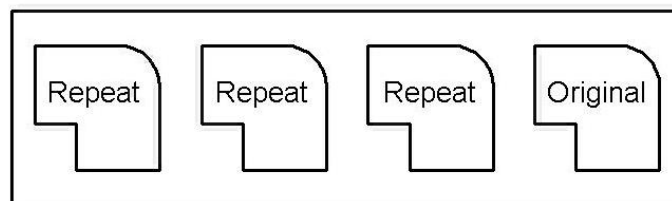
M25	Start Nutzen
Xn Yn	
Xn Yn	Basis Nutzen
Xn Yn	
M01	Ende des Nutzens
M02 Xn	Nested
Yn	Nullpunktversatz A
M02	
M01	Ende des 1. Nest
M02 Xn	Nested
Yn	Nullpunktversatz B
M02	
M01	
M02 Xn	Nested
Yn	Nullpunktversatz C
M02	
M08	
M30	

Besonders bei kleinen Leiterplatten werden die einzelnen Nutzen in einer Achse mehrmals gesteppt, um erstens das Bohrformat der Maschine besser nutzen zu können und zweitens durch weniger „Handling“ zeit zu sparen. Wenn hierbei die Abstände zwischen den einzelnen Nutzen absolut identisch sind, so können die gesamten

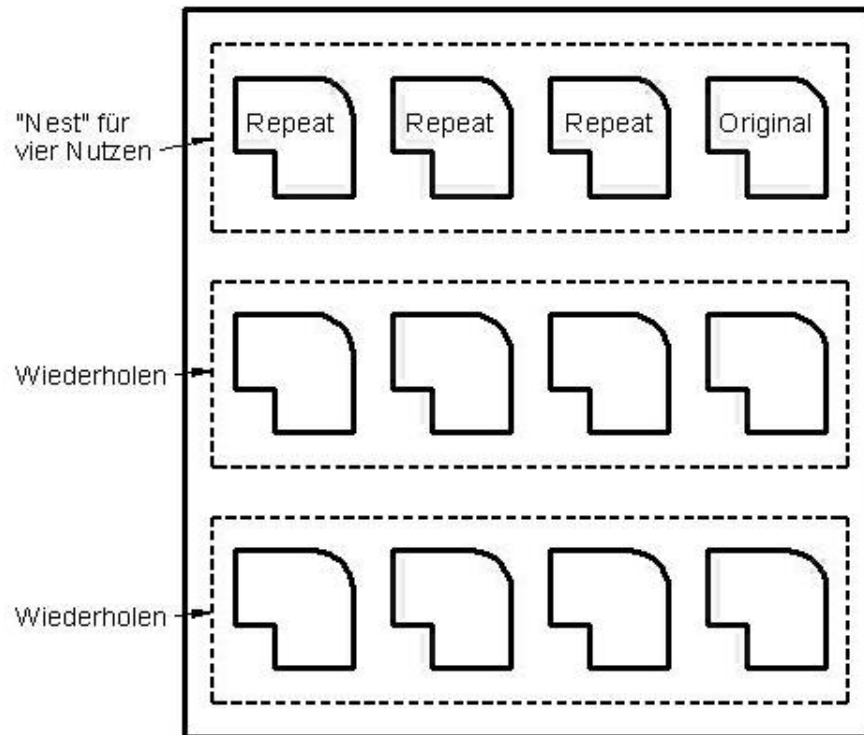
Step + Repeatblöcke einer Achse mit einer R-Funktion (Wiederholung) zusammengefasst werden.

Ohne „R“	Mit „R“
Befehl	Befehl
M25	M25
Bohrbild	Bohrbild
M01	M 01
M02 X200Y	R04 M02 X200 (Step + Repeat Block)
M02 X200Y	M08
M02 X200Y	
M02	
M08	

Bitte beachten Sie, dass das M02, das die akkumulierten Stepwerte zurückstellt, schon im Step + Repeat Block enthalten ist.



An dem folgenden Beispiel wird gezeigt, wie ein solcher Step + Repeat Block mit Hilfe der NEST Step + Repeat Funktion so oft wie benötigt auch in der anderen Achse gesteppt und wiederholt werden kann.



Zweidimensionales verkürztes Step + Repeat, wobei zunächst mehrere Nutzen in einer Achse als „NEST“ zusammengefasst werden und dieses „NEST“ dann in der anderen Achse gesteppt und wiederholt wird.

Der Programm-Kopfteil ist ein Vorspann vor dem eigentlichen Teileprogramm und kann u.a. zum Laden der Werkzeugtabelle des zugehörigen Programms verwendet werden. Er ist nicht als integraler Bestandteil eines Programms gedacht, damit Änderungen einfach und schnell vorgenommen werden können, wenn sich z.B. irgendwelche Werkzeugdaten ändern.

Der Kopfteil kann auch als separater Lochstreifen vor dem eigentlichen Teileprogramm eingelesen werden.

Ein Werkzeug-Kopfteil beginnt mit einem M 48 als Einzelblock. Nach dem M 48 folgen die Werkzeugdaten. Am Schluss muss ein EOB Block stehen (EOB = END OF BLOCK). Das Zeichen % schließt den Programm-Kopfteil ab und dient als Trennung zwischen dem Kopfteil und dem eigentlichen Teileprogramm. Das Zeichen % muss als Einzelsatz geschrieben werden.

Beispiel:

Programm-Kopfteil für Werkzeugdaten

M 48	Beginn Kopfteil Werkzeugdaten löschen
T01 F120 S540	Vorschub und Drehzahl für Werkzeug 1
T02 C1.3	Schnittdaten für Werkzeug 2 aus der Werkzeugliste
etc.	
%	

Von der Steuerung X10 werden nur die Werkzeugdaten übernommen und in die entsprechende Werkzeugtabelle übertragen. Parametrierte Durchmesserwerte werden den entsprechenden Werkzeugaufrufen im Programm zugeordnet, sodass bei der Ausgabe dieser Programme ohne den Kopfteil die Werkzeugparameter immer im Programm enthalten sind.

---

## Zusatzfunktion 2 ½ D-Fräsen (Excellon – Format)

Programmierung Excellon Format

Mit dem Befehl G06 wird die 2 ½ D-Funktion für den nächsten Frässatz aktiviert.

Wirkungsweise:

Die Z-Achse wird auf ZOT gefahren. Dann werden Z-Achse und XY-Bewegung gleichzeitig gestartet. Dabei wird die Z-Achse mit dem Vorschub für Z-Down bewegt. Hat die Z-Achse nach dem ersten Satz ZUT nicht erreicht, stoppt die Tischbewegung bis ZUT erreicht ist.

Beispiel:

G00 X-5	Anfahren X-5 YO
G06	2 ½ D aktivieren
G1 X0 F300	Ab dieser Position ist ZUT immer erreicht
X100	
Y100	
X	
Y	
G0 XY	

---

## Schlitznibbeln (EXCELLON - Format)

Programmierung Excellon Format

Xss Yss G85 Xee Yee

SCHLITZNIBBELN  
Xss Yss STARTPUNKT  
Xee Yee ENDPUNKT

Der mit G85 programmierte Schlitz wird in mehreren Durchgängen gebohrt. Die Beeinflussung der Anzahl von Durchgängen kann als Voreinstellung gewählt und mit dem Kommando

### **NIBL n Enter**

im laufenden Betrieb geändert werden. Der sinnvolle Wertebereich für n ist -3 bis 3 und bedeutet die Anzahl der abzüglichen bzw. zusätzlichen Durchgänge. Das Rücksetzen auf den Voreingestellten Wert erfolgt durch Benutzung des Kommandos ohne Zahlenangabe bzw. durch n=0.

Bei Bohrdurchmessern kleiner 0.8 mm wird ein Durchmesser von 0.8 mm eingesetzt. Ist kein Bohrdurchmesser angegeben, wird bei der Berechnung der Bohrabstände von einem Durchmesser von 3.0 mm ausgegangen.



---

## Programmvorspann (EXCELLON – Format)

Programmierung Excellon Format

M48 Programmvorspann (PROGRAMM HEADER)  
.  
.  
.  
%

Ende Programmvorspann (REWIND STOP)

Der Programmvorspann beginnt mit einem einzelstehenden M48 und schließt mit einem einzelstehenden %-Zeichen (Rückspulstop) ab.

Der Programmvorspann kann Werkzeugdaten und EXCELLON - maschinenspezifische Kommandos enthalten. Von der X30 – Steuerung werden nur die Werkzeugdaten übernommen und in die entsprechende Werkzeugtabelle übertragen. Ein im Vorspann enthaltener Nullpunktversatz (Z, X... Y...) wird wie ein G93 X... Y... im Teileprogramm berücksichtigt.

Beispiel:

M48	Beginn Programmvorspann
Ver,1	EXCELLON Achsenversion
FMAT,2	EXCELLON Format - Kennzeichnung
T1 F2 S35 (F	Vorschub und Drehzahl Werkzeug 1
	Fräserkennung für Vielfach – Werkzeugwechsel
T2 C1.5	Schnittdaten für T2 aus Werkzeugliste
%	Ende Programmvorspann

M95, NAME	Definition Unterprogramm mit Angabe des Namens (max. 6 Zeichen lang)
X... Y... X... Y... X... Y...	Unterprogramm rumpf
M96	Ende des Unterprogramms
M99, NAME	Aufruf des Unterprogramms
X...Y...	Versatzwert für Unterprogramm
P1 X... Y...	Wiederholung des Unterprogramms mit dem Abstand X... Y...
P3 X... Y...	3fache Wiederholung des Unterprogramms mit dem Abstand X... Y...

Als Ergänzung zu den bekannten STEP + REPEAT Programmen ist die Unterprogrammtechnik für die Formate EXCELLON 1, EXCELLON 2 und SPEZIAL vorgesehen. Hierbei können vom Anwender beliebige Programmteile als Unterprogramm definiert und im Hauptprogramm aufgerufen werden.

Die Unterprogramme müssen immer am Anfang des Programms stehen.

In einem Unterprogramm dürfen keine weitere Unterprogramme aufgerufen werden.

Die Koordinaten, mit denen das Unterprogramm aufgerufen wird, wirken auf das Unterprogramm als Versatzwert. Unterprogramme können deshalb inkremental oder absolut geschrieben sein.

Der Befehl für den Nutzenbeginn (M25) darf nicht in einem Unterprogramm stehen.

Werden STEP + REPEAT Versatzwerte als Unterprogramm aufgerufen, darf der Aufruf nur XY ohne Zahlenwert enthalten.

**Beispiel  
Unterprogrammtechnik  
(EXC.2)**

M95, RELAIS	Unterprogramm Definition
X 1.0 Y 0	
X 4.0	
X 11.0	
Y 10.0	
X 4.0	
X 1.0	
M96	Unterprogramm Ende
M95, STEP	Unterprogramm Definition
M01	
M02 X 100.0	
M02 X 100.0	
M02 X -100.0	
M02	
M08	
M96	Unterprogramm Ende
M25	Hauptprogramm Ende
T1	
X 50.0	
X 60.0	
M99, RELAIS	Aufruf Unterprogramm
X 25.0	Versatzwert für Unterprogramm
P1 X 25.0	Wiederholung des Unterprogramms
P3 Y 25.0	3fach Wiederholung des Unterprogramms
M99, STEP	Aufruf Unterprogramm für Versatzwerte
XY	
T2	
X 10.0	
X 20.0	
Y 30.0	
X 20.0	
X 10.0	
M99, STEP	Aufruf Unterprogramm für Versatzwerte
XY	
M30	Programmende

Bei der Abarbeitung des Programms wird an der X30-Steuerung das Fehlen oder einformal falscher Aufbau eines Unterprogramms mit der Fehlermeldung „PROGRAMM 9“ angezeigt.

---

## Klartext – Bohren (EXCELLON- Format)

Programmierung Excellon Format

M97, Text  
X...Y...

Klartextbohren in X-Richtung

M98, Text  
X... Y...

Klartextbohren in Y-Richtung

Die auf M97/M98 folgende XY-Koordinate legt den Bezugspunkt für den zu Bohrenden Text fest.

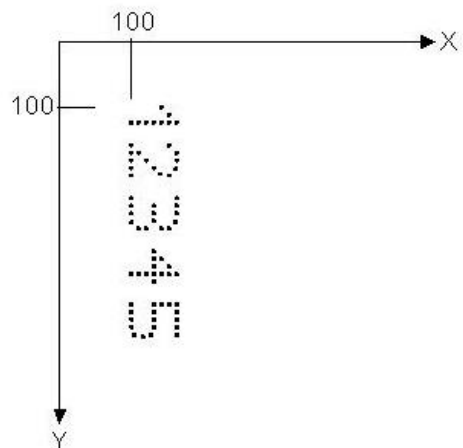
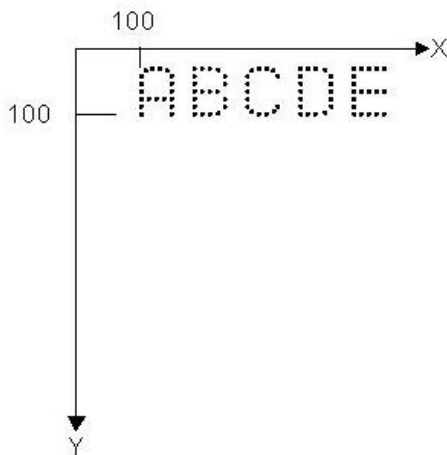
Der Lochabstand ist  $1,2 \cdot$  Bohrdurchmesser. Bei Bohrdurchmessern kleiner 0,8 mm wird ein Lochabstand von 1,2 mm eingesetzt.

Zur Anpassung an verschiedene Achsenlagen können die M97/M98 – Funktionen durch Festlegung in den Maschinenparametern gespiegelt werden.

Beispiel:

M97, ABCDE  
X100. Y100.

M98, -12345  
X100.Y100.



---

## Hinweis – Anzeige (EXCELLON – Format)

Programmierung Excellon Format

M47, Text

Hinweisanzeige (OPERATOR MESSAGE)

Im Automatikbetrieb wird der mit „Text“ bezeichnete Hinweis im Bildschirm angezeigt. Der Hinweis kann maximal 32 Stellen lang sein.

Bei Aktivierung der bedingten Funktion OPTIONAL STOP wird die automatische Abarbeitung mit dem Befehl M42, Text (OPERATOR MESSAGE) angehalten. Weiter mit Taste START.

Bedingte Satzausblendung (OPTIONAL DELETE)

Bei Aktivierung der bedingten Satzausblendung OPTIONAL DELETE wird der mit / gekennzeichnete Satz in der automatischen Bearbeitung nicht berücksichtigt.

---

## Automatisches Runden von Ecken (X10 – EXCELLON – Format)

Programmierung Excellon Format

Wenn beim Fräsen von Geraden die Ecke abgerundet werden soll, ist dafür die Eingabe eines NC-Satzes mit der Radius – Funktion erforderlich. Außerdem müssen die Koordinaten der Schnittpunkte Gerade – Kreis und Kreis – Gerade errechnet werden. Dies ist bei Geraden, die sich nicht im Winkel von 90° schneiden aufwendig. Durch die Eckenrunden – Funktion ist die Programmierung solcher Konturen wesentlich vereinfacht.

Programm ohne Eckenrunden – Funktion:

G00	X 100.0 Y 100.0	: Anfahren Startpunkt
G01	X 195.0 Y 100.0 F 200	: 1. Gerade
G03	X 200.0 X 105.0 A 5.0	: runde Ecke
G01	X 200.0 Y 200.0	: 2. Gerade
G00	X Y	: Ende der Frässtrecke

Programm mit Eckenrunden – Funktion:

G00	X 100.0 Y 100.0	: Anfahren Startpunkt
G01	X 195.0 Y 100.0 F 200 A 5.0	: 1. Gerade und Radius
	X 200.0 Y 200.0	: 2. Gerade
G00	X Y	: Ende der Frässtrecke

Wie in dem Beispiel gezeigt, wird die Ecke zunächst ohne Radius programmiert, d.h. es werden die Schnittpunkte der Geraden eingegeben. Zusätzlich wird nun an den 1. Frässatz der Radius „A“ angehängen. Die Berechnung der Schnittpunkte Gerade – Kreis und Kreis – Gerade erfolgt automatisch. Dies ist auch möglich bei Geraden, die sich nicht mit 90° schneiden. Die Radius – Funktion ist nicht modal wirksam, d.h. die Radiuseingabe gilt nur für die Ecke, in der sie programmiert wurde.

Die Werkzeugsequenzierung (intelligentes STEP and REPEAT) kann in Bohrbildwiederholungen (STEP and REPEAT) der Formate SPEZIAL, EXC.1 und EXC.2 ausgenutzt werden. Im Format SPEZIAL ist die Werkzeugsequenzierung immer in Verbindung mit mehrfach geschalteten STEP and REPEAT notwendig.

In einem einmalig zu durchlaufenden Programmteil (ohne STEP and REPEAT), werden die einzelnen T-Funktionen direkt ausgeführt.

Wenn im Satz nach der ersten M25-Funktion (Nutzenbeginn) eine einzelstehende T-Adresse programmiert ist, werden die T-Funktionen so ausgeführt, dass für das gesamte Bohrbild (bis M27 bei SPEZIAL und EXC.1, bis M08 bei EXC.2) zunächst alle Bohrungen für das erste Werkzeug abgearbeitet werden, dann für das zweite Werkzeug usw.

Steht im Satz nach der ersten M25-Funktion (Nutzenbeginn) keine einzelstehende T-Adresse, werden die T-Funktionen so ausgeführt, wie sie programmiert sind.



---

## Beispiel 1 Format EXC.2 Werkzeugsequenzierung:

Programmierung Excellon Format

M25		Nutzenanfang
T1		
..		
..		
T2		
..		
..		
T3		
..		
..		
T4		
..		
..		
M01		Ende des Nutzen in Ebene 0 (Basisnutzen)
M02	X.. Y..	Versatzwert zum Nutzen in Ebene 0
M02		
M01		Ende des Nutzen in Ebene 1
M02	X.. Y..	Versatzwert zum Nutzen in Ebene 1
M02		
M01		Ende des Nutzen in Ebene 2
M02	X.. Y..	Versatzwert zum Nutzen in Ebene 2
M02		
M08		Ende der Versatzwerte

Abarbeitungsreihenfolge für Beispiel 1 Format EXC.2

- 1) T1 wird für den Basisnutzen und alle Versatzwerte abgearbeitet.
- 2) T2 wird für den Basisnutzen und alle Versatzwerte abgearbeitet.
- 3) T3 wird für den Basisnutzen und alle Versatzwerte abgearbeitet.
- 4) T4 wird für den Basisnutzen und alle Versatzwerte abgearbeitet.

---

## Beispiel 2 Format EXC.2 Ohne Werkzeugsequentierung

Programmierung Excellon Format

M25		Nutzenanfang
G05		Im Satz nach dem ersten M25 ist keine einzelstehende T-Adresse programmiert
T1		
..		
..		
T2		
..		
..		
T3		
..		
..		
T4		
..		
..		
M01		Ende des Nutzen in Ebene 0 (Basisnutzen)
M02	X.. Y..	Versatzwert zum Nutzen in Ebene 0
M02		
M01		Ende des Nutzen in Ebene 1
M02	X.. Y..	Versatzwert zum Nutzen in Ebene 1
M02		
M01		Ende des Nutzen in Ebene 2
M02	X.. Y..	Versatzwert zum Nutzen in Ebene 2
M02		
M08		Ende der Versatzwerte

Bei der Abarbeitung dieses Beispiels werden im Basisnutzen und in jedem Versatz jeweils vier Werkzeugwechsel ausgeführt, d.h. es finden insgesamt 32 Werkzeugwechsel statt.

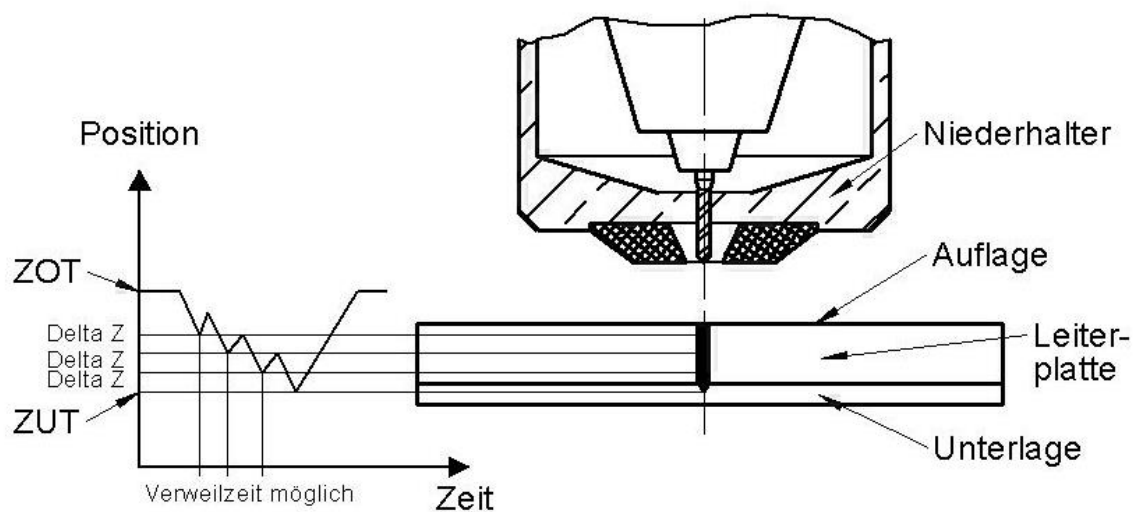
Bei Einsatz der Werkzeugsequentierung wird die Anzahl der Werkzeugwechsel auf das notwendige Maß von insgesamt 4 reduziert.

## X30-Tiefenbohren / Ausspannzyklus (EXCELLON – Format) (Option)

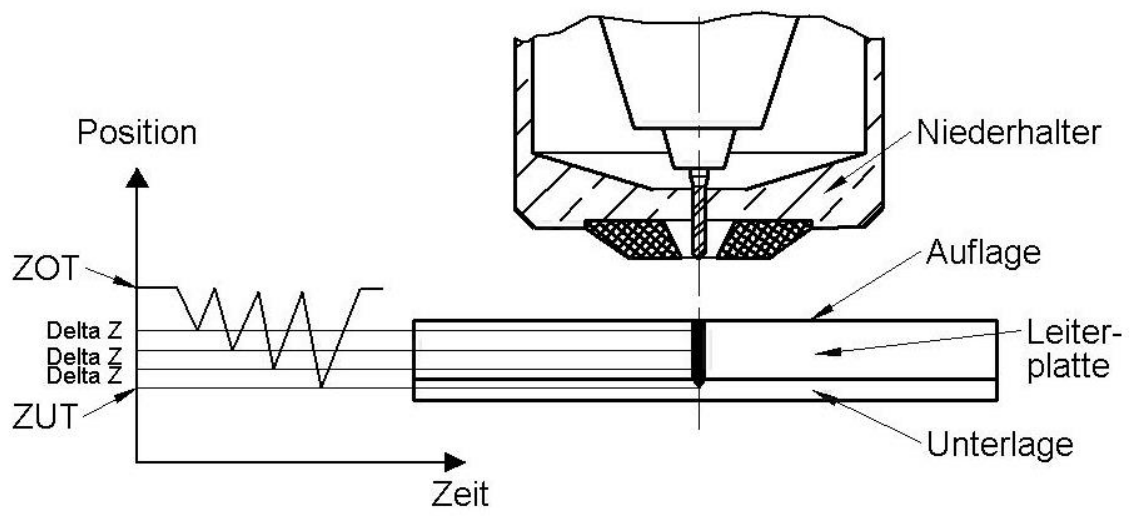
Programmierung Excellon Format

G 8 Z 2.0	Tiefenbohren einschalten Z-Wert entspricht der Eintauchtiefe
G 9	Tiefenbohren ausschalten
G 10 Z 1.0	Ausspannzyklus einschalten Z-Wert = Tiefendifferenz (delta Z)
G 10 Z 1.0 H 1.0	Spanbrechzyklus einschalten Z-Wert = Tiefendifferenz (delta Z) H-Wert = Verweilzeit

Ausspann- und Spanbrechzyklus werden durch einen T-Befehl aufgehoben.



Ausspannen mit Spanbrechen



### Ausspänen mit Rückhub