

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

CNC-Fräsen/CNC-Drehen 1

Grundlehrgang



Fertigungstechnik mit CNC-Werkzeugmaschinen NC-Fräsen und NC-Drehen · CNC 1 – Grundlehrgang

1

Herausgeber: Robert Luz, Albstadt / Neuhausen ob Eck
 Verfasser: Gerhard Braunstetter, Ulm-Eggingen
 Konrad Kaltenbach, Friedrichshafen
 Robert Luz, Albstadt / Neuhausen ob Eck
 Fritz Thälhofer, Ulm/Tübingen
 Mitarbeiter: Carl Sauer, Tuttlingen
 Zeichnungen: Rüdiger Reißig und
 Martin Fink, Albstadt-Ebingen

GLIEDERUNG UND THEMENÜBERSICHT

Die Gliederung des vorliegenden Lehrbuches »CNC 1-Grundlehrgang« ist durch Großbuchstaben von A bis F gekennzeichnet.
 Jeder Großbuchstabe steht für ein Hauptkapitel. Die einzelnen Kapitel sind in sich durch angehängte Ziffern weiter in Abschnitte unterteilt, z.B. A1 und A2. Dadurch lassen sich die verschiedenen Themenbereiche sicher und schnell aufschlagen.
 Eine ausführliche Inhaltsangabe der einzelnen Abschnitte erfolgt innerhalb des Lehrgangs immer am Beginn eines neuen Abschnittes.

Themenübersicht

	Seite
Vorwort	2
A Einführung	
A1 Numerisches Steuern von Werkzeugmaschinen	3–6
A2 Baugruppen und Funktionen von CNC-Werkzeugmaschinen	7–9
B Planung einer NC-Bearbeitung	
B1 Geometrische Grundlagen	10–38
B2 NC-Werkzeuge und Schnittwerte	39–43
B3 Programmaufbau nach DIN 66025	44–51
B4 Vorbereitung und Planung einer NC-Bearbeitung	52–57
C Programmierung 1	
C1 Nullpunktverschiebung und Werkzeugkorrektur	58–64
C2 Fräseradius-Bahnkorrektur	65–71
C3 Drehen mit CNC-Maschinen	72–78
D Steuerung von CNC-Werkzeugmaschinen	
D1 Informationsverarbeitung	79–86
D2 Steuerungsarten	87–89
D3 Konstruktive Merkmale von CNC-Werkzeugmaschinen	90–95
E Programmieraufgaben 1	
Bemerkungen zu den Programmieraufgaben 1	96–97
9 Aufgaben zum Fräsen (Werkstückzeichnungen F 1 – 1 bis F 3 – 7)	98–115
5 Aufgaben zum Drehen (Werkstückzeichnungen D 1 – 1 bis D 3 – 3)	116–125
F Anhang	
F1 Steuerungs- und Maschinendaten	126–130
F2 Werkzeugdaten und Schnittwerte beim Fräsen, Bohren und Drehen	131–133
F3 Formulare (Arbeitsformulare und Kopiervorlagen)	134–137
F4 Befehlslisten zur NC-Programmierung	138–144



RKL-Lehrmittel GmbH
 Meßkircher Straße 9
 D-7201 Neuhausen 1
 Telefon 0711 / 617077
 Telex 723510

3. verbesserte Auflage
 © 1990, Copyright by RKL-Lehrmittel GmbH
 Alle Rechte vorbehalten. **Vervielfältigungen**
 jeglicher Art sowie Übertragung und Übersetzung
nicht gestattet.
 Nachdruck verboten.
 Printed in W-Germany



Fotosatz und Druck **ebros** Albstadt-Ebingen

Bestellzeichen für Teil 1
 Schülerausgabe CNC 1
 Lehrerausgabe CNC 1-L

Vorwort

Numerisch gesteuerte Maschinen sind für das wirtschaftliche Fertigen von Werkstücken von großer Bedeutung. Das Vordringen numerischer Fertigungssysteme beschränkt sich seit langem nicht mehr nur auf große und mittlere Industriebetriebe. Gerade Handwerksbetriebe und kleinere Industriebetriebe haben die spezifischen Vorteile von numerisch gesteuerten Maschinen erkannt und setzen diese verstärkt ein. Parallel dazu steigt der Bedarf an qualifizierten Mitarbeitern, die diese Maschinen programmieren, einrichten und sachgerecht bedienen können.

Der von RKL herausgegebene CNC-Lehrgang will zu dieser Qualifizierung beitragen.

Der RKL-Lehrgang

»FERTIGUNGSTECHNIK MIT CNC-WERKZEUGMASCHINEN« besteht aus den 2 Teilen:

CNC 1 – Grundlehrgang · NC-Fräsen und NC-Drehen

und

CNC 2 – Aufbaulehrgang · NC-Fräsen und NC-Drehen

Der vorliegende Teil »CNC 1 – Grundlehrgang« bietet einen leicht erlernbaren und praxisgerechten Einstieg für künftige Bediener und Programmierer von CNC-Werkzeugmaschinen. Vorausgesetzt wird dabei, daß die Benutzer des Lehrbuches die Zerspanungstechniken für das Bohren, Fräsen und Drehen kennen. Für die mathematischen Berechnungen wird die Kenntnis des Lehrsatzes des Pythagoras und der Winkelfunktionen vorausgesetzt.

Bei der Konzeption des Grundlehrgangs stand als Ziel im Vordergrund:

Der Lernende soll nach Durcharbeiten des Lehrgangs einfachere Bearbeitungsaufgaben für das Fräsen und Drehen selbstständig programmieren können.

Der Aufbau des »CNC 1 – Grundlehrgang« ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:

- Die Programmierung bezieht sich auf »Modellmaschinen«. Die zu erstellenden Teilprogramme werden steuerungsmaschinenneutral nach DIN 66025 programmiert.
- Die Planung der NC-Bearbeitung erfolgt an lernzielorientierten Fertigungsaufgaben. Nach dem didaktischen Modell »konzentrischer Kreise« werden mit jedem programmierten Werkstück die erlernten Kenntnisse der NC-Technik weiter vertieft.
- Die einzelnen Kapitel und Abschnitte enthalten Aufgaben **a** zur Lernkontrolle. Die Programmieraufgaben in Kapitel E sollen zur weiteren Vertiefung anregen. Zur leichteren Handhabung sind die Zeichnungen der zu programmierenden Fräs- und Drehteile heraustrennbar.
- Als Planungsunterlagen für die Programmierung stehen im Anhang passende Steuerungs-, Maschinen- und Werkzeugdaten sowie praxisgerechte Formulare zur Verfügung. Die beigefügten Leerformulare ermöglichen das Erfassen von steuerungsmaschinenspezifischen Funktionen.
- Die einzelnen Kapitel sind durch Großbuchstaben gekennzeichnet. Dadurch sind die in Themenübersichten angegebenen Kapitel und Abschnitte schnell und sicher zu finden.

Albstadt / Friedrichshafen / Ulm

2

Kapitel A dient zur Einführung. Die grundsätzliche Funktionsweise von CNC-Maschinen wird kurz dargestellt.

Kapitel B behandelt die geometrischen Grundkenntnisse und die Grundlagen der Programmierung. Wegen der Systematik (einheitliche Gestaltung) sind in diesem Kapitel auch Beispiele zur Konturpunktberechnung von Werkstücken enthalten, die erst im »CNC 2 – Aufbaulehrgang« programmiert werden. Damit sich der Lernende möglichst rasch mit der eigentlichen Programmierung beschäftigen kann, sollten die Berechnungen jeweils erst in Verbindung mit der Programmierung der entsprechenden Fräs- und Drehteile erfolgen.

Die Ergebnisse für die Punktberechnungen wurden entsprechend den Regeln für das Runden von Zahlen auf bzw. abgerundet. Nach DIN 1333 wird aufgerundet, wenn auf die letzte anzugebende Stelle als nächste Ziffer 5 oder größer als 5 folgt (z.B. 13,4565 $\approx$ 13,457). Es wird abgerundet, wenn die betreffende Ziffer kleiner als 5 ist (z.B. 24,3784 $\approx$ 24,378).

Bei Berechnungen mit Winkelfunktionen wurde der angezeigte Funktionswert des Rechners nicht gerundet. Der meist mehrstellige Wert wurde im Rechner belassen und damit weitergerechnet. Dies vergrößert die Genauigkeit der berechneten Maße und Punkte und führt in der Praxis zu einer höheren Qualität der erzeugten Produkte.

Kapitel C enthält die Nullpunktverschiebung und die Werkzeugkorrektur sowie die Fräserradius-Bahnkorrektur. Das Drehen mit CNC-Maschinen wird ebenfalls in diesem Kapitel behandelt.

Kapitel D behandelt die Steuerung von CNC-Werkzeugmaschinen. Die Informationsverarbeitung und die Steuerungsarten werden ausführlich dargestellt. Auch wird auf die konstruktiven Merkmale von CNC-Werkzeugmaschinen eingegangen.

Kapitel E enthält als Aufgabensammlung didaktisch-methodisch geeignete Fräs- und Drehteile, die in ihrem Schwierigkeitsgrad ansteigen.

Das Programmieren und Bearbeiten der Fräs- und Drehteile soll zur Vertiefung und Festigung der bis dahin erworbenen Kenntnisse beitragen.

Kapitel F beinhaltet den Anhang. In ihm findet man als Rüstzeug für die fertigungsgerechte Planung der zu programmierenden Bearbeitungsaufgaben entsprechende Steuerungs-, Maschinen- und Werkzeugdaten sowie praxisgerechte Formulare.

Die Leerzeilen in den Befehlslisten ermöglichen das Erfassen und Festhalten von steuerungsmaschinenspezifischen Besonderheiten.

Für Ausbilder und Lehrer sowie für Lernende, die sich den Unterrichtsstoff im Selbststudium aneignen wollen, steht ein Lehrerband mit Lösungsvorschlägen zur Verfügung.

Für die verwendeten Begriffe, Definitionen, Einheiten und Darstellungen wurden die entsprechenden DIN-Normen beachtet und berücksichtigt.

Die Verfasser haben sich bemüht, das Lehrbuch »CNC 1 – Grundlehrgang« optimal und praxisgerecht zu gestalten. Für konstruktive Kritik sind sie dankbar.

Herausgeber und Verfasser

B1 Geometrische Grundlagen

1.2 Werkstück-Koordinatensystem

In dem Werkstück F 1 – 1 (Bild 1) gehen die Maße von 3 Bezugskanten aus:

von der linken und von der unteren Kante in der Draufsicht sowie von der Oberfläche des Werkstücks in der Vorderansicht.

Um die einzelnen Punkte des Werkstücks bestimmen zu können, legt man ein neues Koordinatensystem so auf das Werkstück, daß dessen Achsen parallel zu den Achsen des Maschinen-Koordinatensystems verlaufen (Bild 1).

Die Bezeichnung der Achsen muß nach der »Rechte-Hand-Regel« erfolgen. Die Z-Werte geben die Bearbeitungstiefe an.

Den Schnittpunkt der Achsen dieses neuen Werkstück-Koordinatensystems nennt man:

Werkstücknullpunkt W



Um Rechenaufwand und Fehlerquellen zu vermeiden, legt man den Werkstücknullpunkt W auf den Schnittpunkt der Bezugskanten für die Werkstückbemaßung.

Die vom Werkstücknullpunkt W ausgehenden Entfernungsangaben bezeichnet man als Koordinaten (Bild 2).

Vom Nullpunkt in Pfeilrichtung gesehen, haben die Koordinaten ein positives Vorzeichen. In der Gegenrichtung ist das Vorzeichen negativ.

Beim Fräsen auf der Senkrechtfräsmaschine MF1 wird der Werkstücknullpunkt in der Regel links unten gewählt (Bild 3). Beim Fräsen auf der Universalfräsmaschine MF2 wählt man ihn rechts unten (Bild 4).

In beiden Fällen sind dann beim Fräsen die Koordinatenwerte X und Y bzw. X und Z in der Draufsicht positiv.

Der Werkstücknullpunkt und der Maschinennullpunkt liegen im allgemeinen nicht aufeinander. Ihr Abstand muß der Steuerung mitgeteilt werden; (Nullpunktverschiebung siehe Abschnitt C1).

a Welche Koordinatenwerte haben die Punkte A bis D in der Zeichnung des Frästeils F 1 – 1 (Bild 1)?

Punkte	A	B	C	D
X-Koordinaten	40	40	100	100
Y-Koordinaten	89	89	89	89
Z-Koordinaten	0	-10	-10	0

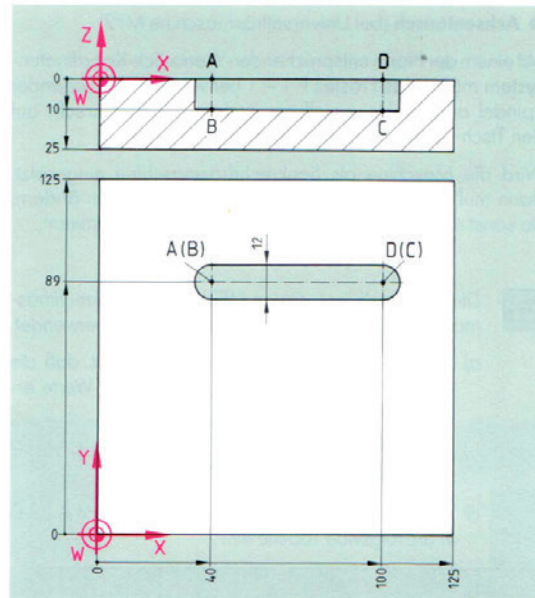


Bild 1: Werkstück-Koordinatensystem am Beispiel einer Platte mit Langloch (F 1 – 1)

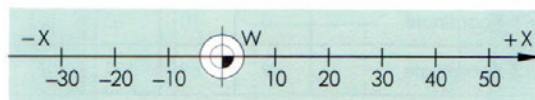


Bild 2: Entfernungsangaben und Vorzeichen an Koordinaten

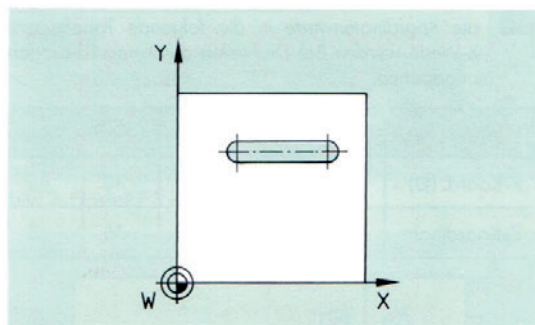


Bild 3: Wahl des Werkstücknullpunkts bei der Senkrechtfräsmaschine MF1

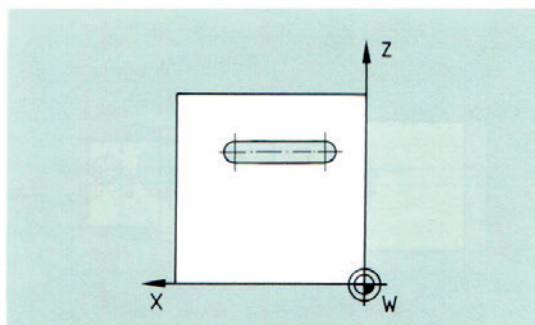


Bild 4: Wahl des Werkstücknullpunkts bei der Universalfräsmaschine MF2

C1 Nullpunktverschiebung und Werkzeugkorrektur

C) Ermitteln der Werkzeuglänge L an der Maschine

Verzichtet man auf das Voreinstellen der Werkzeuge, dann muß der Einrichter die Werkzeuglänge direkt an der Maschine bestimmen. Dazu benützt man ein Abstandsmaß (z.B. Endmaß).

● Beispiel für den Arbeitsvorgang

Bei der Ermittlung der Werkzeuglänge L direkt an der Maschine ist entsprechend der Bilder 1 und 2 wie folgt vorzugehen:

1. Abtasten der Werkstückoberfläche mit der Werkzeugspitze ergibt nach Bild 1 z.B. das Maß $Z_1 = 292,054 \text{ mm}$
2. Abtasten der Werkstückoberfläche mit der Spindelnase N ergibt nach Bild 2 z.B. das Maß $Z_2 = 156,770 \text{ mm}$
3. Werkzeuglänge $L = Z_1 - Z_2 = 292,054 \text{ mm} - 156,770 \text{ mm}$
 $L = 135,284 \text{ mm}$

a Welche Bedeutung haben die Werkzeugmaße (Länge und Radius) beim Erstellen des Teileprogramms?

Im Teileprogramm kommen normalerweise keine Werkzeugmaße vor. Deshalb können prinzipiell – ohne Änderung des Teileprogramms – auch andere Werkzeuge verwendet werden. Zur Werkzeugkorrektur sind die ermittelten Werkzeugmaße vom Maschinenbediener in den Korrekturspeicher der Steuerung einzugeben.

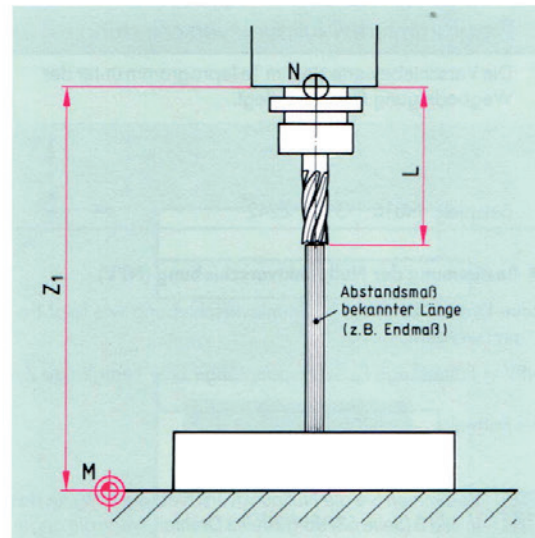


Bild 1: Bestimmen des Maßes Z_1

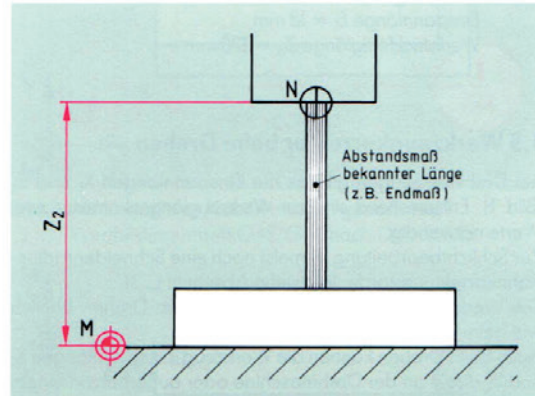


Bild 2: Bestimmen des Maßes Z_2

1.4 Nullpunktverschiebung (NPV) beim Drehen

Für die Nullpunktverschiebung beim Drehen (Bild 3) gelten grundsätzlich die gleichen Überlegungen wie beim Fräsen.

So wird zum Beispiel der Werkstücknullpunkt eines Drehteils auch dort gewählt, wo sich die Bezugsebene der Maßeintragung befindet. Diese liegt bei Drehteilen meistens in der fertig bearbeiteten rechten Planseite.

Wegen der Rotationssymmetrie der Drehteile liegt der Werkstücknullpunkt fast immer auf der Z-Achse.

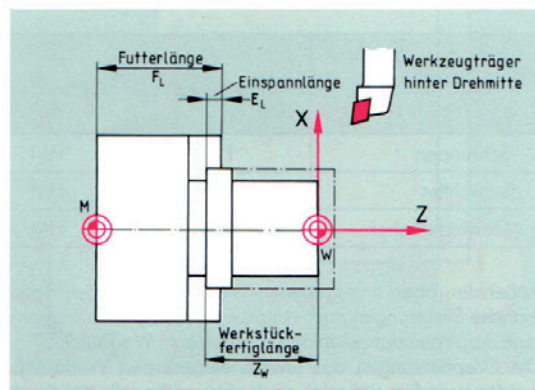


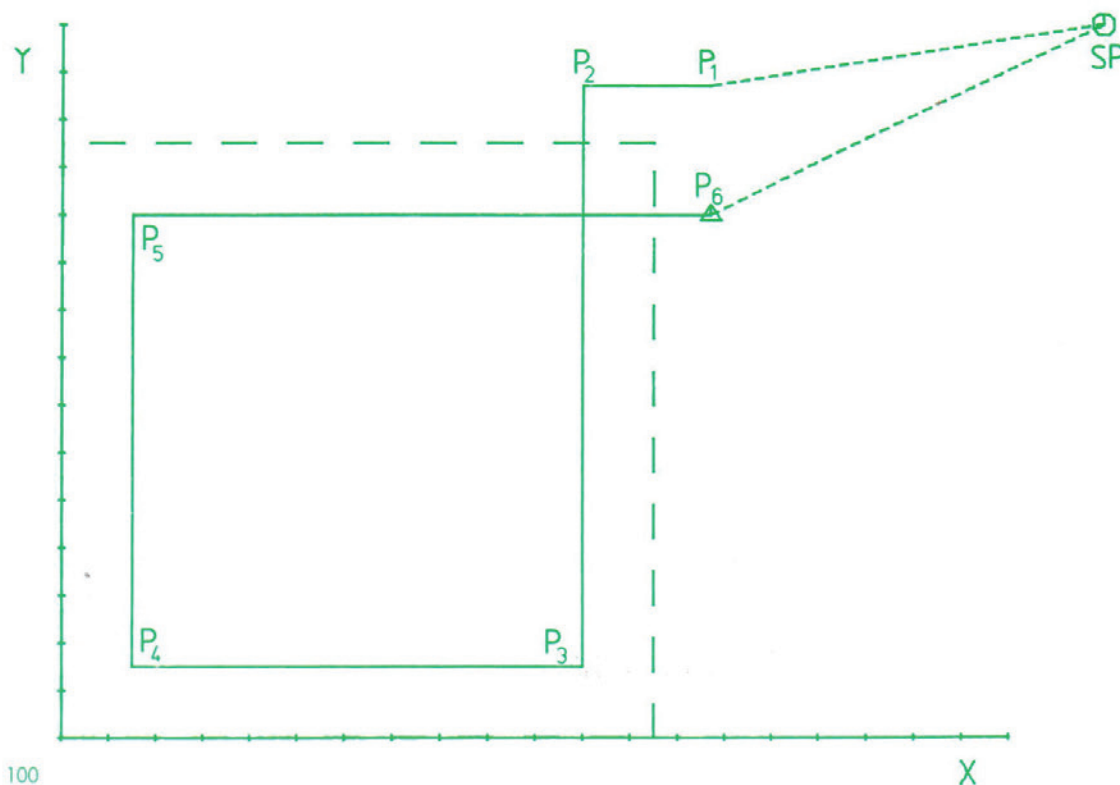
Bild 3: Drehteil in Futter eingespannt

Lösungsvorschlag für Verschlußplatte F 2-1 (Seite 101)

Teileprogramm PF 2-1

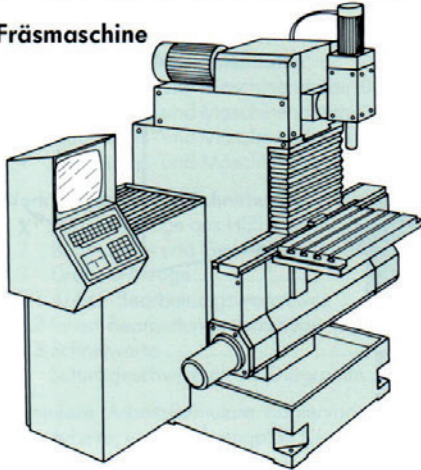
```
%
N010 G17 T1 M06 ( FRAESER 20 MM )
N020 G54
P1 N030 G00 X137 Y137 Z-8 S315 M03
P2 N040 G43 X110
N050 G01 F150 M08
P3 N060 G44 Y15
P4 N070 X15
P5 N080 G43 Y110
P6 N090 X127 M09
N100 G40
N110 G00 Z150 M05
SP N120 X220 Y150
N130 G53 M30
%
```

Plot F 2-1



F1 Steuerungs- und Maschinendaten für CNC-Fräsmaschine

1.2 CNC-Fräsmaschine



Schule: _____

Betrieb: _____

Ort: _____

Name: _____

Datum: _____

Maschine: _____

Steuerung: _____

F

Steuerungsdaten

Steuerungsart: _____

Linearinterpolation: _____

Kreisinterpolation: _____

Auflösung des Meßsystems bzw.

Eingabefinheit: _____

Programmierformat:

N _____ G _____

X _____ Y _____ Z _____

I _____ J _____ K _____ R _____

F _____ S _____ T _____ M _____

Adressenschreibweise: _____

Wort- und Satzlänge: _____

Eingabe der Koordinaten: _____

Eingabe der Spindeldrehzahl: _____

Eingabe des Vorschubs: _____

Programmierbare Zyklen¹:

Bohrzyklen: _____

Fräszyklen: _____

¹ **Zyklen** («mehrere Reihen hängen zusammen») Sie dienen zur Verringerung des Programmieraufwandes. Mehrere Verfahrbewegungen können in einem Programmsatz programmiert werden.

Maschinendaten

Hauptantrieb

Motorart: _____

Drehzahl: _____

Werkzeugaufnahme: _____

Vorschubantrieb

Motorart: _____

Arbeitsvorschub: _____

Beeinflussung: _____

Eilgang: _____

Beeinflussung: _____

Bewegungsbereich: (automatisch / von Hand)

X-Achse: _____

Y-Achse: _____

Z-Achse: _____

Aufspanntisch:

Aufspannfläche (Länge x Breite):

_____ Nuten _____ mm breit
 Abstand _____ mm

Referenzpunkt:

X = _____ Y = _____ Z = _____