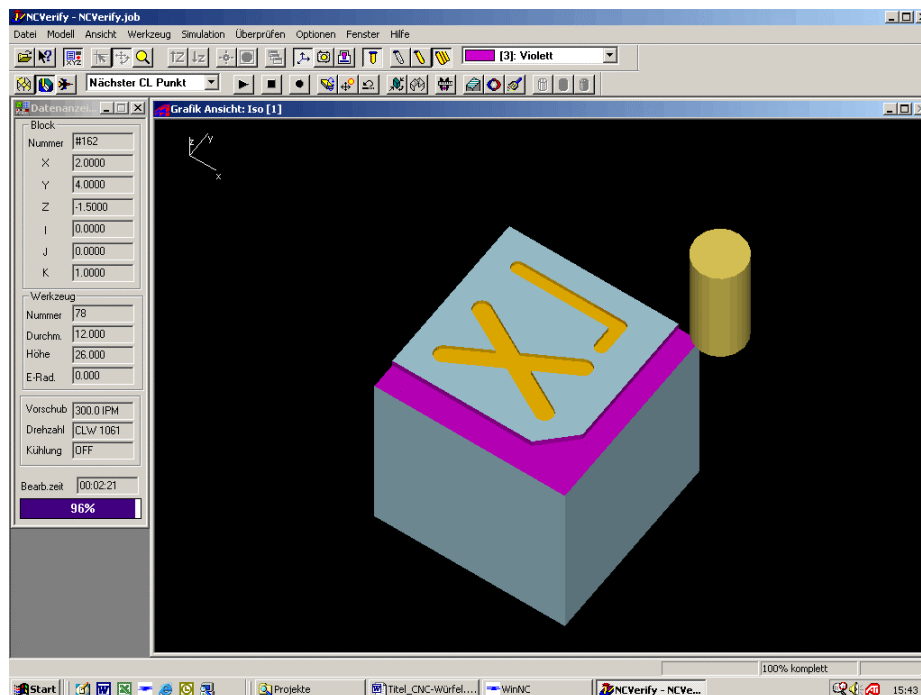
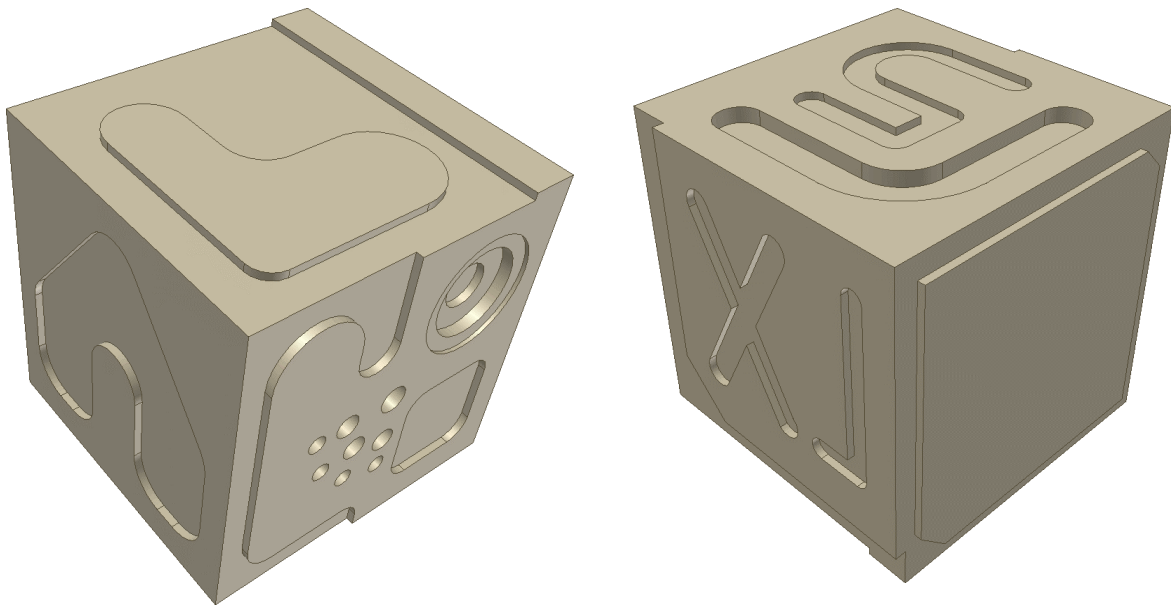


CNC-Würfel

NC-Technik

2004 KW 39-42



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzbeschreibung des Projekts	3
2	Theorie	3
2.1	Nullpunkte und Bezugspunkte	3
2.2	Programmaufbau	4
2.3	Anweisungen für Steuerung von NC-Maschinen	4
2.4	G-Funktionen ⇨ Wegbedingungen	4
2.5	M-Funktionen ⇨ Schaltbefehle	5
2.5.1	Absolut- und Inkrementalmasse	5
2.5.2	Angaben zur Kreisinterpolation	5
3	Arbeitsablauf	6
3.1	Wichtige Infos, Erkenntnisse	6
3.2	Vorbereitung	6
3.3	Programmierung	6
3.4	Maschine	6
4	Checkliste: Inhalt einer Dokumentation	7
5	Entstandene Fehler: Ursachen, Analyse und Verbesserungsvorschlag	7
5.1	Fehler	7
5.2	Analyse	7
5.3	Verbesserungsvorschlag	7
5.4	Prüfprotokolle	7
6	Schlusswort, Erfahrungen, Zufriedenheit	7
7	Anhang	8
7.1	Unterlagen Projekt	8
7.2	Zeichnungen	8
7.3	Laufblätter	8
7.4	Werkzeugpläne	8
7.5	Dokumentationen	8
7.6	Operationspläne	8
7.7	NC-Codes	8

1 Kurzbeschreibung des Projekts

Im Projekt "CNC-Würfel" wird ein Würfel hergestellt.

Der CNC-Würfel wird aus einem EP-Dur-Quader mit der Kantenlänge 45x45x50mm gefräst. Als Vorarbeit liest man sich in die Materie NC-Fräsen, NC-Maschinen, ... ein und lernt die verschiedenen Befehle kennen um die Maschine anzusteuern. Ausserdem muss die Benutzung des Vektorprogramms, des NC-Editors, der NC-Maschine, ... geübt werden.

Der NC-Code (für die Ansteuerung der NC-Maschine nötig) kann im NC-Editor manuell erstellt werden oder über das Vektorprogramm generiert werden.

Die Werkzeuge sind alle nummeriert und ausgemessen, so "weiss" die NC-Maschine automatisch wie gross die Korrektur sein muss, damit das gewünschte Mass gefräst wird.

Der NC-Code wird vom PC auf die NC-Maschine geladen. Die programmierten Werkzeuge werden in den automatischen Werkzeugwechsler eingesetzt. Das zu fräsende Teil wird gemäss dem Aufspannplan auf den Maschinentisch aufgespannt.

Nun kann der Würfel gefräst werden. Beim Umspannen muss immer auf den Nullpunkt geachtet werden, damit die Anordnung auf dem Würfel korrekt ist.

Das Projekt NC-Fräsen soll das NC-Fräsen, die verschiedenen Maschinentypen, die verschiedenen NC-Befehle, das Arbeiten mit dem NC-Editor, das Arbeiten mit dem Vector-Programm, ... näher bringen.

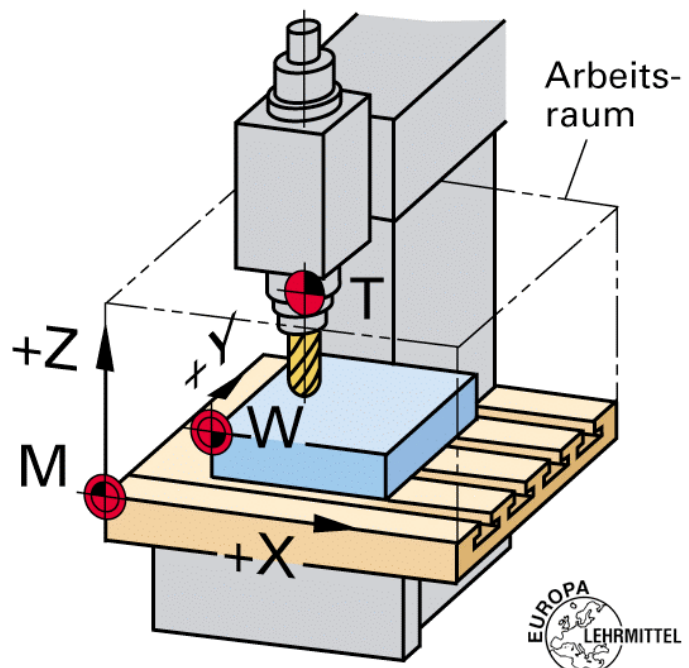
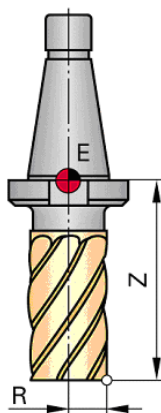
Die folgenden Fertigungsverfahren werden für die Herstellung des CNC-Würfels gebraucht: Fräsen, Bohren.

2 Theorie

Beim Verfahren von Schlitten und beim Programmieren der Koordinaten nimmt man immer an, dass sich das Werkzeug bewegt.

2.1 Nullpunkte und Bezugspunkte

- M Maschinennullpunkt
- R Referenzpunkt
- T Werkzeugträgerbezugspunkt
- W Werkstücknullpunkt
- E Werkzeugbezugspunkt
- P Schneidepunkt

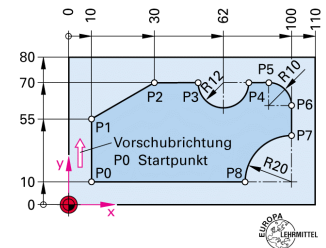


2.2 Programmaufbau

```

%1007 (Werkstückkontur)          Programmanfang, Programmnummer/Benennung (Programmkopf)
...                               vorbereitende Sätze, Werkzeugaufruf
N50   G01           Y55          Geradeninterpolation zum Punkt P1 (1. Satz)
N55           X30   Y70          Geradeninterpolation zum Punkt P2 (2. Satz)
N60           X50                Geradeninterpolation zum Punkt P3 (3. Satz)
N65   G03   X74   Y70   I12   J0  Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn zum Punkt P4
N70   G01   X90                Geradeninterpolation zum Punkt P5
N75   G02   X100   Y60   I0   J-10 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn zum Punkt P6
N80   G01   Y30                Geradeninterpolation zum Punkt P7
N85   G03   Y80   Y10   I0   J-20 Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn zum Punkt P8
N90   G01   X9                Geradeninterpolation bis 1mm über Punkt P0
...
N100   M30                  letzter Satz (Programmende)

```



Grundplatte

2.3 Anweisungen für Steuerung von NC-Maschinen

Für die Steuerung von NC-Maschinen werden die folgenden **Anweisungen** benötigt:

- **Wegbedingungen (G)**, welche die Art der Bewegung bestimmt, z.B. Eilgang, Linear- oder Kreisinterpolation, Ebenenauswahl, Bemassungsart, Korrekturen
- **geometrische Anweisungen (X, Y, Z, A, B, C, ...)** zur Steuerung der Schlittenbewegung
- **technologische Anweisungen (F, S, T)** zur Festlegung von Vorschub (F = **feed**), Spindeldrehzahl (S = **speed**) und Werkzeug (T = **tool**)
- **Schaltbefehle (M)** für Maschinenfunktionen wie zum Beispiel *Werkzeugwechsel*, *Kühlmittelzufuhr* und *Programmende*

2.4 G-Funktionen ⇔ Wegbedingungen

Gruppe	Code	Bedeutung	Parameter
0	G00	Positionieren im Eilgang	
0	G01	Geradeninterpolation	
0	G02	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn	X Y Z (Endpunkt) I J K (Mittelpunkt)
0	G03	Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn	X Y Z (Endpunkt) I J K (Mittelpunkt)
8	G40	Aufheben der Werkzeugbahnkorrektur	
8	G41	Werkzeugbahnkorrektur, Werkzeug links	
8	G42	Werkzeugbahnkorrektur, Werkzeug rechts	
3	G53	Löschen der Nullpunktverschiebung	
5	G59	programmierbare Nullpunktverschiebung	
7	G71	Massangaben in mm	
-	G90	absolute Massangaben	
-	G91	inkrementale Bemassung	
4	G92	Nullpunktverschiebung, Speicher setzen	
2	G94	Bahngeschwindigkeit [mm/min]	
2	G95	Vorschub [mm/Umdrehung]	
-	G96	konstante Schnittgeschwindigkeit [m/min]	
-	G97	Drehzahl [Umdrehungen/min]	

G-Gruppen	Gruppe 0 Bohren, Fräszyklus, Interpolationen	Gruppe 7 Massangaben Zoll/mm
	Gruppe 2 Vorschub	Gruppe 8 Werkzeugbahnkorrektur
	Gruppe 3 Verschiebungen 1,2	Gruppe 9 Achsumschaltungen 1-6
	Gruppe 4 Verschiebung 5	Gruppe 11 Rückzüge
	Gruppe 5 Verschiebungen 3-5	Gruppe 12 Aufruf Bohrbilder
	Gruppe 6 Unterprogramm	

2.5 M-Funktionen ⇨ Schaltbefehle

Gruppe	Code	Bedeutung
0	M03	Spindel EIN, Rechtslauf
0	M04	Spindel EIN, Linkslauf
0	M05	Spindel STOP
3	M08	Kühlmittel EIN
3	M09	Kühlmittel AUS
2	M30	Programmende mit Rücksetzen

M-Gruppen	Gruppe 0	Spindelbefehle
	Gruppe 1	Genauhalt
	Gruppe 2	Programmenden
	Gruppe 3	Kühlung
	Gruppe 8	Richtlogistik, Werkzeugwender
	Gruppe 10	Spiegelfunktion der Achsen

Es dürfen nie Funktionen derselben Gruppe in einem Programmsatz vorkommen!

2.5.1 Absolut- und Inkrementalmasse

Bei der Programmierung mit Absolutmassen (G90) beziehen sich alle Masse auf den Werkstücknullpunkt.

Bei der Programmierung mit Inkrementalmassen (G91) wird der Zuwachs vorangehenden Punkt vorzeichenrichtig angegeben (Kettenmass).

2.5.2 Angaben zur Kreisinterpolation

Drehsinn G02 im Uhrzeigersinn oder G03 entgegen dem Uhrzeigersinn

Koordinaten des Zielpunktes (Kreisendpunkt). Diese sind immer erforderlich, auch wenn einer der Zielpunkte des Kreises mit dem Anfangspunkt übereinstimmt.

Lage des Kreismittelpunktes durch Angabe der Mittelpunktsparemeter oder den Radius

3 Arbeitsablauf

Werkzeugliste **aktivieren**

Operationsplan (= Werkzeugplan, Operationsplan, Laufblatt)

generieren

Dokumentation **generieren**

NC-Zeichnung **generieren**

NC-Code **generieren**

1. Programmkopf
2. Werkzeugwechsel
3. NC-Code
(Werkzeugwechsel)
(NC-Code)
...
4. Programm Ende

3.1 Wichtige Infos, Erkenntnisse

Tasche fräsen: Fräserradius < An-/Auslaufradius < Konturabstand

Infos zu CNC-Würfel (gilt für EP-Dur)	Speed (Drehzahl) [U/min] < 4000 U/min
	Feed (Vorschub) [mm/min] ≤ 300 mm/min
	Tool T03 (Beispiel)
	Schnittgeschwindigkeit $v_c = 35$ m/min
	Vorschub pro Zahn 0.1/Zahn

3.2 Vorbereitung

Für das erste Fräsen mit einer CNC-Maschine werden verschiedenste Hilfsmittel benötigt und ist einiges an Grundlagenwissen erforderlich.

Neben dem Einlesen in die Materie ist das Anwenden der Programme WinNC, Vector, Word und Excel erforderlich. Die Programmverwaltung (Reservieren, Ablegen gemäss Checkliste) ist auch ein wichtiger Bestandteil der CNC-Bearbeitung.

Die Vorbereitung nimmt den grössten Teil der Zeit ein. Die Fertigungszeit ist verhältnismässig kurz.

3.3 Programmierung

Da das EP-Dur Rohmaterial 45x45x50 mm war, musste eine Seite auf das Mass 45 mm plan gefräst werden. Das Planfräsen wurde direkt im NC-Code-Editor geschrieben. Die einzelnen Seitenflächen wurden im Programm Vector gezeichnet. Der NC-Code wurde automatisch generiert. Die Rechtecktasche, Kreistaschen und die Bohrungen der Würfelseite 6 wurde mit Hilfe des NC-Code-Editors geschrieben.

3.4 Maschine

Der CNC-Würfel wurde mit der EMCO VMC 100 gefräst. Die VMC 100 besitzt einen Werkzeugrevolver, der mit verschiedenen Werkzeugen bestückt werden kann. Ca. 70 Werkzeuge liegen ausgemessen bereit und sind schnell einsatzbereit. Sie ist nur für kleinere Frästeile geeignet, da ihr Fräsbereich eingeschränkt ist. Ausserdem ist die Stabilität der Maschine, wegen ihrer Grösse und ihrem Gewicht, nicht allzu gross.

4 Checkliste: Inhalt einer Dokumentation

	1	2	3	4	5	6
1. Laufblatt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Checkliste der Dokumentation beilegen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Zeichnung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Fertigungsablauf: Operationsplan & Dokumentation (kurze Dokumentation für spezielles Vorgehen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Programm optimiert neueste Version für die Dokumentation vorhanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Aufspannplan (Spannmittel oder Vorrichtungen beschrieben)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Werkzeugplan (Sonderwerkzeuge beschreiben z.B. Halter, usw.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Optimiertes Programm im Datenspeicher sichern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5 Entstandene Fehler:

Ursachen, Analyse und Verbesserungsvorschlag

5.1 Fehler

Unstimmigkeiten wurden während dem Herstellungsprozess korrigiert.

5.2 Analyse

Dank Simulation am Computer sind Überlegungs- bzw. Bedienungsfehler bei der Programmierung schnell sichtbar.

5.3 Verbesserungsvorschlag

Wenn systematisch vorgegangen wird, dann sind Fehler eher auszuschliessen.

5.4 Prüfprotokolle

Ein Prüfprotokoll würde nicht erstellt. Die Kontrolle wurde an den Übungstücken vorgenommen und Unstimmigkeiten wurden laufend korrigiert.

6 Schlusswort, Erfahrungen, Zufriedenheit

Das Arbeiten mit der VMC 100 war sehr lehrreich und spannend. Mir hat die Komplexität und die Vernetzung der verschiedenen Bereiche zugesagt. Das Einlesen in die verschiedenen Bereiche war relativ anstrengend. Meine Aufnahmekapazität war manchmal während dem Projekt wegen dem vielen neuen Wissen ausgelastet. Ich wurde förmlich von neuem Fachwissen überflutet. Das Ausführen, Bedienen, Anwenden, ... des Gelesenen, der Programme und der Maschinen war zeitweise anstrengend, konnte ich aber immer bewältigen. Dank der fortlaufenden Kontrolle während des Arbeitsprozesses konnten verschiedene "Schönheitsfehler" beseitigt werden, so dass schlussendlich ein Produkt gemäss den Vorgaben entstand. Überlegungsfehler wurden während dem Fertigungsprozess ausgemerzt und sind darum beim Endprodukt nicht mehr sicht-/messbar.

7 Anhang

7.1 Unterlagen Projekt

7.2 Zeichnungen

7.3 Laufblätter

7.4 Werkzeugpläne

7.5 Dokumentationen

7.6 Operationspläne

7.7 NC-Codes