



CNC-Technik

für TGTM-J1

Inhaltsverzeichnis

Lehrplan TGTM Stand 10.09.2010.....	2		
Vorüberlegungen.....	2		
Einführung in die CNC Technik.....	3		
Entwicklung von Werkzeugmaschinen	3		
Handwerkzeuge.....	3		
geführte Werkzeuge.....	3		
mechanisch gesteuerte Maschinen.....	3		
Numerisch gesteuerte Maschinen.....	3		
NC 3			
CNC.....	3		
DNC.....	3		
Anwendung für NC-Steuerungen.....	3		
Aufbau einer Senkrechtfräsmaschine.....	3		
Erford. Anbauten für eine NC-Maschine. .	3		
Aufgaben der Steuerung	3		
Verbleibende Aufgaben des Bedieners.....	3		
Trends.....	3		
Arbeitsweise von CNC-Werkzeugmaschinen.	4		
Merkmale.....	4		
Vergleich der Vorgehensweise.....	4		
konventionell.....	4		
CNC.....	4		
Wegmesssysteme.....	5		
Prinzip.....	5		
Glasmaßstäbe.....	5		
Stahlmaßstäbe.....	5		
Einteilung des Strichgitters.....	5		
inkrementale.....	5		
absolute Wegmessung.....	5		
Ablesen bei inkrementalen Maßstäben.....	5		
Abtastgitter.....	5		
interferentielle Abtastung.....	5		
Kodierung bei absoluten Maßstäben.....	5		
Binär-Code.....	5		
Gray-Code.....	5		
Serieller Code.....	5		
Anbringungsort.....	6		
direkt.....	6		
indirekt.....	6		
Kriterien für die Auswahl.....	6		
Prüfen von Wegmesssystemen.....	6		
Abnahme / Prüfen von Fräsmaschinen.....	6		
Fähigkeitsuntersuchung.....	6		
Interferometer.....	6		
Kreisbahn fahren.....	6		
Grundlagen der Zerspantechnik.....	7		
Herstellerinformationen nutzen.....	7		
Technisches Handbuch der Metallzerspa-			
nung.....	7		
Werkzeuggeometrie.....	7		
Frei-, Keil-, Spanwinkel.....	7		
Spanantstehung.....	7		
Einstellwinkel, Neigungswinkel.....	7		
Spanleitstufe.....	7		
Einstellgrößen.....	7		
f, fz, vf.....	7		
vc, n.....	7		
ap 7			
Entwürfe.....	8		
CNC-Fräsmaschinen.....	8		
Werkzeuginstanz: Stirnplanfräsen; Umfangs-			
planfräsen.....	8		
Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen.....	8		
Gleichlaufräsen.....	8		
Gegenlaufräsen.....	8		
gekennzeichnet durch	8		
Oberfläche des Rohlings.....	8		
Oberfläche des Werkstückes.....	8		
Kraftrichtungen.....	8		
Antriebe.....	8		
Kugelumlaufspindeln.....	8		
Trapezgewindespindel.....	8		
CNC-Programmierung.....	9		
Schnittdaten: Arbeitsplan mit (für das Bei-			
spiel).....	9		
Geometriedaten.....	9		
Koordinatensystem (= rechtshändiges			
System).....	9		
Z-Achse.....	9		
X-Achse.....	9		
y-Achse.....	9		
A, B, C.....	9		
U-, V-, W-Achse.....	9		
I, J, K.....	9		
Koordinatenachsen beim Programmieren...9			
Senkrechtfräsmaschine.....	9		
Waagrecht-Fräsmaschine.....	9		
Bezugspunkte.....	9		
M: Maschinennullpunkt.....	9		
R: Referenzpunkt.....	9		
B: Programmstartpunkt.....	9		
W: Werkstücknullpunkt.....	9		
Typisches CNC-Programm.....	10		
Programmaufbau.....	10		
Programmstart.....	10		
Werkzeugwechsel.....	10		
Vorbereitung.....	10		
Werkzeugwechsellage.....	10		
Schnittparameter.....	10		
Spindel einschalten.....	10		
G00, G01: Geradeninterpolationen	10		
G00 Eilgang für Bewegungen ohne Schnitt			
.....	10		
G01 Gerade(-ninterpolation).....	10		
G00: Eilgang.....	10		
G01: Eckpunkte für Fräsermittelpunktbahn			
ermitteln.....	10		
Mit rechtwinkligen Dreiecken.....	10		
Mit Geradengleichungen $y = m \cdot x + n$	10		
Mit Vektoren.....	10		
G41, G42, G40: Radiuskorrektur.....	11		
Radienkorrektur.....	11		
Fräsermittelpunktbahn.....	11		
Gegenlauf-/Gleichlaufräsen.....	11		
G01: Winkel, Radien, Fasen.....	11		
G02, G03: Kreis(-interpolation).....	11		
Bedeutung der Adressen.....	11		
Anfahren ans Werkstück	12		
Ausfahren.....	12		
Eintauchrichtung.....	12		
Zyklen mit Zyklusaufzuruf.....	12		
G84 Gewindebohrzyklus.....	12		
Unterprogramme	12		
Senken und Bohren.....	12		
Schruppen.....	12		
Nullpunktverschiebung.....	12		
Anfahren G45/G47.....	12		
Wegfahren G46/G48.....	12		
Analyse eines CNC-Programmes:			
Grundplatte (TM_HP200708-4).....	13		
Eilgang, Werkzeugwechsellage.....	13		
Vorschub (F), Drehzahl (S), Werkzeug (T),			
Drehrichtung (M03, M04)	13		
Werkzeugbahnkorrektur (G41, G42, G40) ..			
13			
Gerade(-ninterpolation G41).....	13		
Kreis(-interpolation G02, G03).....	13		
Kühlschmierung (M08, M09).....	13		
Taschen-Fräszyklus (G86).....	13		
Nuten-Fräszyklus (G88).....	13		
Unterprogramm.....	13		
Fräsermittelpunktbahn (G40).....	13		
Notizen.....	14		
Literaturverzeichnis.....	14		



....

Eingangsklasse

T 12 CNC-Technik

20 Stunden

Die Schülerinnen und Schüler begründen die Anforderungen an Werkzeugmaschinen für den computergesteuerten Einsatz. Sie entwerfen Bearbeitungsprogramme mit Unterprogrammen für CNC-Fräsmaschinen und überprüfen diese im Labor.

Für die Programmierung ermitteln sie die erforderlichen technologischen Daten und berechnen die notwendigen Konturpunkte.

Maschinenaufbau

– Antriebssystem

– Wegmesssystem

– Bezugspunkte

– Koordinatenachsen

Programmaufbau

– Wegbedingungen

– technologische Daten

– Zusatzfunktionen

– Werkzeugbahnkorrektur

– Unterprogramme

– Zyklen

Koordinatenberechnung

Vgl. LPE 7 Realisierung eines technischen Produkts

Vorüberlegungen

Der Lehrplan für CNC-Technik sieht aus, als ob er auf Themen an der „Oberfläche“ von CNC-Frästechnik reduziert wäre und so gut zu bewältigen wäre.

In den Prüfungen werden aber auch Fragen gestellt, die mehr in die Tiefe der Zerspantechnik hineinreichen. Natürlich kann man begründen, dass Zerspantechnik eine Grundlage des CNC-FräSENS sei, und natürlich sollte ein Abiturient eines technischen Gymnasiums nicht nur an der Oberfläche der (CNC-)Technik herumkratzen, aber .. woher weiß man, welche Grundlagen des CNC-FräSENS prüfungsrelevant sind¹? Wie tief muss man neben der Zerspantechnik auch in Regelungstechnik, Antriebstechnik, Informatik, Werkstoffkunde .. einsteigen, und das alles nebenher ohne ausgewiesene Unterrichtszeit?

Immerhin liegen jetzt schon einige Prüfungsaufgaben vor, aus denen man die bisherige Linie herauslesen kann², und man muss hoffen, das es, wenigstens so ähnlich, weiter geht.

Eine Auswahl von Fragen:

- Ermitteln Sie die geeigneten Werkzeuge zur Fertigung der gesamten Außenkontur und der Kreistasche. Dokumentieren Sie Ihre Empfehlung für die Wahl von T1 oder/und T2 aus technischer und wirtschaftlicher Sicht.
- Bestimmen Sie unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten die Schnittaufteilung für den Arbeitsgang Schruppen.
- Nennen Sie 2 Einflussgrößen, durch welche die Vorschubgeschwindigkeit erhöht werden kann. Bewerten Sie diese Einflussgrößen unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten.

Schlussfolgerung

Aus Zeitgründen muss die Zerspantechnik bereits in TGTM-E unterrichtet werden.

Seitenumbruch

¹ Wer die Frage stellt, warum ein Lehrplan nicht alle relevanten Themen enthält, sollte unsere Gesellschaft beobachten, wie oft Schein und Sein noch deckungsgleich sind.

² Nicht umsonst nennt man Prüfungsaufgaben in Fachkreisen auch den „heimlichen Lehrplan“.



Einführung in die CNC Technik

Entwicklung von Werkzeugmaschinen

Handwerkzeuge

geführte Werkzeuge

*FO Drehen nach Nasmyth (Drehen von Hand und mit Kreuzschlitten im Vergleich)
FO Herons Gewindeschneidemaschine; FO Drehbank nach Maudsley*

mechanisch gesteuerte Maschinen

*Federwickelautomat: Video Federn - So wirts gemacht ab ca. 1:20
Kettenbiegeautomat: Video Kette Rundstahl - So wirts gemacht ab ca. 1:30
Kopierfräse für Holz: <http://www.youtube.com/watch?v=Czim0tmlfac> (kopiert 10 Holzköpfe)*

Numerisch gesteuerte Maschinen

NC

Numerical Control = Steuerung mit Lochkarten

CNC

Computerized Numerical Control
= Steuerung durch Computer,
ermöglicht komplizierte Interpolationen (Kreis, Spirale ..)

DNC

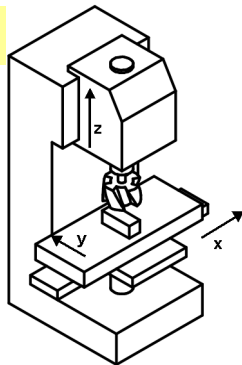
Direct (Distributed) Numerical Control
= Steuerung durch zentrale Rechner → für CAD/CAM

Anwendung für NC-Steuerungen

Aufbau einer Senkrechtfräsmaschine

Erford. Anbauten für eine NC-Maschine

- Steuerung
- für jede Achse: Antrieb und Wegmesssystem
- Ansteuerungen für Funktionen: Spindeltrieb, KSS, Werkzeugwechsel ..



Aufgaben der Steuerung

- Programm einlesen
 - Verfahrenwege berechnen
 - Funktionen ansteuern
 - Antriebe ansteuern, Sollwerte der Position einlesen, mit den Sollwerten vergleichen und Korrekturen für die Antriebe ausgeben (=Regelung)
- Diagramm einer Regelstrecke*

Verbleibende Aufgaben des Bediener

- Schnittdaten festlegen: Schnittgeschwindigkeit, Schnitttiefe, Zustellung
- Geometrie übersetzen in Programmiersprache
- Werkstück aufspannen und der NC-Maschine sagen, wo es liegt (Werkstücknullpunkt)
- Ablauf überwachen

1) *Ein: Pyramide: Wie wurde ein Stein hergestellt? Weitere alte Verfahren, eine Form mittels Abtragen herzustellen?*
Kupfermeißel und Holzschlegel; Feile, Stechbeitel, Meißel (Steinmetz), Axt, Sägen,

2) *Nachteile rein manuell geführter Arbeit?*
Iel und teure Facharbeiterzeit → Preis!. Genauigkeit war nicht das Problem (auch bei alte Kirchen passen die Steine; Watt musste Kolben feilen lassen, weil Drehen zu ungenau war)

3) *Lösung in der beginnenden Industrialisierung?*
Entwicklung geführter Werkzeuge

4) *Nachteil manuell bedienter Maschinen*
Immer noch teure Facharbeiterzeit, begrenzte Wiederholgenauigkeit.
Entwicklung der Automatisierung: Theatermaschinen von Heron, Lochkarten(→ Jacquard-Webstuhl, Leierkasten Hollerith), Drehautomaten (→ NSI in Stetten), Stanz- und Biegeautomaten (→ Raymond)
Kopierfräsen (nicht nur Schlüsseldienst, Suchbegriffe: „Carving Duplicator“):

5) *Nachteil mechanisch gesteuerter Maschinen*
begrenzte Flexibilität (Programm in Kurvenscheiben) und Komplexität.
Visualisierung eines Drehautomaten. Gibt es auch Fräsaufautomaten?

- 1) *Welche Erfahrungen haben die Schüler mit CNC ?*
- 2) *Welche Steuerungen/Maschinen verwenden Sie in Ihren Betrieben*
NC wurde in den 50er Jahren am MIT im Auftrag der US Army zur Fertigung komplizierter Flugzeugteile entwickelt. Andere Entwicklungen den US Army sind: Container, NC und CNC unterscheiden sich in der Dateneingabe, -speicherung und -verarbeitung, aber nicht im Fertigungsverfahren. CNC ist flexibler und ermöglicht kompliziertere Interpolationen, vereinfachte Eingabe usw.

Zur Geschichte der NC-Steuerungen: http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_Numerical_Control

Drehmaschinen, Waagrecht-/Senkrecht-Fräsmaschinen, Schleifmaschinen, Blechschneidegeräte (→ Vitra, Liebherr), Bohrgeräte (Platinen)
Bild / Mindmap

Definition nach DIN: Fräsen ist Spanen mit Werkzeugen mit geometrisch best. Schneiden (im Gegensatz zu Schleifen) bei kreisförmiger Schnittbewegung (gibt es auch beim Karusselldrehen, ..) und quer zur Drehachse liegender Vorschubbewegung (gibt es auch beim Plandrehen). In der Praxis verschwimmen die Grenzen vollends, weil vielachsige Bearbeitungszentren sowohl das Werkzeug (Fräsen) als auch das Werkstück (Drehen) können.

1) *Ültg: Aus den Typen der Zerspanungsmaschinen nehmen wir die Senkrechtfräsmaschine heraus, weil sie prüfungsrelevant ist.*

AB Aufbau einer konventionellen Senkrechtfräsmaschine

2) *Ordnen Sie die Begriffe zu:*

Paetzold S.10

Die z-Achse ist immer die Werkzeugachse in Richtung Spindel. Die x- und y- Achse ordnen sich nach dem rechtshändige Koordinatensystem an. In Prüfungsaufgaben liegen sie gewöhnlich wie dargestellt, in der Praxis (Fa. Raymond, Maho?) kann es auch um 180° um die z-Achse gedreht sein.

3) *Sie wollen eine konventionelle Senkrechtfräsmaschine in eine NC-maschine umrüsten. Welche Teile müssen ergänzt werden?*
Für jede Achsenrichtung: Antrieb und Wegmesssystem.

4) *Welche Aufgaben muss die Steuerung übernehmen?*

Frühe Steuerungen konnten nur Geraden- und Kreis-Interpolationen, aber auch bei diesen war es nötig, die Achsen zu koordinieren.

5) *Woran muss der Programmierer immer noch selbst denken, bzw. was muss der Bediener übernehmen?*

Programmiersprache ist hier PAL: Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle

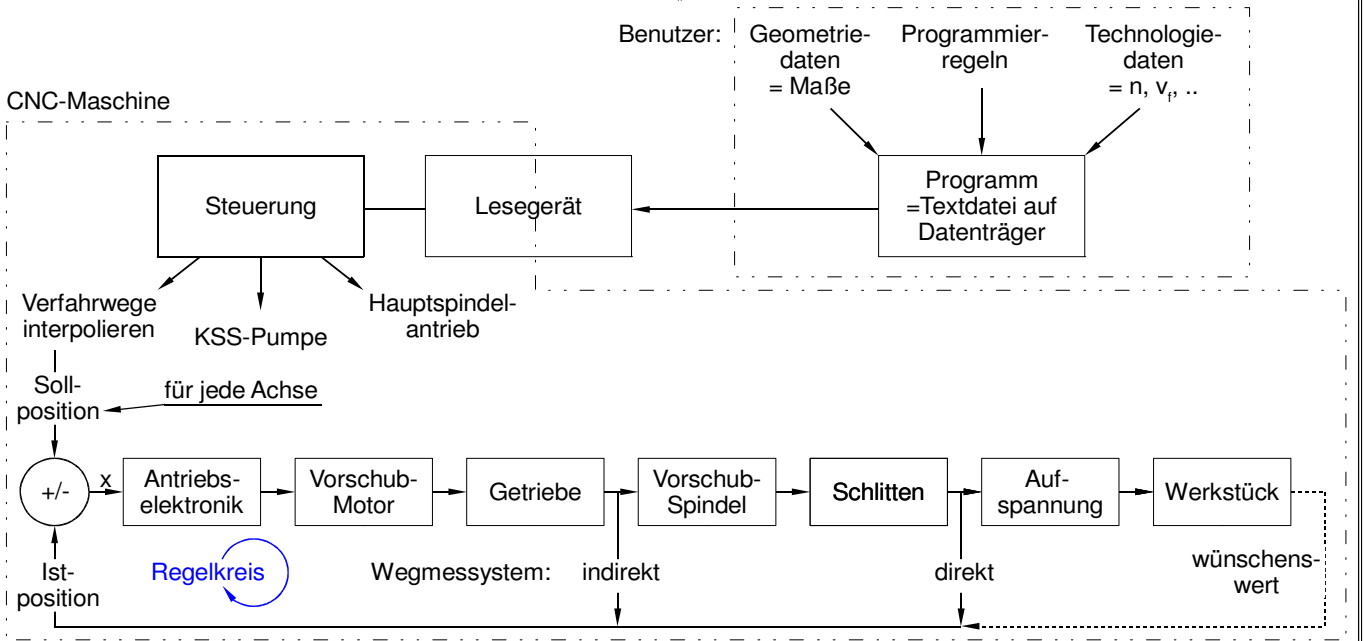
Trends

- Programmiersprachen werden komfortabler
→ CNC wird immer mehr für n=1 eingesetzt
- CAD/CAM transferiert Geometrie aus der CAD-Zeichnung direkt in die Programmiersprache



Arbeitsweise von CNC-Werkzeugmaschinen

Control wird im Deutschen oft mit Steuerung übersetzt. Das stimmt nur teilweise, weil die Wegmessung geregelt ist.
Steuerung mit Lagekontrolle = Regelung
Allerdings wird nur die Position des Werkzeuges oder des Werkstückhalters geprüft. Eine richtige Regelung würde das Maß des Teiles prüfen und danach korrigieren.



Merkmale

- teure Anschaffung
- aufwändige Vorbereitung
- + für komplizierte Teile zT. schon ab n=1 geeignet
- + Programm leicht änderbar
- + Bediener ist während der Bearbeitung frei
- + hohe Wiederholgenauigkeit

Bei einfachen Teilen mit sehr hoher Stückzahl gewinnen noch kurvengesteuerte Automaten: Sie sind aufwändiger vorzubereiten, laufen dann aber schneller und billiger. Kopierdrehmaschinen, -fräsen. Die Genauigkeit einer NC-Maschine unterliegt genauso den Einschränkungen der Mechanik wie bei konventionellen Maschinen mit dem Unterschied, dass oft hochwertigere Komponenten eingebaut werden (Gewindeumlaufspindel statt Trapezgewindespindel). Zusätzlich kommen die Grenzen der Interpolation, Regelung .. hinzu.

Vergleich der Vorgehensweise

Sinn des Vergleiches? Nicht unterrichten!

konventionell

Arbeitsschritt 1 planen, dann durchführen
Arbeitsschritt 2 ...

CNC

alle Arbeitsschritte planen, dann alle Arbeitsschritte durchführen

Vertiefung



Wegmesssysteme

Prinzip

fotoelektrisch ablesbare Markierungen (Strichgitter)

Glasmaßstäbe

für Durchlicht, genauer, bis 120m/min, bis ca. 3m, teuer

Stahlmaßstäbe

für Auflicht, beliebige Länge

Einteilung des Strichgitters

inkrementale

- Zählt den Weg anhand Markierungen
- Wenige Spuren erforderlich
- Nach Einschalten oder bei Störungen fehlt die Ortsinformation
→ Referenzmarken
- Interpolation von Zwischenwerten (z.B. mit Helligkeit)
- mind. 2 phasenversetzte Abtastgitter für die Richtung
- preisgünstiger und weiter verbreitet
- Vgl: 50m-Markierung an BAB; 3. Straße rechts, dann 2. links

absolute Wegmessung

- Stellt Position anhand der Kodierung fest
- für 5µm Schritte auf 1 m sind 18 Spuren erforderlich
($2^{18} \times 5\mu\text{m} = 262144 \times 5\mu\text{m} = 1,3\text{m}$)
- genauer, aber selten
- Vgl: blaue km-Marken an BAB, Tageszeit,

Ablesen bei inkrementalen Maßstäben

Abtastgitter

interferentielle Abtastung

Kodierung bei absoluten Maßstäben

Binär-Code

- Hell-Dunkel-Übergänge kann man nicht immer zuverlässig ablesen → Binär-Code hat viele davon

Gray-Code

- Beim Gray-Code gibt es bei jeden Zahlensprung nur einen Hell-Dunkel-Übergang.

Serieller Code

- In einer Spur sind 0/1 (bzw. Hell/Dunkel) seriell so verteilt, dass alle Binärzahlen enthalten sind
- wird von seriell angeordneten Fotoelementen abgetastet → absolute (= eindeutige) Position
- Inkrementalgitter → Feinorientierung

Die Position des feinen Gitters ist innerhalb der Breite eines seriellen Bits eigentlich nicht eindeutig bis zum nächsten Zahlensprung im seriellen Code (max ca. 20µm = 2/100mm → vernachlässigbar oder wenigstens besser als Referenzmarkenabstand?). Oder es stecken noch mehr Tricks darin, z.B. zusätzliche phasenversetzte Sensoren oder unterschiedlich breite Bits (ähnlich abstandscodierte Referenzmarken) am seriellen Ring; eine dritte (Grob-)Spur (die per Helligkeit die Feinspur zuordnet).

Quelle: [Kief 2011], dieser oft von www.heidenhain.de.
Wegmesssysteme_AB

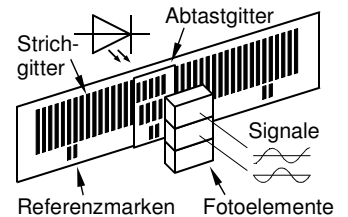
Es gibt auch kapazitive (Messschieber), induktive und magnetische Systeme, aber diese sind prinzipiell ungenauer als die optisch ablesbaren Markierungen und deshalb bei CNC-Maschinen unüblich. Die Messgeräte lesen die Position und können über einfacher oder doppelter Differenzierung auch Geschwindigkeits- und Beschleunigungsinfo geben. Zum Messgerät gehören die ganze Messkette, bestehend aus Maßstab mit Abtastkopf, Interpolationselektronik und Zähler. Die Teilungen betragen typisch 20µm (bis 1µm). Für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen sind Messschritte von 1µm oder weniger erforderlich (→ Interpolation s.u.)

Durch Interpolation der Signale (z.B. durch Erfassung der Lichtmenge, die durch ein Strichgitter dringt) werden die Strichabstände in typisch 1024 Schritten oder mehr unterteilt, → Messschritte 0,1 µm .. 1 nm sind erfassbar.

FO Fotoelektrische Abtastung

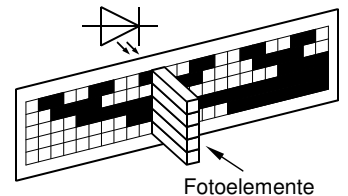
Referenzmarken können auch mehrfach aufgebracht sein, z.B. als abstandskodierte R. Dabei variieren die Abstände zw. den R., und nach Überfahren von 2 R. kann man die absolute Position bestimmen.

FO Abstandscodierte Referenzmarken



Neben den Spuren zur absoluten Messung ist oft auch eine inkrementale Spur aufgebracht, mit der man Zwischenwerte interpoliert.

Während bei NC-Werkzeugmaschinen noch inkrementale Maßstäbe verbreitet sind, verwenden z.B. Roboter in Kfz-Schweißstraßen eher absolute Maßstäbe, weil man nach einer Unterbrechung kaum zig Roboter in 5.6 Achsen auf die referenzmarken fahren kann, ohne dass eine Karosserie leidet.



AM Computermaus mit almodischen Kugeln, Elmo

6) Beachte Strichmaßstab. Warum 2 LED+Photodioden?

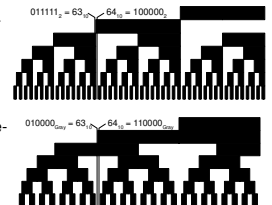
Einarbeiten: [Paetzold 2010] S.11

[Heidenhain 2011] S.11

7) Wie kann man mit Hell / Dunkel Zahlen kodieren → Binär-Code

FO Glasmaßstäbe

8) Liegt hier Binär-Code vor?



Die Maßstäbe von Heidenhain (z.B. [Kief 2011] S.64) sehen wie ein verschobener Gray-Code aus. Vermutlich werden sie mit versetzten Fotoelementen abgelesen.

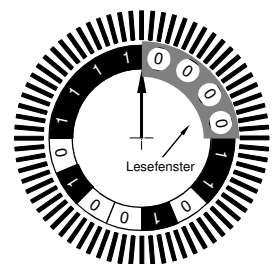
[Kief 2011] nennt den seriellen Code einen Pseudo-Zufalls-Code, [Heidenhain 2011a] nicht.

Beim seriellen Code ordnet man 0/1 dergestalt im Kreis (seriell) an, so dass jede Binärzahl genau einmal darin vorhanden ist. (Es gibt sogar mehrere Anordnungen).

Nach | folgt die Wiederholung
n=2 : 0011|00 enthält 00; 01; 10 und 11 () in 2²=4 Bit
n=3 : 00010111|000 enthält 000; 001; 010; 011; 100; 101; 110 und 111 in 2³=8 Bit
n=4 : 0000110100101111|0000 (Bild) bzw.
n=4 : 0000101001101111|0000 in 2⁴=16 Bit
n=5 : 00000111011001101010010001011111|00000 in 2⁵=32 Bit

n=6ff : GFS?

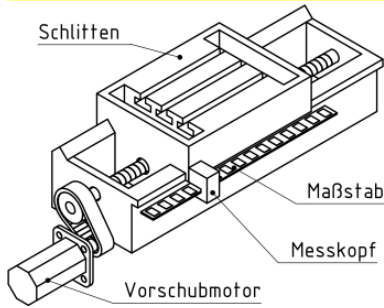
Eine Unterscheidung von Binär- und Gray-Code spielt keine Rolle, da diese nur unterschiedliche Interpretationen der gleichen Zeichenfolgen darstellen, die in allen möglichen Permutationen in einem seriellen Code enthalten sind. Das Problem des Hell-Dunkel-Übergangs dürfte kein großes Problem darstellen, da mit jedem Zahlensprung nur ein Bit neu ist.



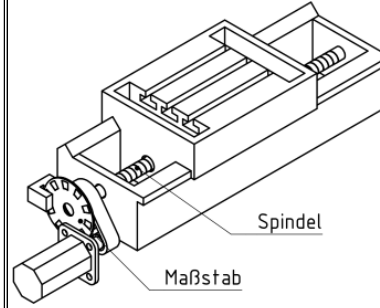


Anbringungsart

direkt



indirekt



Die Spindelsteigungen liegen z.B. bei 5 oder 10 mm. Für eine Längsauflösung von 1µm, muss eine Umdrehung 5..10000 Teile aufgelöst werden. In Werkzeugmaschinen müssen auch absolute Drehwinkelgeber ergänzt werden mit einem Umdrehungszähler, weil sonst nach einem Stromausfall o.ä. die Position nicht bekannt ist.

Die Spindelsteigungen liegen z.B. bei 5 oder 10 mm. In Werkzeugmaschinen müssen auch absolute Drehwinkelgeber ergänzt werden mit einem Umdrehungszähler, weil sonst nach einem Stromausfall o.ä. die Position nicht bekannt ist.

Kriterien für die Auswahl

- Maschinenkonzept
- Antriebsart
- Verfahrenweg
- Verfahrensgeschwindigkeit
- Genauigkeit / Auflösung
- einfache Anbaumöglichkeit
- Kosten

Prüfen von Wegmesssystemen

Interferometer

Achsen werden einzeln gefahren und interferometrisch vermessen

Bild: Funktionsweise eines Interferometers

→ Damit können Spindelsteigungsfehler von der Steuerung rechnerisch korrigiert werden

Kreisbahn fahren

- Elektr. lesbarer Maßstab wird drehbar am Frästisch (Mittelpunkt) und an der Fräseraufnahme befestigt
- CNC-Fräse fährt eine Kreisbahn um den Mittelpunkt
- Der Radius wird kontinuierlich gemessen.
- Es werden sichtbar:
 - Schleppfehler
 - Umkehrspiel
 - ..

Eigener TA?

Abnahme / Prüfen von Fräsmaschinen

Fähigkeitsuntersuchung

Schleppfehler → [Paetzold 2010] S.62

Spätestens bei der Abnahmeprüfung Albert Abraham Michelson, Nobelpreis 1907 für das Interferometer. Von 1960 bis 1983 wurde das Längenmaß „Meter“ als Vielfaches einer Lichtwellenlänge definiert und per Interferometer gemessen. (Vorher basierte die Meterdefinition auf dem Urmeter, später auf der Lichtgeschwindigkeit und der Zeit).

Bezeichnung, Quellen?



Grundlagen der Zerspantechnik

Herstellerinformationen nutzen

Technisches Handbuch der Metallzerspanung
→ <http://www.coromant.sandvik.com/>

AB Zerspantechnik nach Sandvik
TX „Technisches Handbuch der Metallzerspanung“ von <http://www.coromant.sandvik.com/>
9) Erarbeiten Sie die Fragen im AB anhand des TX

Werkzeuggeometrie

TGTM: Verschieben in TGTM-E, hier bestenfalls wiederholen.

Frei-, Keil-, Spanwinkel

Spanentstehung

Video Spanentstehung BiBB ca 1980
Uralt, aber immerhin. Mittlerweile versucht man, den Zerspanungsvorgang mithilfe CFD (Computational Fluid Dynamics = numerische Strömungssimulation) zu simulieren. Dabei wird der fließende Werkstoff als zähes Fluid betrachtet: https://www.fh-muenster.de/forschung/forschungskatalog/projekt.php?pr_id=609
AB Spanentstehung

Einstellwinkel, Neigungswinkel

Spanleitstufe

Einstellgrößen

AB Arbeitsbewegung an Werkzeugmaschinen

f, fz, vf

vc, n

ap



Entwürfe

CNC-Fräsmaschinen

Milling machine

AM Frästeil

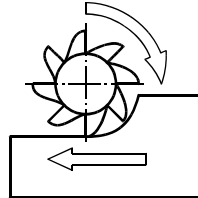
- 1) Ültg aus Zerspantechnik: Wdhg Gleich-/Gegenlaufräsen
- 2) Welche Anforderung stellt Gleichlaufräsen an den Tisch?

Werkzeuglage: Stirnplanfräsen; Umfangsplanfräsen

Für TGTM weglassen

Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen

Gleichlaufräsen



gekennzeichnet durch

Schneidenbewegung mit ...
CNC: M03 G41

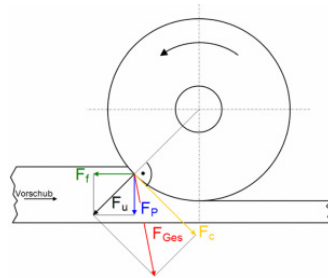
Oberfläche des Rohlings

schlagartiger Eintritt
→ Druck hält HM gut aus

Oberfläche des Werkstückes

geschnitten
→ bessere Oberfläche
erkennbar am matten Glanz
→ weniger Schneidverschleiß

Kraftrichtungen



gegen den Tisch
→ dünne Werkstücke
teilweise mit dem Vorschub
→ Schneide treibt Werkstück an
→ erfordert spielfreien Antrieb

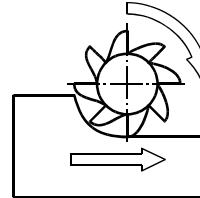
Antriebe

Kugelumlaufspindeln

Bild

teuer, aber genauer
→ nur für CNC-Maschinen
spielfrei

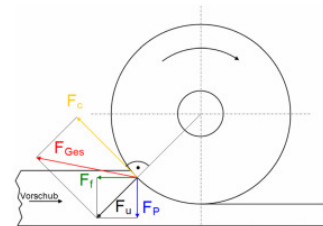
Gegenlaufräsen



... gegen Vorschubrichtung
CNC: M03 G42

schlagartiger Austritt
→ Zug → Schneidkantenbrüche bei HM
(weil spröde)
→ bricht harten Oberflächen per Hebel
auf, günstig z.B. bei GG

geschabt, gedrückt
→ schlechtere Oberfläche
→ Reibung → Wärme - Verschleiß



gegen den Vorschub
vom Tisch weg
→ aus der Einspannung

Trapezgewindespindel

Bild

Nicht spielfrei → ungenau, Rattermarken,
mechanische Belastung
relativ billig → konventionelle Fräsmaschinen

Fräser mit weniger
Schneiden zeichnen

Bilder ersetzen

3) Vergleich der
Antriebe

Youtube

CNC-Fräsmaschine aus Mineralguss“ <http://www.youtube.com/watch?v=LdleAxxA8u0> (Fräsen einer typischen Prüfungsaufgabenplatte)
Crash mit Fräsmaschine Alzmetall. GS1000/5T CNC Fräsen : <http://www.youtube.com/watch?v=tb1kUCb9avw>
CNC Fräsen Milling UVA Unverzagt "Nockenwellenrad" <http://www.youtube.com/watch?feature=fvwp&NR=1&v=Y46X5WzOfuo> (4:59)
Impeller machining on five axis StarragHeckert machiningcenter <http://www.youtube.com/watch?v=FjzhygzafR0&feature=related> (4:01; Turbinenrad wie bei einem Turboller mit einer 5-Achsen-Maschine)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kugelgewindetrieb>: Ein Kugelgewindetrieb (KGT) .. dient zur Umsetzung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung oder umgekehrt (Definition nach DIN 69051-1).

Im Vergleich zu konventionellen Gleitgewindetrieben, oder sogenannten Wälzschraubtrieben, ergeben sich vier Vorteile:
– durch die Punktanlage der Kugeln wird die Antriebsleistung um 2/3 reduziert (weniger Reibung erzeugt weniger Wärme, ca. 50 bis 90% der eingeleiteten Antriebsleistung wird bei Gleitgewindetrieben in Wärme umgewandelt),
– geringerer Verschleiß der Laufbahnen,
– Steigerung der erreichbaren Verfahrgeschwindigkeit,
– höhere Positioniergenauigkeit.
Wirtschaftlich betrachtet sind damit geringere Wartungskosten, geringere Bearbeitungszeiten und niedrigere Ausschussquoten verbunden.
Kugelgewindetriebe können je nach Spindeldurchmesser und Spindelsteigung dynamische Lasten zwischen wenigen Kilonewton (kN) bis in den dreistelligen kN-Bereich aufnehmen. Die höhere Rollreibung durch Vorspannung erzeugt bei hohen Drehzahlen (z. B. Bewegung einer Maschine im Eilgang) viel Wärme, welche aufgrund der Längenausdehnung der Spindel die Präzision der betroffenen Maschinenachse beeinträchtigt. Hohe axiale Kräfte sowie schnelle Drehzahlen der Spindel üben außerdem starke Belastungen auf Gewindegang und Kugel aus. Unter Belastung erhöht ein Reiben der Kugeln aneinander das zur Bewegung nötige Drehmoment und verursacht Verschleiß. Übermäßiger Erwärmung kann mit hohlen Gewindespindeln, durch die eine Kühlflüssigkeit fließt, entgegengewirkt werden



CNC-Programmierung

Schnittdaten: Arbeitsplan mit (für das Beispiel)

Schnittdaten ermitteln

Geometriedaten

Koordinatensystem (= rechtshändiges System)

Z-Achse

in Richtung der Arbeitsspindel, Z+ vergrößert den Abstand zwischen Werkzeug und Werkstück

X-Achse

parallel zur Aufspannebene, waagrecht, Hauptbewegungsrichtung

y-Achse

ergibt sich automatisch durch rechte-Hand-Regel

A, B, C

Drehbewegung um die X-, Y-, Z-Achse

Richtung ist durch rechte-Hand-Regel festgelegt

U-, V-, W-Achse

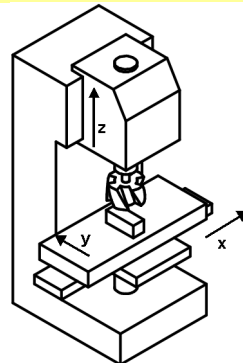
sind parallel zu X, Y, Z-Achse

benötigt wenn Werkzeug und Werkstück beweglich sind
I, J, K

Interpolationsparameter, z.B. Angabe von Kreismittelpunkten statt X, Y, Z

Koordinatenachsen beim Programmieren

Senkrechtfräsmaschine



Bezugspunkte



M: Maschinennullpunkt

Festlegung durch Hersteller

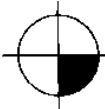
Zweck: Vermessung der Maschine



R: Referenzpunkt

Festlegung durch Hersteller

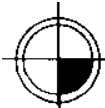
Zweck: Rücksetzen eines inkrementalen Wegmesssystems nach dem Einschalten



B: Programmstartpunkt

Festlegung durch CNC-Programmierer

Zweck: Start- und Endepunkt für die Programmierung, kann Werkzeugwechsellpunkt sein



W: Werkstücknullpunkt

Festlegung durch CNC-Programmierer

Zweck: Ausgangspunkt für Geometriedaten im CNC-Programm

1) Zusammenfassen während der Analyse eines bestehenden CNC-Programmes

1) Beginnen wir mit dem Bekannten. Erstellen Sie einen Arbeitsplan mit Schnittdaten. Schüler arbeiten selbstständig.

AB Arbeitsplan mit Zeichnung

H&T S. 104, H&T S. 107 AP mit Bildern

1) Bevor die Geometriedaten gesammelt werden können, muss man wissen, wie in einer CNC-Maschine Orte und Bewegungen eingegeben werden.

Nachvollziehen

AB Koordinatensystem

FO Flugzeug, rechte Handregel

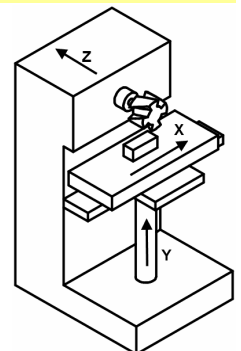
H&T S. 108

Z+ führt vom Werkstück weg = Sicherheitsmaßnahme, falls das Minuszeichen vergessen wird. X+ führt bei der Drehmaschine vom Werkstück weg, bei der Fräsmaschine macht das keinen Sinn. Bei Drehmaschinen werden für X Durchmesserwerte angegeben.

Maho hat folgendes Koordinatensystem: vor der Maschine stehend: x nach rechts, y nach oben, z nach hinten. Raymond hat mit maschinen von Maho angefangen und jetzt alle Maschinen auf dieses Koordinatensystem umgestellt. Raymond hat keine CNC-Drehmaschinen und nur Senkrechtfräsen.

z-Achse: Hauptspindelachse ins Werkzeug hinein
x-Achse

Waagrecht-Fräsmaschine



AB Nullpunkte im Spannbolzen eintragen

H&T S. 109, weitere Bezugspunkte: [Friedrich 2003] S.7-15

Bei einem inkrementalen Wegmesssystem weiß die Maschine nach dem Einschalten nicht, wo das Werkzeug steht. Es muss deshalb über einen Referenzpunkt fahren.

Vergleiche Zeitmessung im Segelschiffzeitalter per Sanduhr. Alle Stunde musste die Sanduhr gedreht werden und gezählt werden. Wenn es einmal vergessen wurde, war keine genaue Zeit bekannt. Ohne genaue Zeit konnte der Längengrad nicht gemessen werden.



Typisches CNC-Programm

Programmaufbau

Sehr kurze Befehle

- N Nummerierung
- G geometrische Funktionen
- F Vorschub (Feed)
- S Drehzahl (spindle speed)
- T Werkzeuge (Tools)
- M Maschinspezifische Zusatzfunktionen (Tools)

Programmstart

%25

Werkzeugwechsel

N010 ...
oder

Vorbereitung

- G40: Radiuskorrektur ausschalten
- Kollision auf dem Weg zum WWP vermeiden
- Voreingestellt nach Programmstart

Werkzeugwechsellpunkt

N010 G00 X100 Y-75 Z100 ...
– wurde im Abi immer angegeben

Schnittparameter

N010 ... F382 S637 T1 ...

Spindel einschalten

N010 ... M03
– Spindel cw

G00, G01: Geradeninterpolationen

G00 Eilgang für Bewegungen ohne Schnitt

G01 Gerade(-ninterpolation)

Fährt eine Gerade mit oder ohne Radienkorrektur

G00: Eilgang

zeit sparende Bewegung ohne Werkzeugeingriff

G01: Eckpunkte für Fräsermittelpunktbahn ermitteln

Mit rechtwinkligen Dreiecken

Mit Geradengleichungen $y = m \cdot x + n$

Mit Vektoren

Dieses ist keine Einheit für eine Doppelstunde, da die einzelnen (<h2>) längere Zeit in Anspruch nehmen.

CNC-Programmsprache stammt aus den 60er Jahren, als jedes einzelne Byte Programmspeicherplatz noch viel Geld gekostet hat oder auf Lochstreifen gespeichert wurde.

AB Leerformular Programm

S.112 AB mit Koordinaten, Befehle heraussuchen lassen
(Paetzold 2010)S.23

H&T S. 111

Programmnummer, für Abi-Prüfungen nicht notwendig

Nummerierung in 10er-Schritten erleichtert das nachträgliche Einfügen von Zeilen.

Position, die eine kollisionsfreie Gerade zum Werkzeugwechsellpunkt ergibt bzw. genügend Abstand zum Werkstück ergibt.

Können das moderne Programme nicht selbst ermitteln?

Der Werkzeugwechsellpunkt wird in Prüfungsaufgaben gerne relativ zum Werkstücknullpunkt W angegeben. In der Praxis ist das ungeeignet, weil der Werkzeugwechsellpunkt der Maschine feststeht oder an jeder Stelle gewechselt werden kann (z.B. bei Fräsmaschinen von CHIRON). Deshalb in der Praxis: N010 F382 S637 T1 M06 M03.

Begründung für WWP relativ Werkstück?
Vor M06 muss man aus dem Werkstück fahren

Schnittparameter werden vorab ermittelt.

cw = clock wise = Spindel im Uhrzeigersinn. Rechtsdrehende Werkzeuge sind üblich, deshalb benötigt man M04 (Spindel ccw = counter clock wise) nie.

Sonderfällen wie Gewindebohrer haben wahrscheinlich spez. Zyklen.

CNC_AB_Geradeninterpolation G00 und G01

2) Einfache rechteckige Außen- und Innenkontur mit Fräsermittelpunktbahnen

Es müssen nur die Koordinaten angegeben werden, die sich ändern (auch in G02..). Da Speicherplatz aber nichts mehr kostet und komplette Befehle leichter lesbar sind, sollte man alle Parameter angeben.

N040 G01 X-70 Y-50
N050 G01 Y-27,5

[Falk 2012], PAL-Prüfungen fahren bis Z+2 im Eilgang.

CNC_AB_Geradeninterpolation G01 – die 2.

1) Winkliger Außenkontur mit Fräsermittelpunktbahnen

2) Als Standardverfahren zeigen. Vertiefung ergibt sich bei den Übungen. Schon für dieses einfache Beispiel ist die Berechnung der Eckpunkte für die Fräsermittelpunktbahnen ziemlich aufwendig ->

3) Ansprechen als Möglichkeit, aber weder zeigen noch unterrichten.

Beispiel → CNC_AB_Geradeninterpolation G01 – die 2. - Lösungen

4) Nicht unterrichten, aber zeigen als Verknüpfung zur Mathematik (Lehrplan TG-J1)

Visualisierung, um diesen Ausflug kurz zu halten

Beispiel → CNC_AB_Geradeninterpolation G01 – die 2. - Lösungen

Für die Berechnung einzelner Konturen ist die Vektorschreibweise viel zu umständlich, für die Programmierung der Steuerung wahrscheinlich sinnvoll. Die Bahnkorrektur li / re kann man mit der Erzeugung des Verschiebevektors zur Parallelverschiebung organisieren (→ AB)

**G41, G42, G40: Radiuskorrektur****Radienkorrektur**

N040 G41

- benötigt vorher: Position mit G00 oder G41
- benötigt nachher: Fahrstrecke, um auf die korrigierte Bahn zu fahren

Veranschaulichung Radienkorrektur links / rechts

Fräsermittelpunktbahn

G40 Radienkorrektur aus

- benötigt nachher: G00 oder G01 mit Fahrstrecke, um auf die korrigierte Bahn zu fahren

Gegenlauf-/Gleichlaufräsen

M03 G41 → Gleichlauf

M03 G42 → Gegenlauf (ist unüblich)

G01: Winkel, Radien, Fasen**G02, G03: Kreis(-interpolation)**

N070 G02 X17 Y-50 I17 J0

G02: Kreis cw

X17 Y-50: Zielcoordinate

I17 J0: Coordinate des Kreismittelpunktes
relativ zur aktuellen Position X-70 Y-27,5
aus N040 und N050**Bedeutung der Adressen**

X, Y, Z

- passen sich G90 (absolut) und G91 (inkremental) an
- Voreinstellung: aktuelle Werkzeugposition

XA, YA, ZA

- ausnahmsweise absolut bei G91

XI, YI, Zi

- ausnahmsweise inkremental bei G90

I, J, K

- Abstand zwischen Start- und Mittelpunkt

- Voreinstellung I0, J0, K0

IA, JA, (KA)

- absoluter Mittelpunkt

R

- R+5 (oder R5 O1) kurzer Radius des Kreisbogens

- R-5 (oder R5 O2) langer Radius des Kreisbogens

RN

- Übergang zum nächsten Element:

- RN+ Rundung, RN- Fase

AO

- Öffnungswinkel einer Kreisinterpolation

AS

- Steigungswinkel einer Geraden

- Nx G01 Y10 AS150

fräst Kontur mit 150° zur Achse bis Y10 erreicht ist

1) Schon das einfache vorige Beispiel zeigt den Aufwand beim Berechnen von Fräsermittelpunktbahnen. Das möchte man lieber einer Steuerung überlassen.

CNC_AB_Werkzeugbahnkorrektur.

R. ist umgangssprachlich für den in der Norm verwendeten Begriff Werkzeugbahnkorrektur. Damit eine Radienkorrektur weiß, wie es links oder rechts am nächsten Punkt vorbeikommt, muss es wissen, woher das Werkzeug kommt. Vor einer Bahnkorrektur muss also schon ein Punkt angefahren werden (hier: N02). Da sich das Werkzeug unmittelbar nach dem Einschalten der Bahnkorrektur noch nicht auf der tangentialen Bahn befindet, sondern erst dorthin muss, braucht es Platz, um den Spurwechsel zu vollziehen.

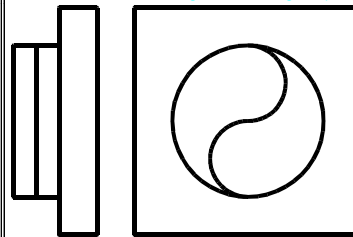
Veranschaulichung Spurwechsel
Faustregel für den Startpunkt

Weiter verbreitet ist der Ausdruck „Fräsermittelpunktbahn“.

Veranschaulichung Gegenlauf-/Gleichlauf

1) PAL2007 bietet neue Möglichkeiten, Ziele zu adressieren

CNC_AB_Alternative Wegbeschreibungen.2)



→ [Falk 2012] Fräsen S.8; [EuroTabM]44 S.386f (sehr versteckt)

→ [EuroTabM]44 S.386

→ [EuroTabM]44 S.386

→ [EuroTabM]44 S.386

→ [EuroTabM]44 S.387

Der kürzere Bogen ist die Regel, deshalb positiv (+kann man vergessen ?)

langer / kurzer Kreisbogen visualisieren

O kennt Palmill wie links als Ersatz für +/-, aber nicht wie in [Falk 2012] Fräsen S.9

→ [EuroTabM]44 S.386, S.393

RN: Radius next ?

AO: Angle open

AO funktioniert in Palmill, wenn keine Mittelpunkt angegeben ist und X bzw. Y konstant bleiben. Dann passt Palmill den Mittelpunkt an.

→ [EuroTabM]44 S.386, S.393



Anfahren ans Werkstück

N020 G00 X-90 Y-70
N030 G00 Z-5

Ausfahren

Eckpunkt: 1 mm darüber hinaus fahren
Sonst tangential ausfahren

Eintauchrichtung

Schafffräser: senkrecht oder seitlich
seitlich tangential → bessere Oberfläche

Zyklen mit Zyklusaufruf

G84 Gewindebohrzyklus

Überlauf bei Durchgangsbohrungen oder nutzbare Gewindelänge + 3 x Gewindesteigung P

Unterprogramme

Senken und Bohren

Schnittwerte für Bohrer wie Fräser mit 2 Schneiden
Schnittwerte für Senken: 1/4 der Bohrdrehzahl
Bild eines NC-Anbohrers
Wie tief bohren und senken?

Schruppen

Kontur abfahren mit Werkzeugkorrektur TR1 (erhöht Werkzeugradius um 1 • Schlichtaufmaß) und TL1 (Werkzeuglänge dito.)
Ist Schrupp / Schlichtzyklus beim Strinfräsen nötig?

Schruppen mit G60 ? • Hilfe von PALmill

Nullpunktverschiebung

Anfahren G45/G47

Vorher: G41 / G42

Wegfahren G46/G48

Unmittelbar vorher: G40

Grundsätzlich können CNC-Maschinen alle Achsen gleichzeitig bewegen. Wenn es auf Fertigungszeit nicht ankommt (Ausbildung, Prüfung!) ist es zweckmäßig, wenigstens die Z-Achse einzeln zu fahren, um das Risiko von Kollisionen zu vermeiden.

Zeilenvorgaben in Abi-Aufgaben kalkulieren den Eilgang zum Startpunkt mit einer Zeile

→ **Zeilenvorgaben sind nicht so wichtig**

Man muss beachten in welcher Richtung Werkzeuge ins Werkstück eintauchen können. (Schafffräser können seitlich und senkrecht eintauchen, Bohrer und Senker nur senkrecht usw.)

Abi: Universalschafffräser, die senkrecht, seitlich und schräg eintauchen können.

moderne Anfahrzyklen

PALmill-fehlermeldung: G77 ist nur möglich, wenn G72, G81 .. edfiniert wurde.

Liste der Zyklen, die vor einem zyklusaufruf erlaubt sind.

G73 funktioniert nur mit Zyklusaufruf, z.B. 1xZyklus G79

Tiefe beim Senken=1/2 Durchmesser

Schlichtaufmaß ist nicht praxisgerecht.. Ändern Sie .. auf 0,1 mm" [SYMplusF 2010]S.56

Aufgabe → tgmt HP200809-4 Befestigungsplatte

HM FräserDurchmesser d soll 1,3..1,5 der Überlappungsbreite sein [HTFkM 1990]S.65. Dort findet man auch die Begründung. [HTFk1M 2007] S.47 schränkt sich nicht auf HM ein: FräserØ ≈ 1,3 ae (Arbeitseingriff)

[HTFk1M 2007] S.50, Bild 1 S.51: „Die niedrigste Standzeit hat ein (HM-?)Fräser, wenn er rechtwinklig aus dem Werkstück austritt.“ Beim Gleichlauffräsen ist der Austrittswinkel immer nahe 0°.

[Paetzold 2010] S.72ff

Problem ? (FM2011So_Kerneinsatz):

- N19 G40 G48 R50 ; funktioniert in PALmill

- N19 G40 - N20 G48 R50 ; fährt in PALmill in die Kontur

- N19 G48 G40 R50 ; ist Beispiel in [SYMplusF 2010] S.46, wird aber von PALmill nicht akzeptiert



Analyse eines CNC-Programmes: Grundplatte (TM_HP200708-4)

Aufg. 4.4: Außenkontur

Eilgang, Werkzeugwechsellpunkt

N010 G00 X-40 Y0 Z100

Vorschub (F), Drehzahl (S), Werkzeug (T), Drehrichtung (M03, M04)

N020 F510 S640 T2 M3

N030 G00 X-25 Y0 Z-5

Werkzeugbahnkorrektur (G41, G42, G40)

N040 G41

Gerade(-ninterpolation G41)

N050 G01 X7 Y11

N060 G00 X12

Kreis(-interpolation G02, G03)

N070 G03 X20,156 Y34,788 I0 J14

N080 G01 X7 Y70,933

N090 G01 Y85

N100 G01 X97,749

N110 G02 I-37,749 J-40

N120 G01 Y22

N130 G01 X95 Y11

N140 G01 X7

N150 G01 Z1

N160 G40

Nut P11

N170 G00 X-40 Y0 Z100

N180 F318 S1990 T3

Kühlschmierung (M08, M09)

N190 G00 X60 Y45 Z1 M8

Taschen-Fräszyklus (G86)

N200 G86 X55 Y25 Z-7 I110 D4

N210 G00 X105 Y30,195

Nuten-Fräszyklus (G88)

N220 G88 X30 Y10 Z-5 I208,811 D4

N230 G00 X30 Y40 Z1

Unterprogramm

N240 L1001

Nut (P12)

Fräsermittelpunktbahn (G40)

Startadresse L10

N010 G91

N020 G01 Z-4

N030 G01 X-1

N040 G02 X2 Y0 I1 J0

Warum Y0, aber nicht Z0?

N050 G01 X0 Y-9 (Y-8,5)

N060 G01 X4

N070 G02 X0 Y-2 I0 J-1

N080 G01 X-4

N090 G01 X0 Y-9 (Y-8,5)

N100 G02 X-2 Y0 I-1 J0

N110 G01 X0 Y20 (Y19)

N120 G01 X1 Y0

N130 G00 Z4

N140 G90

N150 M17

TM_HP200708-4

1) Übersetzen Sie das CNC-Programm mit Hilfe [EuroTabM].

2) Ergänzen Sie fehlende Zeilen.

3) Wichtige Begriffe → TA CNC-Programmierung

Eilgang zum Werkzeugwechsellpunkt

Muss der Werkstücknullpunkt jedesmal relativ zum Werkstück programmiert werden?

Vorschub(-geschwindigkeit; Feed): 510 mm/min; Spindeldrehzahl 640 U/min; Werkzeug T2 (Tool: Ø25); Spindel im Uhrzeigersinn (abhängig vom Werkzeug, linksdrehende Fräser habe ich keine gefunden, Anwendung z.B. Gewindeschneiden Rücklauf?)

Gibt es linkslaufende Fräserwerkzeuge

Eilgang neben das Werkstück, sodass seitlich in das Material eingetaucht werden kann.

Radiuskorrektur links wird eingeschaltet. Ab sofort korrigiert das Programm die Koordinaten so, dass das aktuelle Werkzeug (s.o.) im Uhrzeigersinn um die Kontur laufen kann. Im Zusammenhang mit M3 ergibt es Gleichlaufräsen (Schnitt- und Vorschubbewegung in die gleiche Richtung, Vorteile → TA Fräsen)

Geradeninterpolation zu Punkt P1

Gerade zu P2 (mit Bahnkorrektur bedeutet, dass der Fräsermittelpunkt links der gerade verläuft). Koordinaten, die sich nicht ändern, müssen nicht neu eingegeben werden: X, Z.

Kreisinterpolation gegen den Uhrzeiger (ccw = counter clockwise) um den Mittelpunkt (X_{aktuell}-I, Y_{aktuell}-J) bis P3

Kreisinterpolationen um andere Achsen als die Z-Achse

Gerade zu Punkt 4

Gerade zu Punkt 5

Gerade zu Punkt 6

Kreisinterpolation mit dem Uhrzeiger um den Mittelpunkt (I; J)

Über die letzte Kante hinaus fahren?

Über das Werkstück – kein Wechsel möglich, Taschen folgen

Werkzeugbahnkorrektur aus

Für Standardprobleme gibt es spezielle Unterprogramme. Diese unterscheiden sich bei jeder Steuerung.

Eilgang zum Werkzeugwechsellpunkt

Vorschub, Drehzahl, Werkzeug Ø8

Eilgang zur Startposition über dem Mittelpunkt der Rechtecktasche. Kühlschmierung: Ein

X x Y x Z = Länge x Breite x Tiefe = 55x25x7mm³, Winkel der Länge zur x-Achse 110°, Einzelschnitttiefe 4 mm (siehe Aufgabe)

Haben andere Sprachen andere Zyklen oder Bezeichnungen?

Eilgang zur Startposition 1mm über einem Mittelpunkt der Nut (P11)

X x Y x Z = Länge x Breite x Tiefe = 30x10x5mm³ (einschließlich Rundung), Winkel der Länge zur x-Achse 208,811° (von P11 nach links unten), Einzelschnitttiefe 4 mm (siehe Aufgabe)

4) Von Y10 Z-5 → Y40 Z1 geht quer durch Material – sinnvoll?

Fangfrage: Nach Ende des Fräszyklus steht das Werkzeug an seiner Startposition Z1 (aus Zeile N190)

Eilgang zu P12

Aufruf des selbst erstellten Unterprogrammes L10, Startposition P12

- L Aufruf des Unterprogrammes

- 10 Nummer des Unterprogrammes

- 01 Anzahl der Durchläufe

In der originalen Aufgabe passen Zeichnung, Bemaßung und Programm nicht zusammen. P12 ist in der Zeichnung nicht bemaßt. Mit den Maßen aus der Koordinatentabelle müsste die Nut (P12) genau an der waagerechten Mittellinie der Grundplatte enden, in der Zeichnung ist eine deutliche Lücke. In der Zeichnung ist die waagerechte Mittellinie der Nut (P12) mit Abstand 30 von der Unterkante der Grundplatte bemaßt, das ergibt 10 bis P12. Im Programm werden aber nur 9,5 gefahren. Hier verwende ich korrigierte Werte, die originalen Werte stehen in Klammern.

Unterprogramme erfordern Übergabe der Startposition oder inkrementale Maßangaben.

Veranschaulichung, Merkmale

Einstellungen (Werkzeug, Drehzahl usw.) werden vom Hauptprogramm übernommen. Sinnvoll?

Absolut: X30 Y40 Z+1→Z-3; Eintauchen,

Absolut: X30→X29 Y40 bei Durchmesser 8. Gerade bis zum linken Rand.

Absolut: X29→X31 um X30 Y40. Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn, obere Rundung.

Andere Richtung wäre Gegenlauf.

Absolut: X31 Y40 → Y31 (Y31,5). Gerade nach unten

Absolut: X31→X35 Y31 (Y31,5). Gerade zur senkrechten Mittellinie der seitlichen Rundung

Absolut: X35 Y31→Y29 (Y31,5→Y29,5). Kreisinterpolation cw im Uhrzeigersinn um X35 Y30 (Y30,5), seitliche Rundung,

Absolut: X35 → X31; Y29 (Y29,5): Gerade aus der seitlichen Nut heraus.

Absolut: X31; Y29→Y20 (Y29,5 → Y21. Gerade nach unten.

Absolut: X31 → X29; Y20 (Y21). Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn, untere Rundung,

Absolut: X29; Y20 (Y21)→Y40. Gerade linke Seite.

Absolut: X29→X30; Y40. Gerade zur Startposition.

Eilgang aus dem Werkstück heraus

Inkremental: aus bzw. Absolute Maßangaben ein

M17? Unterprogrammende?



Notizen

Beobachtungen in Kammerprüfungen

Sicherheitsabstand über Oberflächen: Z2
G41 G45; G40 G1: auf jeweils einer Zeile
Nach G45 ist kein G01 erforderlich → versteht PALmill nicht

Literaturverzeichnis

EuroTabM: Ulrich Fischer u.a., Tabellenbuch Metall,
EuroTabM: Ulrich Fischer u.a., Tabellenbuch Metall,
Falk 2012: Dietmar Falk, CNC-Kompodium PAL Drehen&Fräsen, 2012
Friedrich 2003: Barthel et al., Friedrich Tabellenbuch Metall- und Maschinentechnik, 2003
Heidenhain 2011a: k.A., Längenmessgeräte für gesteuerte Werkzeugmaschinen, 2011
HTFk1M 2007: Reiner Haffer u.a., Fachkenntnisse 1 Industriemechaniker, 2007
HTFkM 1990: Christof Braun u.a., Fachkenntnisse Metall - Industriemechaniker, 1990
Kief 2011: Hans Kief; Helmut Roschiwal u.a., CNC-Handbuch 2011/2012, 2011
Paetzold 2010: Heinz Paetzold, CNC-Technik in der Aus- und Weiterbildung, 2010
SYMplusF 2010: Siegfried Keller, SYMplus 5.2 Arbeitsheft Fräsen, 2010