

Akademie für Lehrlingsausbildung

Projektarbeit für den Weiterbildungspass
Stufe 2

CNC-Maschinen Grundlagen

VEM-Ausbildungsbetrieb Doppelmayr



Erstellt: Schmidinger Thomas Schwarzenberg am 3. August 2005

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen

1.1	Das Unternehmen	3
1.2	Ausgangssituation Beschreibung der Problemstellung	4
1.3	Zielsetzung	4
		5

2. Thema

2.1	Was ist CNC?	6
2.2	Möglichkeiten der Dateneingabe	6
2.3	Merkmale der CNC Technik	7
2.4	Vorteile	7
2.5	Wartung einer CNC-Maschine	7
2.6	Koordinatensystem einer CNC-Fräsmaschine	8
2.7	Werkzeugvermessung	8
2.7.1	Externe Werkzeugvermessung	8
2.7.2	Interne Werkzeugvermessung	8
2.8	Bezugspunkte	9
2.8.1	Maschinen-Nullpunkt	9
2.8.2	Referenzpunkt	9
2.8.3	Werkstück-Nullpunkt	9
2.8.4	Werkzeugträgerbezugspunkt	9
2.9	Aufbau einer CNC-Universal Fräsmaschine	10
2.10	Aufbau einer CNC-Drehmaschine	11
2.11	Steuerungsarten	12
2.11.1	Punktsteuerung	12
2.11.2	Streckensteuerung	12
2.11.3	Bahnsteuerung	12
2.12	Vorschubspindel	13
2.13	Antriebe	14
2.13.1	Spindelantrieb	14
2.13.2	Vorschubantrieb	14
2.13.3	Anforderung an das Vorschubgetriebe	14
2.14	Wegmessung	15
2.14.1	Direkte Wegmessung	15
2.14.2	Indirekte Wegmessung	15
2.14.3	Inkrementales Wegmesssystem	15
2.14.4	Absolutes Wegmesssystem	15

3. Vorliegende Ergebnisse

4. Persönliche Lernerfahrung

1. Grundlagen

1.1 Das Unternehmen Doppelmayr

Hauptsitz der Doppelmayr-Gruppe ist der Stammbetrieb in Wolfurt, Vorarlberg. Das Unternehmen wurde im Jahre 1892 von Konrad Doppelmayr gegründet. Hier wird geplant und konstruiert, was als Doppelmayr-Technologie Weltruf erlangt und in 71 Staaten exportiert wird.

Das Unternehmen beschäftigt:

weltweit	2129 Personen
in Österreich	864
davon Arbeiter	280
davon Angestellte	584
davon Lehrlinge	67

Die Erzeugnisse des Unternehmens sind Seilbahnen für Winter- und Sommer-Anwendungen sowie urbane Verkehrssysteme.

Lehrberufe bei Doppelmayr:

- Maschinenmechaniker
- Maschinenbautechniker
- Stahlbautechniker
- Konstrukteur
- Elektroanlagentechniker
- Anlagenelektriker



Zu meiner Person:

Thomas Schmidinger
geboren am 16.06.1965
Wohnort Schwarzenberg
Ausbilder in der Firma Doppelmayr
Maschinenschlosserlehre 1981
Seit 1987 hauptamtlicher Ausbilder
Mein Aufgabengebiet ist die
Ausbildung der Lehrlinge in
CNC-Drehen und CNC-Fräsen.



1.2 Ausgangssituation Beschreibung der Problemstellung:

CNC = Computerized Numerical Control = NC-Steuerung mit Computer

CNC ist heute für viele kein Fremdwort mehr – mancher sagt,

- ein Automat,
- Computer gesteuerte Maschinen
- hier ist ein Programm und alles läuft von selbst.

Um dieser CNC-Welt, dem Ding, diesem Teil, dem Dingsda oder besser gesagt dieser Baugruppe eine fachmännische Bezeichnung zuzuordnen, gibt es eine einfache Möglichkeit, den Umgang mit diesen Maschinen ohne Angst und Unsicherheit zu begegnen, nämlich die zur Verfügungsstellung der von mir erarbeiteten CNC-Maschinen Grundlagen.

1.3 Zielsetzung:

In CNC wird bei Doppelmayr seit dem Jahre 1987 ausgebildet. Alle Lehrlinge des 3. Lehrjahres kommen über die Abteilungs-Rotation für wenige Tage bis mehrere Monate je nach Lehrberuf zur CNC-Ausbildung.

Die CNC-Ausbildung umfasst das Kennen-/Bedienenlernen verschiedener Steuerungen an Maschinen und deren Werkzeuge und Aufspannungen. Diese Übungen werden zumeist an kleinen Serien und Produktionsteilen der Firma durchgeführt.

Diese Umsetzung geschieht mit den metallisch auszubildenden Lehrlingen (Stahlbautechniker, Maschinenmechaniker und Maschinenbautechniker) in 3 bis 7 Monaten.

In den Lehrberufen Konstrukteur, Anlagenelektriker bzw. Elektroanlagentechniker wird das Fachgebiet CNC in wenigen Tagen durch eine Vorführung eines Produktionsablaufes von der Zeichnung zum fertigen Werkstück präsentiert.

Dies beinhaltet:

- Arbeitsanleitung und Einrichteblatt erstellen
- Werkzeugauswahl bestimmen
- Programmerstellung nach DIN-ISO für die Maschine mit Datenübertragung und Ausdruck
- Rüsten der Werkzeuge und deren Vermessung
- Wahl des Aufspannmittels für die Werkstückspannung
- Fertigung des Werkstücks durch Zerspanung
- Qualitätskontrolle (Maße, Oberflächenbeschaffenheit)

Umsetzung der Ausbildung

Jeder Lehrling bekommt das Skriptum CNC-Maschinen Grundlagen. In kleinen Gruppen werden die Unterlagen in mehreren ein- bis zweistündigen Blöcken gemeinsam durchgesprochen bzw. erarbeitet. Damit der Kursverlauf nicht zu ermüdend wird und ein besseres Umsetzen des Inhaltes dieses Skriptums möglich ist, setze ich folgende Werkzeuge ein.

- Kleine Bauteile von Maschinen zur Ansicht und Funktionskontrolle
(siehe Bild: Drehgeber, Impulslinial, Kugelrollspindel, Führungsschuh, Lochstreifen, Zahnriemen,.....)
- Videoaufzeichnungen von neuen Maschinentypen
- Rundgang in der Mechanischen Fertigung
- Wartungsvorschriften direkt vor der Maschine
- Unfallvorschriften vor Ort



2. Thema

2.1 Was ist CNC?

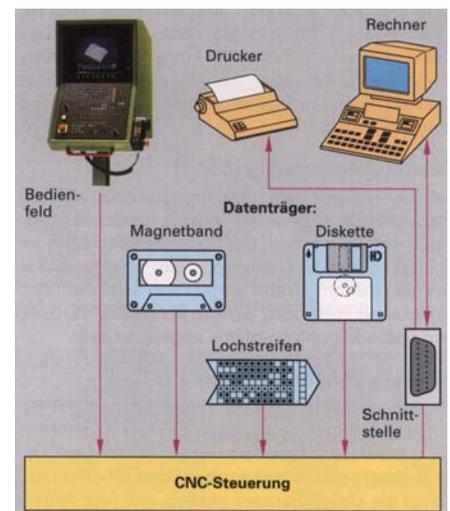
NC	Numerical Control	Durch Zahlen gesteuert
CNC	Computerized Numerical Control	NC-Steuerung mit Computer
DNC	Direct Numerical Control	Mehrere CNC Maschinen werden durch einen übergeordneten Rechner gesteuert
CAD	Computer Aided Design	Computerunterstütztes Zeichnen und Konstruieren
CAM	Computer Aided Manufacturing	Arbeitsvorbereitung und Durchführung der Fertigung
PPS	Production Planning System	Produktionsplanung und Steuerungssysteme
CIM	Computer Integrated Manufacturing	Zusammenarbeit mehrerer Einzelrechner und Nutzung gemeinsamer Daten

NC gesteuerte Maschinen sind in der Lage, Programmanweisungen, die durch Buchstaben und Zahlen verschlüsselt sind, auszuführen. Die Datenübertragung erfolgte früher meist über Lochstreifen oder Lochkarten. Die Programme konnten nicht direkt an den Maschinen abgeändert werden.

CNC gesteuerte Maschinen dagegen besitzen Mikroprozessoren und man ist daher in der Lage, Programme jederzeit auf einem Computer oder am Maschinenbedienfeld zu ändern.

Durch Zahlen werden der CNC-Maschine, Daten über den Weg und die Position des Werkzeugschlittens, übermittelt. Durch verschiedene Buchstaben werden ihr Technologiedaten, Weginformationen und Schaltinformationen bekannt gegeben.

Durch dieses Zusammenspiel von Buchstaben und Zahlen entsteht ein Programm. Durch ein solches Programm wird einer CNC-Maschine gesagt, was sie zu tun hat (Arbeitsanweisungen).



2.2 Möglichkeiten der Dateneingabe:

- von Hand (Bedienfeld)
- Magnetband
- über einen Rechner (DNC)
- Netzwerk
- Disketten
- über Lochstreifen

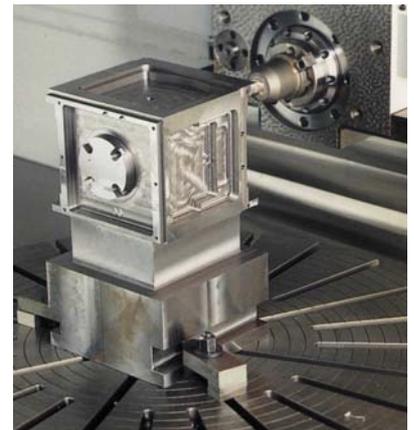
2.3 Merkmale der CNC-Technik:

- Ausrüstung mit CNC-Bahnsteuerung
- Universalwinkeltisch, evt. austauschbar gegen NC-Rundtisch oder NC-Teilapparat
- Spielfreie Getriebe
- Für jede Achse eigene Vorschubantriebe mit direkt messenden Wegmesssystemen
- Horizontalspindel
- Schwenkbarer Vertikalfräskopf
- Werkzeugschnellspaneinrichtung
- Werkzeugmagazin



2.4 Vorteile:

- Gleichbleibende, hohe Fertigungsgenauigkeit
- Kurze Fertigungszeit
- Herstellung komplizierter Werkstücke möglich
- Einfach Optimierung des Zerspanungsprozesses
- Einfache Wiederholung gespeicherter Programme
- Hohe Flexibilität
- Gute Automatisierungsmöglichkeiten
- Mehrmaschinenbedienung möglich

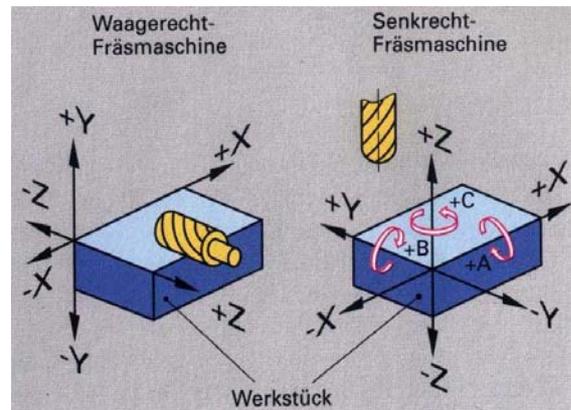


2.5 Wartung einer CNC-Maschine:

- Filter der Steuerschränke reinigen, austauschen
- Lüfter/Filter auf einwandfreie Funktion prüfen
- Zentralölschmierung kontrollieren (gegebenenfalls nachfüllen)
- Maschine regelmäßig sauber reinigen (keine Pressluft)
- Bürstenkontrolle an Tachos und Motoren
- Kühlschmierstoffwartung und -kontrolle (Kontrolle: PH-Wert, Schmiergehalt, Eintrag ins Wartungsprotokoll)
- Hydraulikanlage kontrollieren

2.6 Koordinatensystem einer CNC-Fräsmaschine:

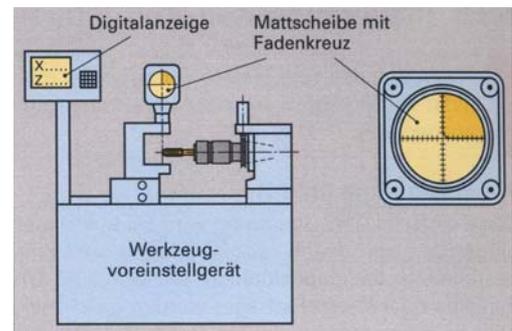
Die Verfahrwege der Werkzeuge und Werkstücke sind in einem rechtwinkligen Koordinatensystem festgelegt. Dieses Koordinatensystem wird auf das Werkstück bezogen. Die Achsen werden mit X, Y, Z bezeichnet. Kann die Drehbewegung um eine Achse gesteuert werden, so werden dafür die Buchstaben A, B und C verwendet. Die positive Drehung erfolgt im Uhrzeigersinn.



2.7 Werkzeugvermessung:

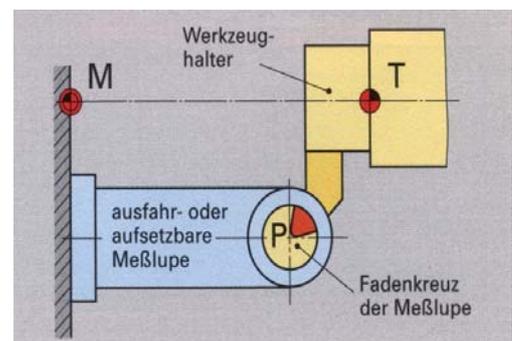
2.7.1 Externe Werkzeugvermessung:

Das Werkzeug wird mit der Aufnahme außerhalb der Maschine vermessen. Anschließend werden die Daten in die CNC-Steuerung eingegeben und dem entsprechenden Werkzeugspeicherplatz zugeordnet. Diese Daten werden beim Aufruf des Werkzeugs von der Maschine aus dem Werkzeugspeicher geholt und verarbeitet.



2.7.2 Interne Werkzeugvermessung:

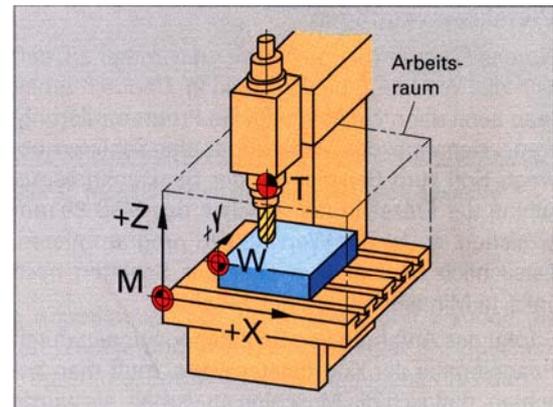
Durch eine optische Messeinrichtung (z.B.: bei Drehmaschinen) kann das Werkzeug direkt in der Maschine vermessen werden. Jedes einzelne Werkzeug wird unter das Fadenkreuz gefahren und die entstehende Schlittenposition (zum Maschinennullpunkt) wird in den Werkzeugspeicher übernommen.



2.8 Bezugspunkte

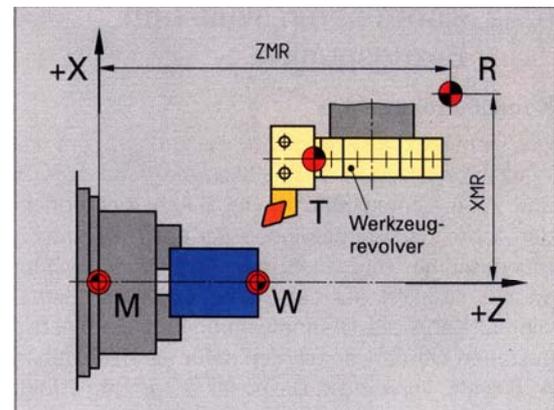
2.8.1 Maschinen-Nullpunkt (M):

Der Maschinennullpunkt ist der gemeinsame Nullpunkt der Maschinenkoordinaten. Er kann nicht verändert werden. Auf diesen Punkt beziehen sich die Maße des Wegmesssystems.



2.8.2 Referenzpunkt (R):

Beim Einschalten einer NC-Maschine muss zum Festlegen des Maschinennullpunktes eine Referenzmarke angefahren werden. Dies ist ein festgelegter Punkt im Maschinenkoordinatensystem.

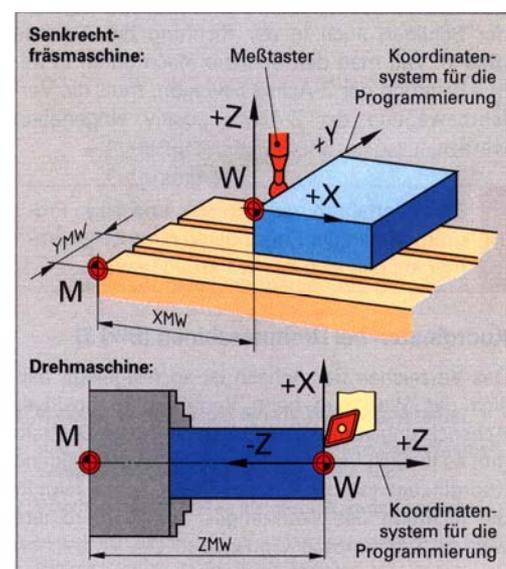


2.8.3 Werkstück-Nullpunkt (W):

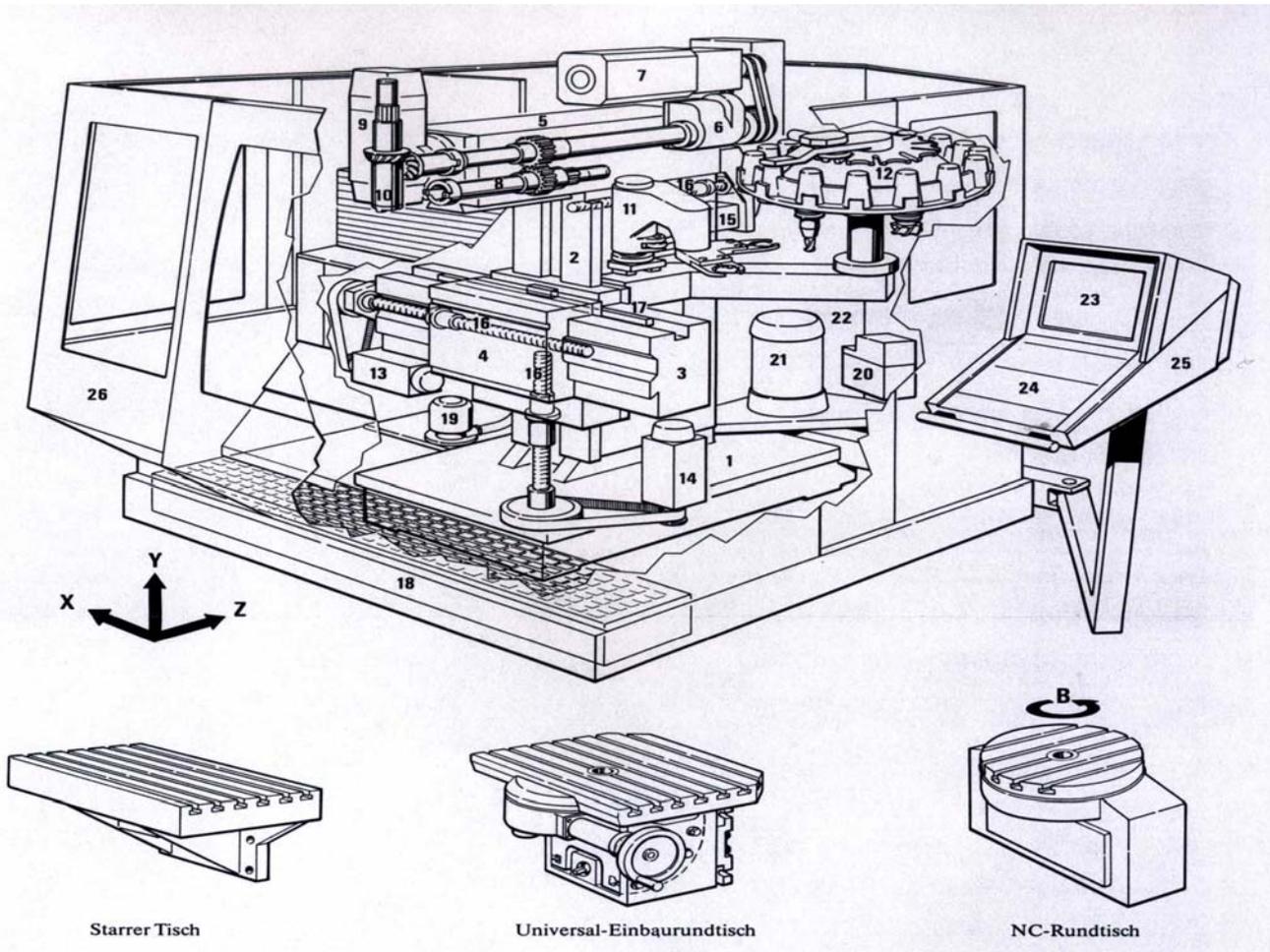
Da das Programmieren des Maschinennullpunktes umständlich wäre, hat der Programmierer die Möglichkeit, durch eine Nullpunkt-Verschiebung einen Werkstück-Nullpunkt festzulegen. Dieser sollte so gewählt werden, dass so viele Maße wie möglich aus der Zeichnung übernommen werden können.

2.8.4 Werkzeugträgerbezugspunkt (T):

Der Werkzeugträgerbezugspunkt wird von der Achse und der Anschlagfläche für die Werkzeugaufnahme gebildet (Mit diesem Bezugspunkt, dessen Lage der CNC-Steuerung bekannt ist, wird der Referenzpunkt angefahren.).

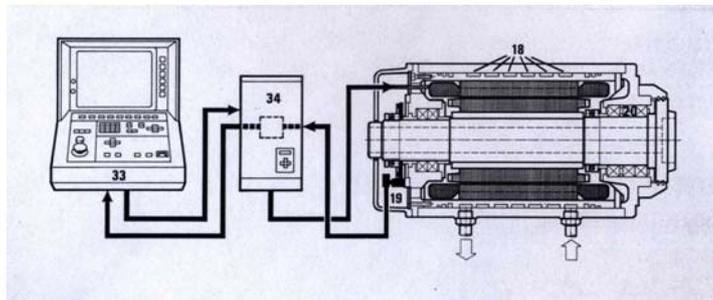
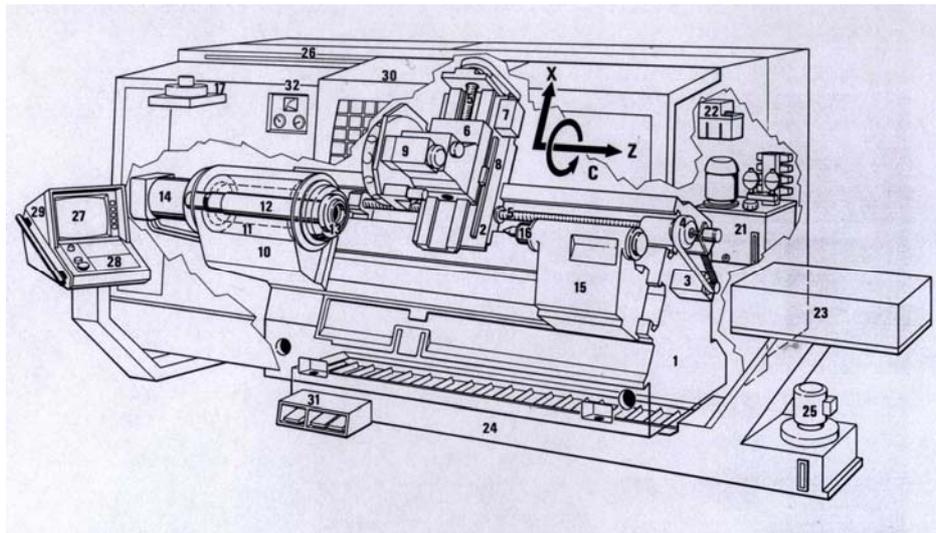


2.9 Aufbau einer CNC-Universal Fräsmaschine (z.B.: MAHO MH 600)



1 Ständerfuß	15 Vorschubantrieb Z-Achse
2 Maschinenständer	16 Kugelrollspindel
3 Kreuzsupport	17 Wegmesssystem X-Achse Linear (analog Y- und Z-Achse, B-Achse ROD)
4 Senkrechtaufspanntisch	18 Kühlschmierstoffbehälter
5 Spindelstock	19 Kühlschmierstoffpumpe
6 Hauptgetriebe	20 Zentralschmierungsaggregat
7 Hauptmotor / Arbeitsspindelantrieb	21 Hydraulik-Kompakttaggregat
8 Horizontal-Arbeitsspindel	22 Schaltgeräteschrank/ NC-Steuerung
9 Vertikalfräskopf	23 Bildschirm
10 Vertikal-Arbeitsspindel	24 Bedientableau
11 Vertikal Werkzeugwechsler mit Doppelgreifer	25 Kommandostation
12 Werkzeugmagazin	26 Spritzschutz-Sicherheitskabine
13 Vorschubantrieb X-Achse	
14 Vorschubantrieb Y-Achse	

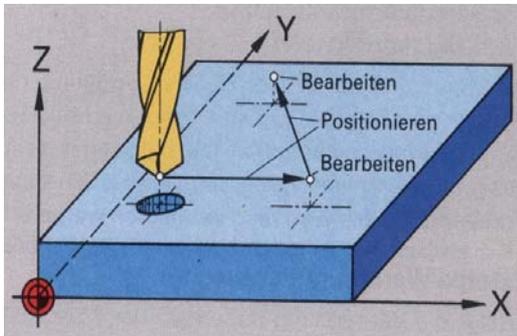
2.10 Aufbau einer CNC-Drehmaschine (z.B.: MAHO MT 500C)



1	Maschinenbett	19	Messsystem C-Achse, Überwachung Spindeldrehzahl
2	Längsschlitten	20	Spindellagerung
3	Vorschubantrieb Z-Achse	21	Hydraulik-Kompaktaggregat
4	Wegmesssystem Z-Achse (rotativ)	22	Zentralschmierungsaggregat
5	Kugelrollspindel	23	Späneförderer
6	Planschlitten	24	Kühlschmierstoffbehälter
7	Vorschubantrieb X-Achse	25	Kühlschmierstoffpumpe
8	Wegmesssystem X-Achse	26	Schaltgeräteschrank / NC-Steuerung
9	Werkzeugrevolver	27	Bildschirm
10	Spindelkasten	28	Bedientableau
11	Integrierter Spindelantrieb (mit C-Achse)	29	Kommandostation
12	Hauptspindel	30	Vollschutzkabine
13	Kraftspannfutter	31	Fußbedienpult für Spannfutter und Reitstockpinole
14	Spannzylinder (hydraulisch)	32	Kontrollanzeige: Spanndruck Spannfutter und Reitstockpinole, Leistungsaufnahme Hauptspindel
15	Reitstock-Grundkörper	33	CNC-Steuerung
16	Reitstock-Pinole (hydraulisch)	34	Antriebs-Regelgerät
17	Kühlaggregat für Spindelantrieb		
18	Kühlmittel-Umlauf Spindelantrieb		

2.11 Steuerungsarten:

2.11.1 Punktsteuerung:

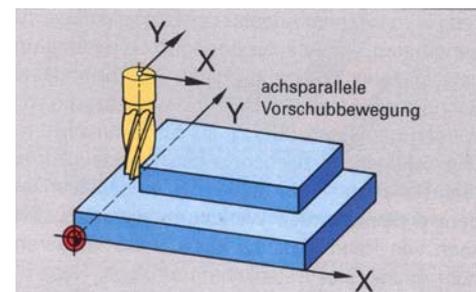


Diese einfache CNC-Steuerung wird bei Maschinen eingesetzt, bei denen das Werkzeug an einer bestimmten Stelle positioniert werden soll. Der Werkzeugträger und die Schlitten fahren gleichzeitig oder nacheinander zu der Arbeitsposition.

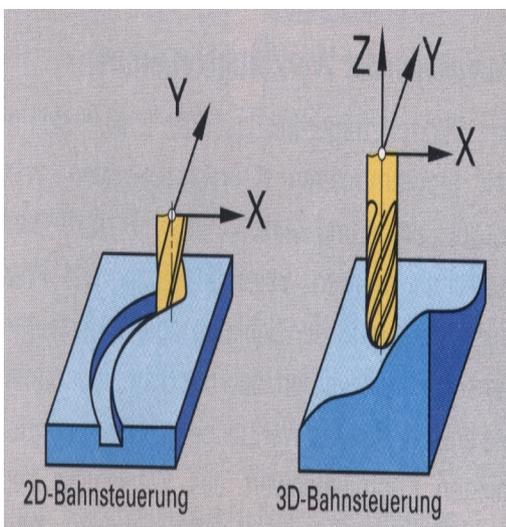
z.B.: Bohrmaschinen, Punktschweißmaschinen, Stanzmaschinen

2.11.2 Streckensteuerung:

Mit der Streckensteuerung sind meist nur achsparallele Vorschubbewegungen möglich. Streckensteuerungen werden bei der Werkstückhandhabung und zur Steuerung einfacher Werkzeugmaschinen eingesetzt. z.B.: Montagetechnik, Fräsmaschine



2.11.3 Bahnsteuerung:



Durch einen Interpolator wird die Geschwindigkeit der einzelnen Achsantriebe auf einander abgestimmt, dadurch ist es möglich in 2 oder 3 Achsen gleichzeitig zu verfahren.

Bei der 2D-Bahnsteuerung können die Schlitten in 2 Ebenen gleichzeitig verfahren.

Eine 2 ½ D-Bahnsteuerung liegt vor, wenn die Interpolation wahlweise auf jeweils zwei oder drei verschiedene Hauptebenen umgeschaltet werden kann.

3D-Bahnsteuerungen können die Schlitten gleichzeitig in allen drei Achsen der programmierten Bahn folgen.

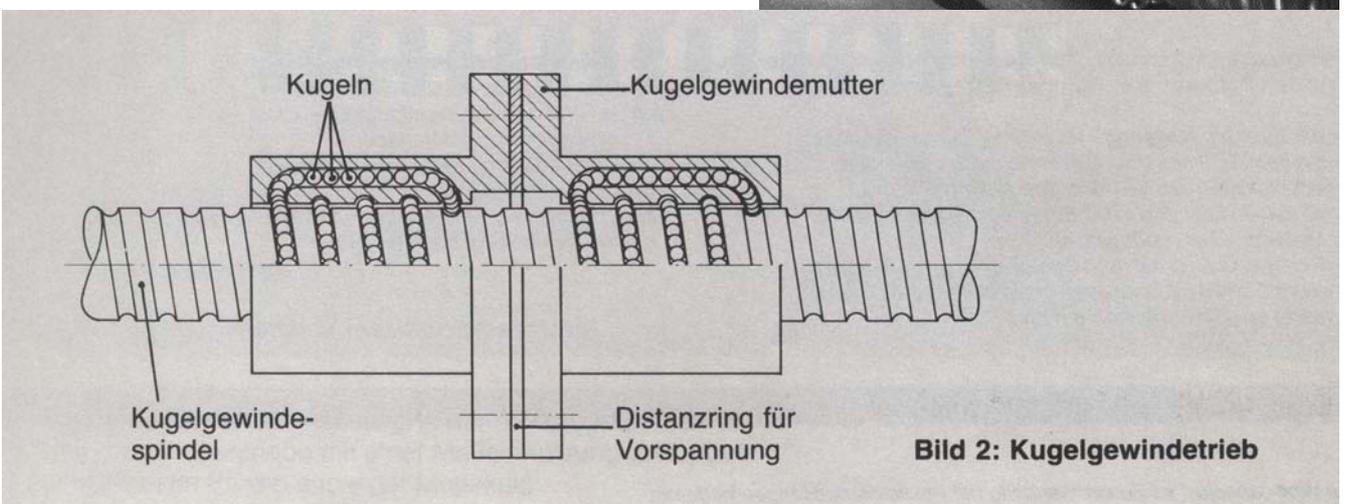
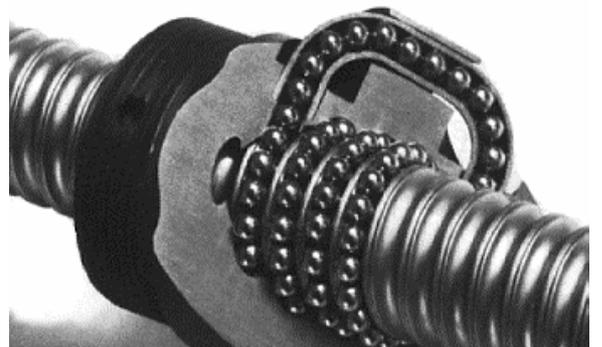
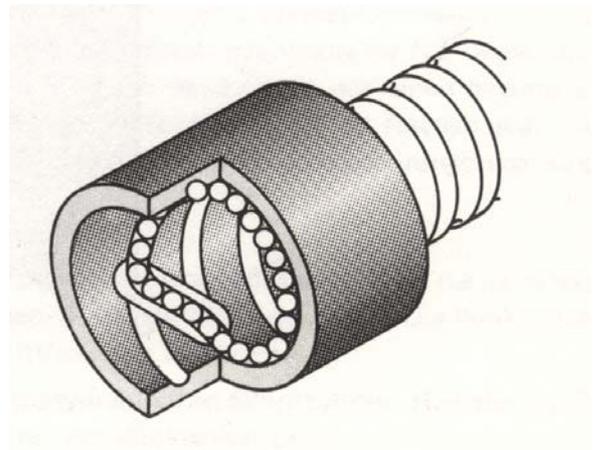
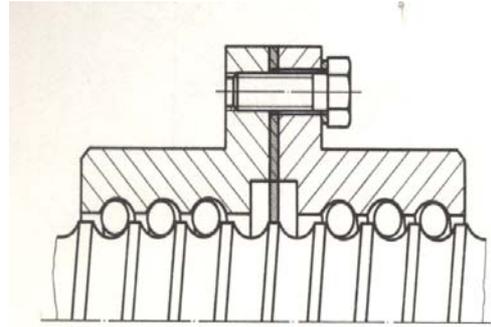
2.12 Vorschubspindel

Das Kernstück eines Vorschubgetriebes bei CNC-Maschinen ist der Kugelgewindetrieb (Kugelrollspindel). Die Kugelgewindemutter enthält ein System von Kugeln, wodurch eine reibungsarme Kraftübertragung von der Spindel auf den Schlitten gewährleistet ist. (Bild 2)

Die beiden Hälften der Mutter sind gegeneinander vorgespannt, sodass bei den Schlittenbewegungen aufgrund des geringen Gewindespiels eine hohe, wiederholbare Genauigkeit erreicht werden kann.

Die Kugelrückführung in den Müttern kann als Einsatzstück oder als Rohrsystem ausgeführt sein.

Damit die Vorschubeinrichtungen bei ungewollten Kollisionen geringeren Schaden nehmen, kann der Vorschubantrieb mitunter über eine Rutschkupplung erfolgen. Durch diese wird der Vorschubantrieb sofort stillgesetzt, wenn er auf ein Hindernis stößt.



2.13 Antriebe

Die Drehzahlen der Antriebe für die Hauptspindel und für die Vorschubbewegung können stufenlos geregelt werden.

2.13.1 Spindelantrieb:

Die Drehzahl wird von einem Tachogenerator gemessen.

Diese Istwert-Drehzahl wird mit der Sollwert-Drehzahl verglichen und bei Abweichungen wird der Motor automatisch nachgeregelt.

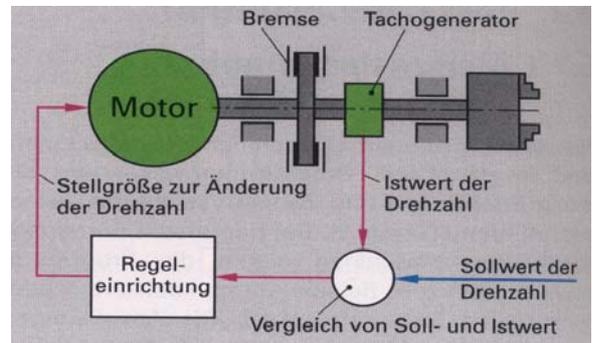


Bild: Drehzahlregelkreis

2.13.2 Vorschubantrieb:

Der Vorschubantrieb besteht meist aus einem drehzahlgeregelten Gleichstrommotor (DC) oder einem Wechselstrommotor (AC). Eine Kupplung mit Überlastschutz zwischen Antriebsmotor und Kugelgewindespindel verringern die Schäden bei einer Kollision. Bei Vorschubantrieben kommt zur Drehzahlregelung noch eine Lageregelung hinzu. Jede Achse enthält hierfür ein Wegmesssystem.

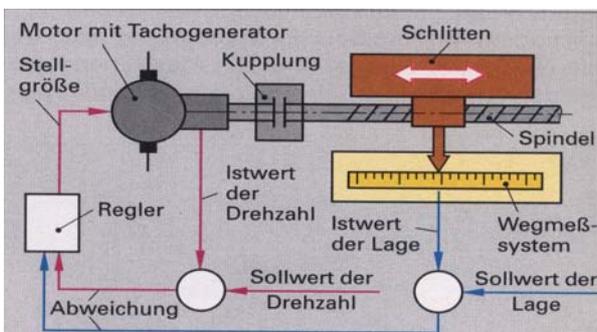


Bild: Lageregelkreis

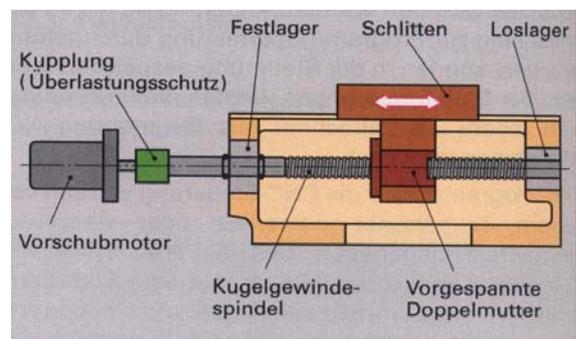


Bild: Vorschubantrieb Kugelgewindespindel

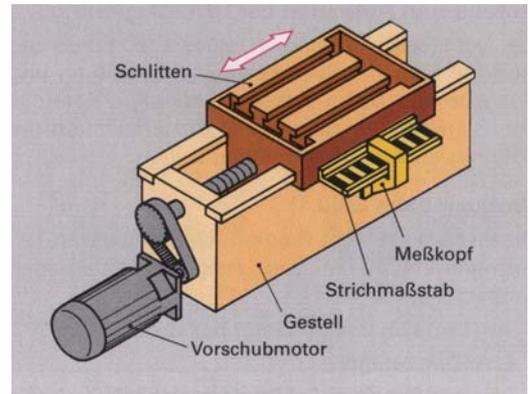
2.13.3 Anforderungen an das Vorschubgetriebe:

- Große Vorschubkräfte auf den Schlitten bereitstellen
- Sehr kleine sowie sehr große Verfahrgeschwindigkeiten ermöglichen
- Hohe Beschleunigung und schnelles Positionieren des Schlittens ermöglichen
- Große Wiederholgenauigkeit der angefahrenen Position und eine hohe Steifigkeit, um die Achsposition zu halten
- Wartungsfreiheit

2.14 Wegmessung:

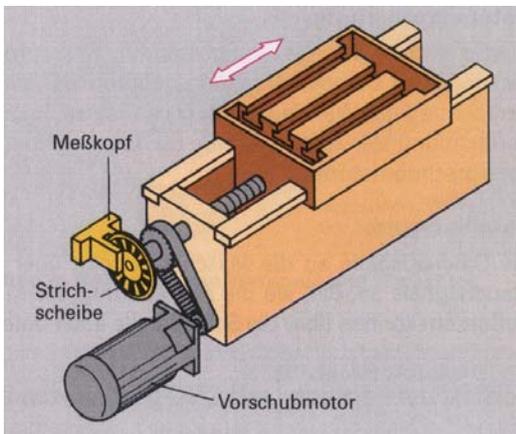
2.14.1 Direkte Wegmessung:

Bei der direkten Wegmessung befindet sich eine Messeinrichtung am Schlitten, mit der die Lage bestimmt wird. Der Strichmaßstab kann am Schlitten und der Messkopf am feststehenden Gestell oder umgekehrt angebracht sein. Die Messeinrichtung muss zum Schutz vor Verschmutzung und Beschädigung sorgfältig abgedeckt sein (keine Pressluft).



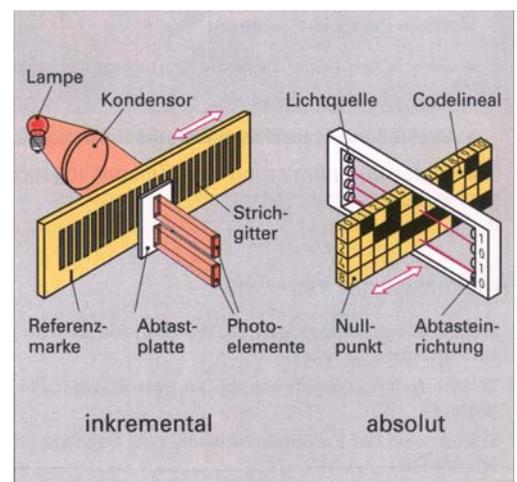
2.14.2 Indirekte Wegmessung:

Die Strichscheibe des Drehgebers ist starr mit der Vorschubspindel verbunden. Bei der Drehbewegung des Vorschubmotors werden die am Messkopf vorbeilaufenden Striche der Strichscheibe und damit die Umdrehungen gezählt. Aus der Anzahl der gemessenen Umdrehungen und der Steigung der Vorschubspindel wird durch die CNC-Steuerung die Position des Schlittens errechnet.



2.14.3 Inkrementales Wegmesssystem:

Bei diesem Messsystem werden beim Abtasten eines Strichgitters gleichgroße Messschritte addiert und subtrahiert. Die Summe der Zählimpulse entspricht dem Weg des Schlittens. Um die Position des Schlittens festzustellen, muss nach jedem Stromausfall der Referenzpunkt wieder angefahren werden.



2.14.4 Absolutes Wegmesssystem:

Jedem Teilungsschritt ist ein exakter Zahlenwert zugeordnet. Die Abtasteinrichtung erfasst durch die lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Markierungen auf dem Maßstab die Stellung des Schlittens. Es muss kein Referenzpunkt angefahren werden.

3. Vorliegende Ergebnisse:

Beginnend mit einer ganz kleinen Drehbank ist heute für die Fachleute von morgen ein Maschinenpark von 4 Fräs-Bohr-Bearbeitungszentren und 2 Drehzellen mit rotierenden Werkzeugen vorhanden.

Durch den Kauf von neuen Maschinen ist zwecks Platzmangel ein Umzug von der Lehrwerkstatt in die Mechanische Fertigung vollzogen worden.

Hier wurde ein leicht abgetrennter Ausbildungsbereich, der in die Fertigung integriert wurde, geschaffen.



War die Entscheidung richtig!
Heute sage ich ja. Es gibt viele Vorteile:

- Das Tagesgeschehen im Produktionsablauf wird miterlebt (Geräusche, Lärm, Klima, Gemeinschaft, Kollegen, usw.).
- Neue besondere Arbeiten in der Produktion sind in nächster Nähe mitzubekommen und anzusehen.
- In der Entscheidung der weiteren Tätigkeit nach der Lehre kann sich der Lehrling hier vor Ort ein besseres Bild machen.
- Maschinen in der Produktion werden mit in die Ausbildung einbezogen (z.B. neues Werkzeugeinstellgerät Zoller, Werkzeugschrumpfgerät, Werkstück-Vermessmaschine,...).
- Mit dem Erlernen der selben Steuerungen wie in der Produktion sind die Lehrlinge schnelle Fachleute von morgen.

Zur Befragung der Wunschabteilung im 4. Lehrjahr und späteren Verwendung haben mehr als die Hälfte ihr Interesse für die Mechanische Fertigung bekundet.

4. Persönliche Lernerfahrung:

Durch das vorhandene Manuskript ist eine inhaltliche, genauere und gleiche Ausbildung von Gruppe zu Gruppe viel besser möglich.

Die CNC-Maschinen Grundlagen sind für mich eine starke Orientierungshilfe, für den Ablauf der Präsentation (was wurde schon besprochen, was muss noch behandelt werden).

Anhand dieses Manuskriptes erhält der Lehrling sämtliche schriftliche Informationen über CNC-Maschinen, die er jederzeit nachlesen, sich fachlich orientieren kann sowie funktionelle Probleme eigenständig lösen kann.

Bisher noch nicht angewendet aber in Zukunft möchte ich das Wissen der Lehrlinge in einer schriftlichen Überprüfung testen.

Schmidinger Thomas am 3. August 2005