

Industriemeister/Metall

# FERTIGUNGSTECHNIK

## 5 ANWENDEN DER NUMERISCHEN STEUERUNGSTECHNIK

# 5 Anwenden der numerischen Steuerungstechnik

## Übersicht:

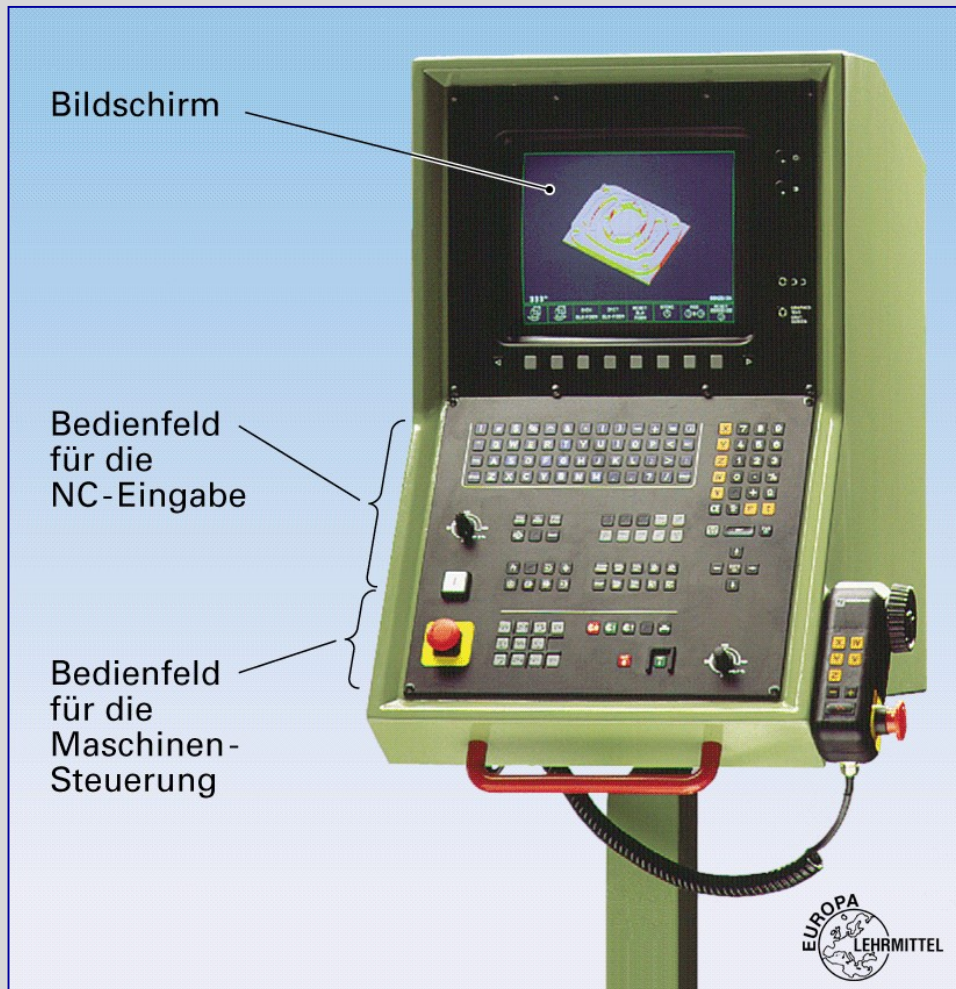
- Vorteile der Fertigung mit NC – Werkzeugmaschinen
  - Genauigkeit von NC – Werkzeugmaschinen
  - Gestaltung u. Sicherheit von NC – Maschinenarbeitsplätze
- Organisation von Fertigungsprozessen unter Nutzung rechnergestützter Informationssysteme
- Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegter Kriterien
  - Fertigungsprozessorientierte Kennzahlen

## 5.1 Numerische Steuerungstechnik

**Tabelle 1: Arten numerischer Steuerungen**

Zeichen	Abkürzung für	Erläuterung
NC	<b>numerical control</b>	durch Zahlen gesteuert
CNC	<b>computerized numerical control</b>	NC-Steuerung mit Computer
DNC	<b>direct numerical control</b>	mehrere Maschinen durch übergeordneten Rechner gesteuert

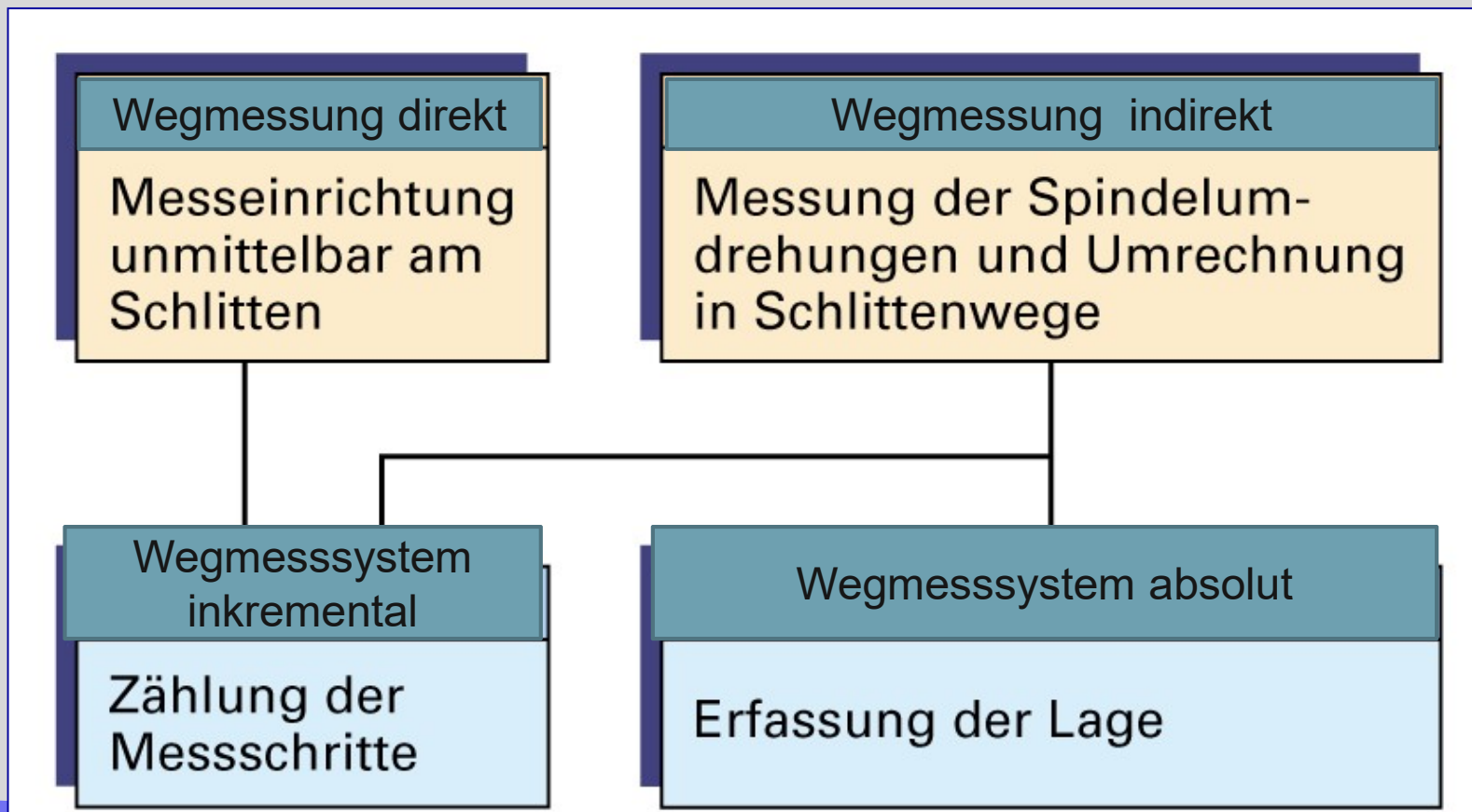
## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine





## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine

# Wegmessung und Wegmesssysteme



## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine



### Wegmesssysteme



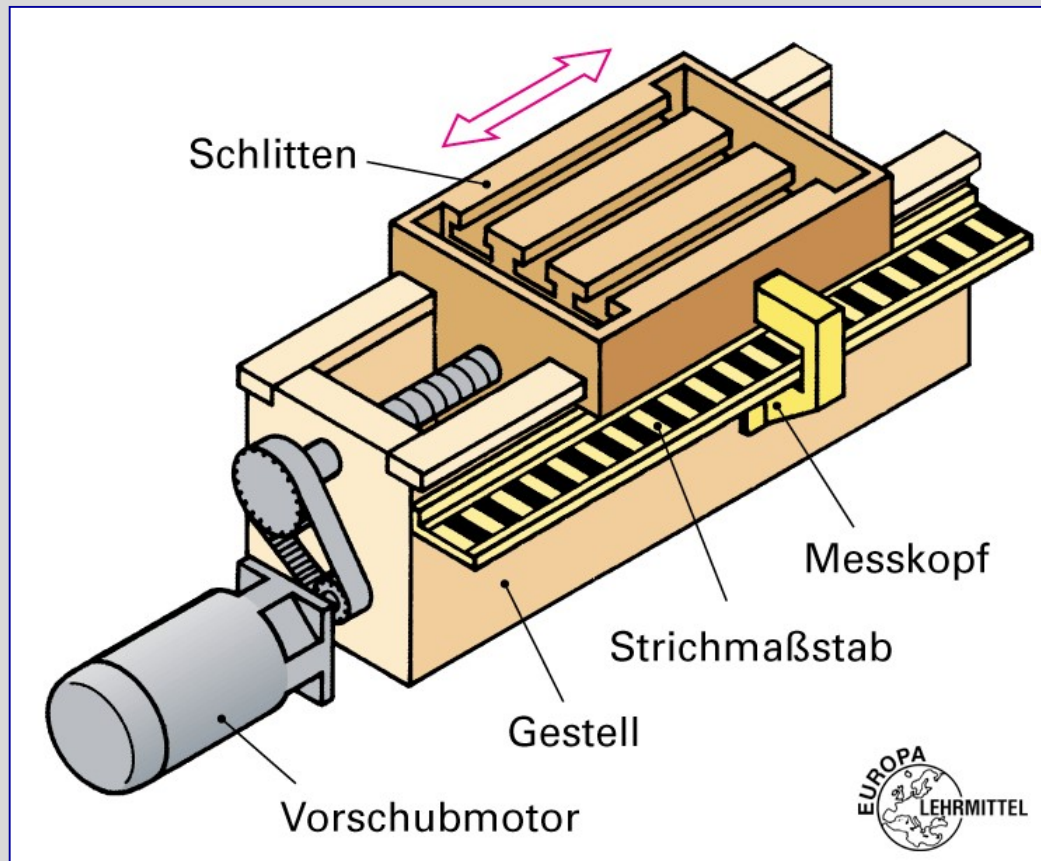
Merke:

Die genauesten Messwerte liefern  
**direkte Wegmesssysteme**

Am häufigsten werden **inkrementale  
Wegmesssysteme** verwendet

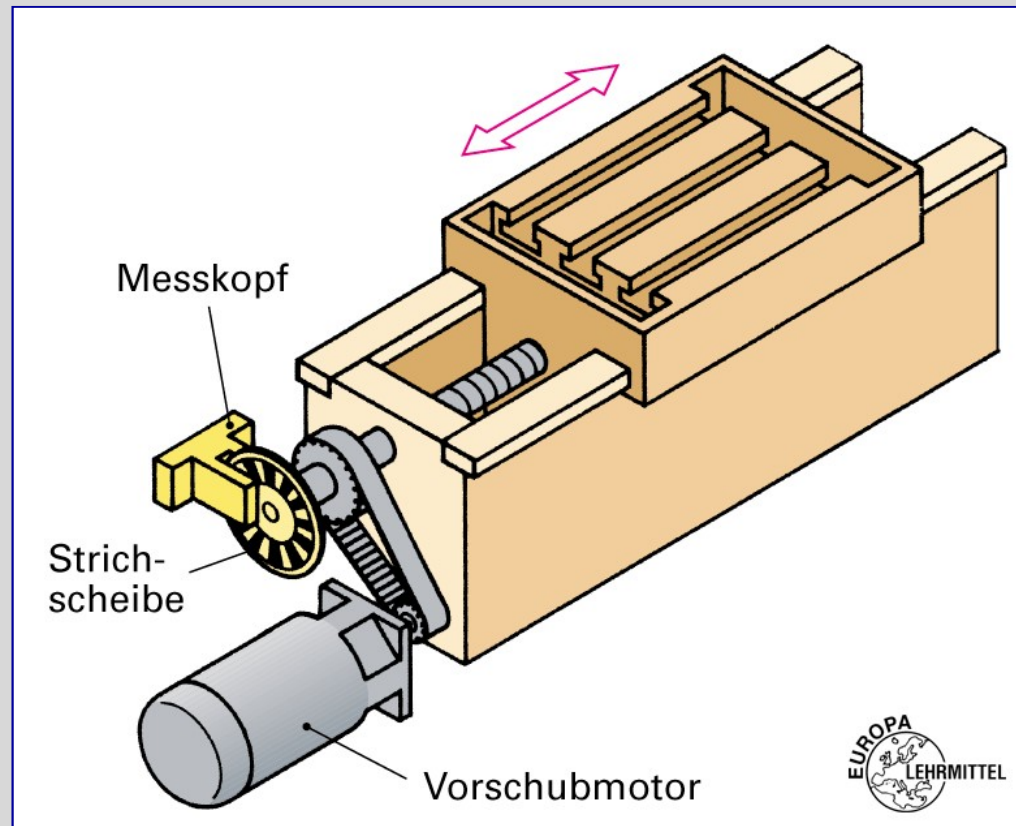
## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine

### Direkte Wegmessung



## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine

### Indirekte Wegmessung





## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine



### **Inkrementale Wegmesssysteme**



Bei diesen Messsystemen werden beim Abtasten eines Strichgitters gleich große Messschritte (Inkremente) addiert oder subtrahiert.

Die Summe der Zählimpulse entspricht dem Weg des Schlittens.

Parallel zum Strichgitter sind Referenzmarken mit bekannter Position angebracht, damit nach Stromausfall oder dem Einschalten der Maschine die Stellung des Schlittens festgestellt werden kann.

## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine



### **Absolute Wegmesssysteme**



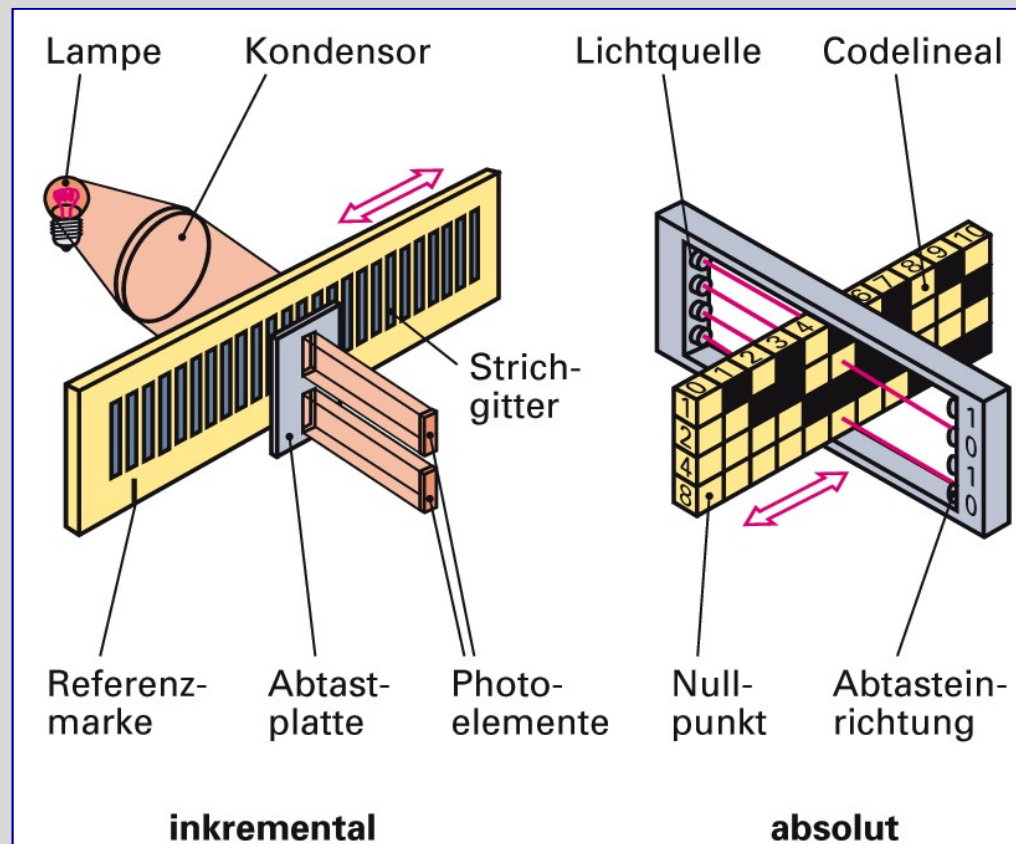
Bei absoluten Wegmesssystemen ist jedem Teilungsschritt ein exakter Zahlenwert zugeordnet.

Die Abtasteinrichtung erfasst durch die lichtdurchlässigen und undurchlässigen Markierungen auf dem Maßstab die Stellung des Schlittens.

**Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung steht die Position der Maschinenachse ohne Anfahren einer Referenzmarke fest.**

## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine

# Inkrementale und absolute Wegmesssysteme



## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine



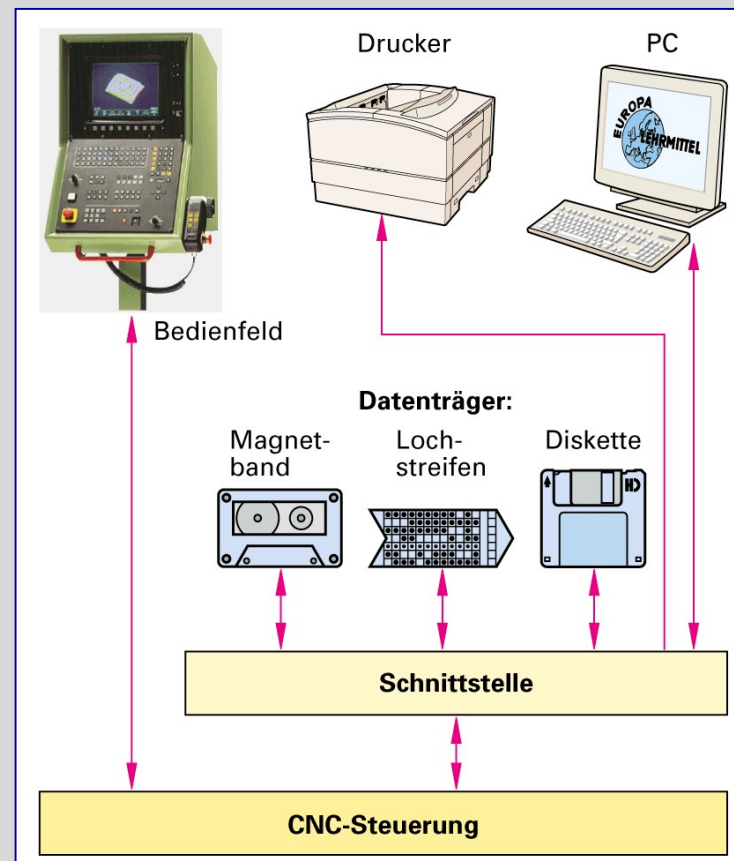
### Merke



Bei **inkrementalen Wegmesssystemen** muss nach dem Einschalten der Versorgungsspannung zuerst eine Referenzmarke angefahren werden.

## 5.1.1 Technische Merkmale einer NC-Maschine

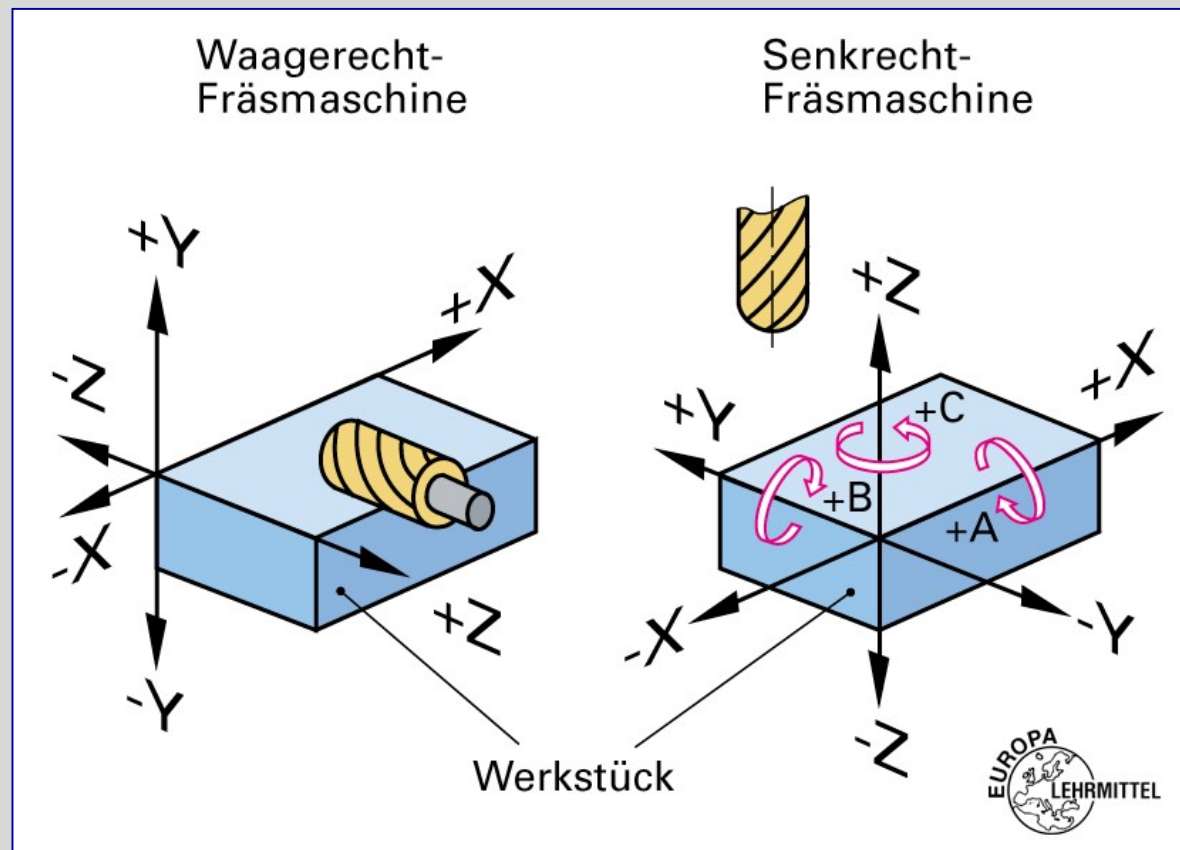
# Möglichkeit der Daten ein- und -ausgabe





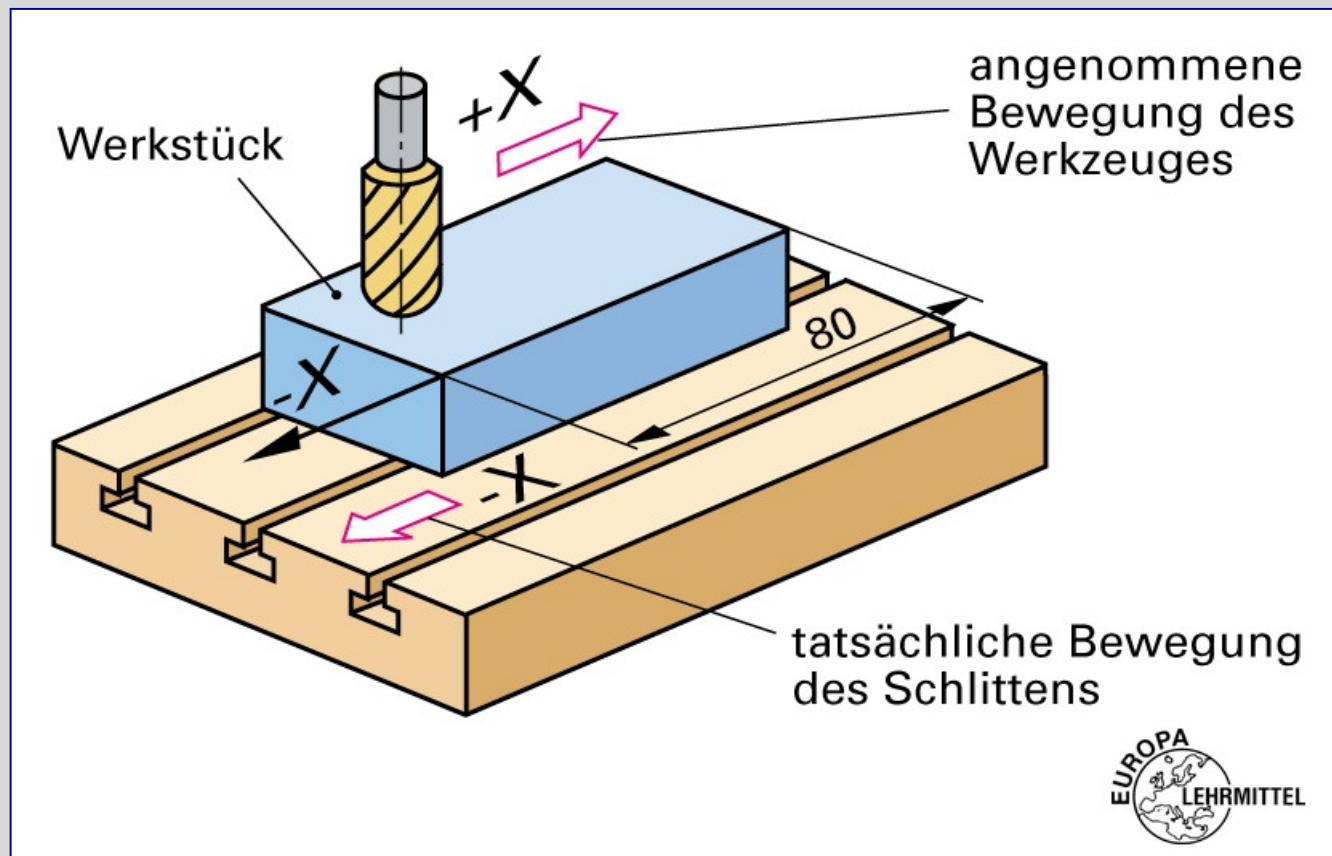
## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

# Koordinaten bei Fräsmaschinen



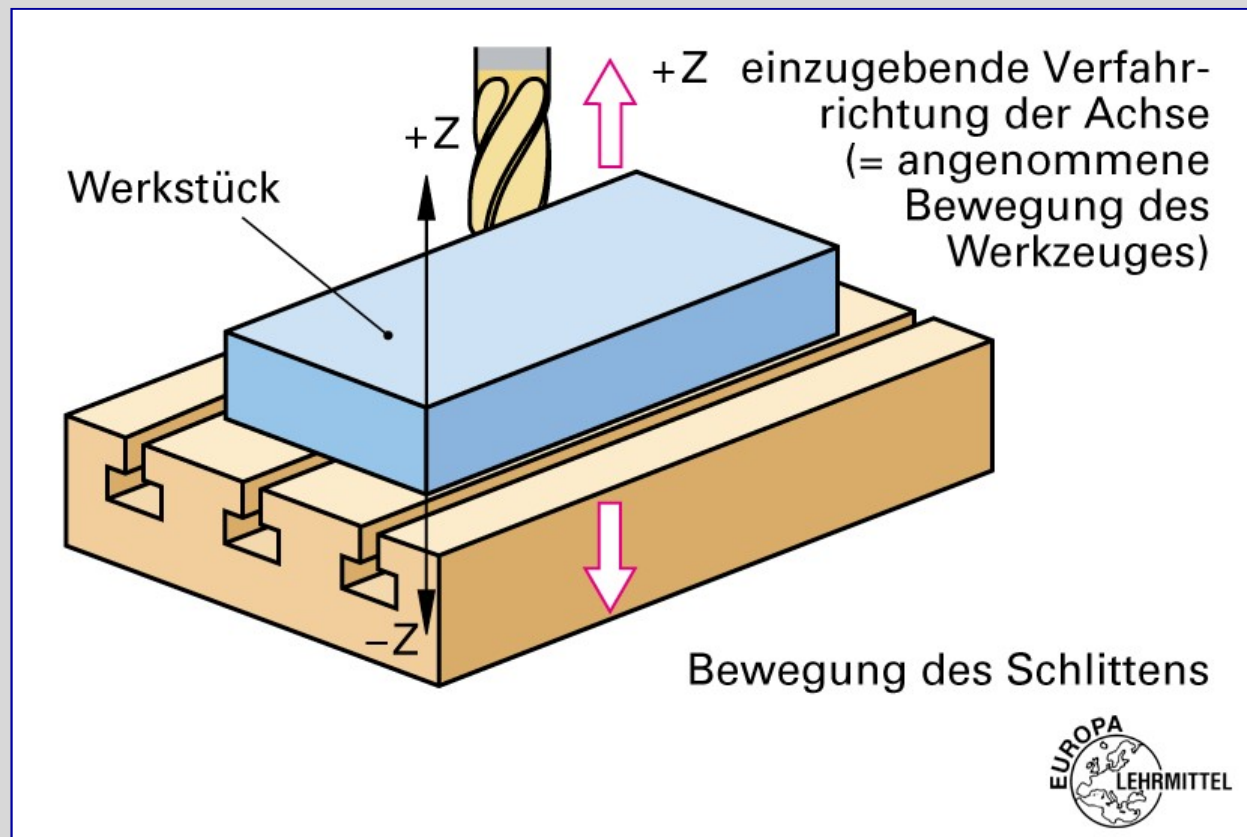
## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

# Bewegung von Werkzeug und Werkstück



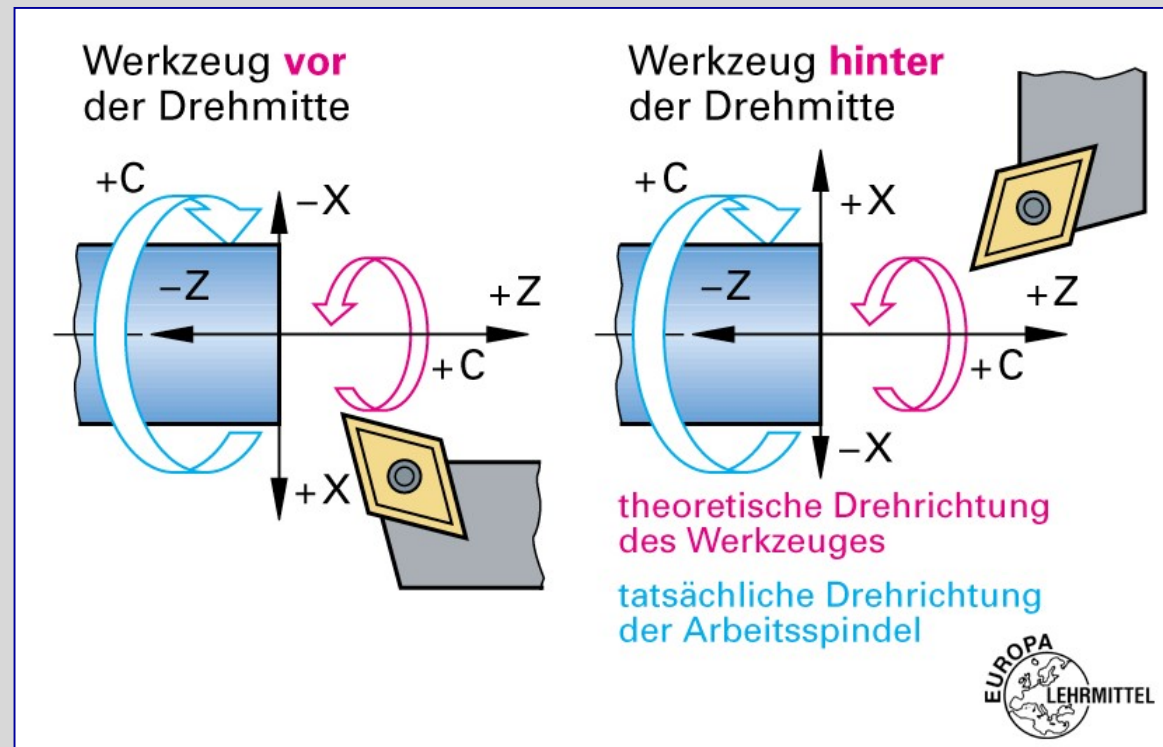
## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

### Verfahren des Schlittens in der Z - Achse



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

# Koordinaten bei Drehmaschinen



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess



### **Nullpunkte und Bezugspunkte**



#### **Maschinennullpunkt M**

Der Maschinennullpunkt ist der gemeinsame Nullpunkt der Maschinenkoordinaten.

Er wird vom Maschinenhersteller festgelegt und kann nicht verändert werden

#### **Referenzpunkt R**

Zur Eichung von inkrementellen Wegmesssystemen muss nach dem Einschalten der Maschine der Maschinenpunkt angefahren werden.

Dies ist nicht bei allen Maschinen möglich.

In diesen Fällen wird ein anderer, genau festgelegter Punkt, der Referenzpunkt angefahren.



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess



### **Nullpunkte und Bezugspunkte**



#### **Werkzeugträgerbezugspunkt T**

Der Werkzeugträgerbezugspunkt wird von der Achse und der Anschlagfläche für die Werkzeugaufnahme gebildet.

#### **Werkstücknullpunkt W**

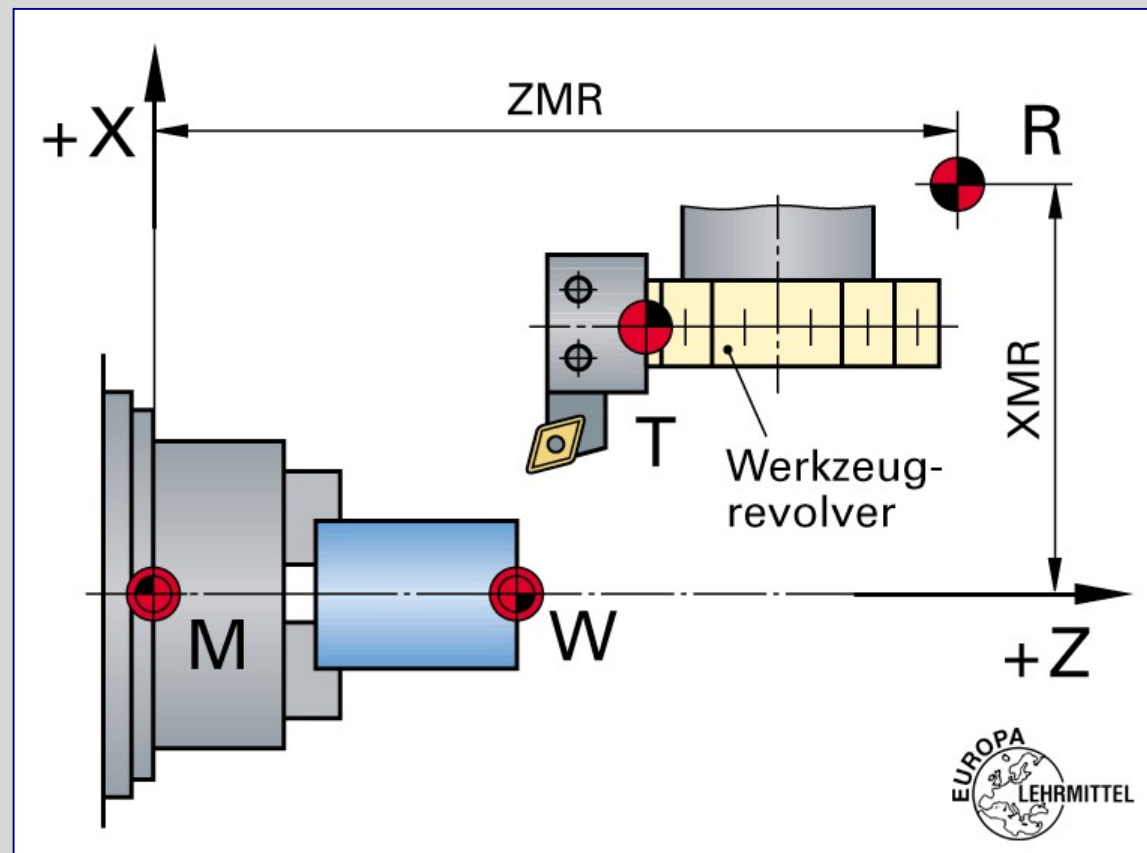
Bei der Programmierung der Werkstückgeometrie müssten sich alle Maße auf den Maschinennullpunkt beziehen.

Da dies umständlich ist, legt der Programmierer einen Werkstücknullpunkt fest.

Er wird so gewählt, dass möglichst viele Koordinatenwerte aus der Zeichnung übernommen werden können oder seine Lage im Arbeitsraum leicht festgestellt werden kann.

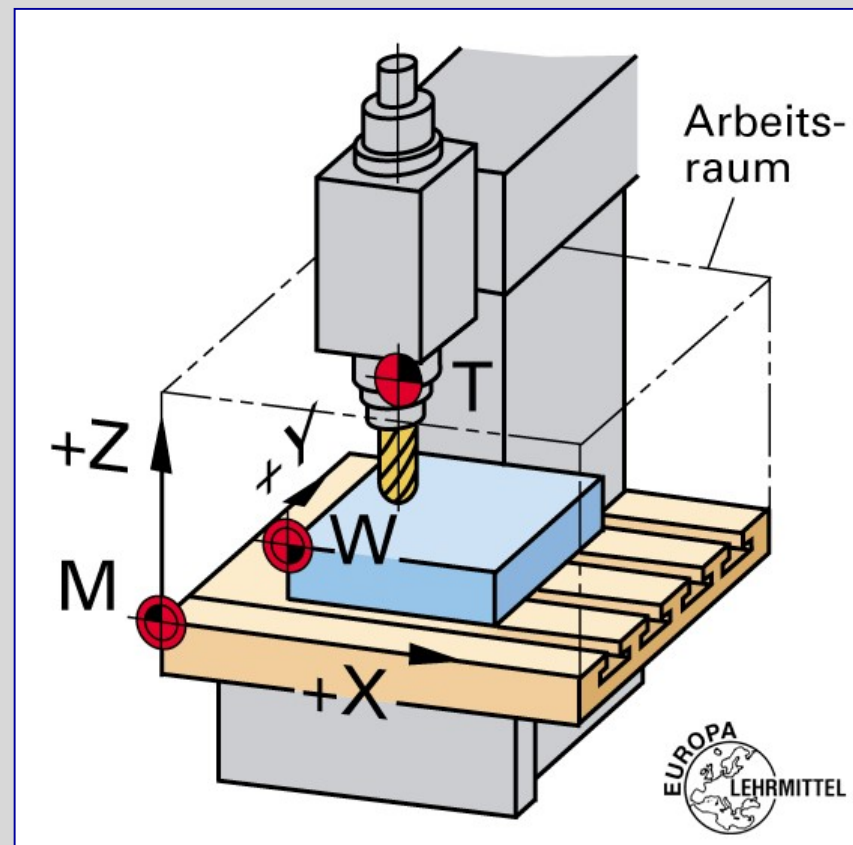
## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

# Null- und Bezugspunkte an der Drehmaschine



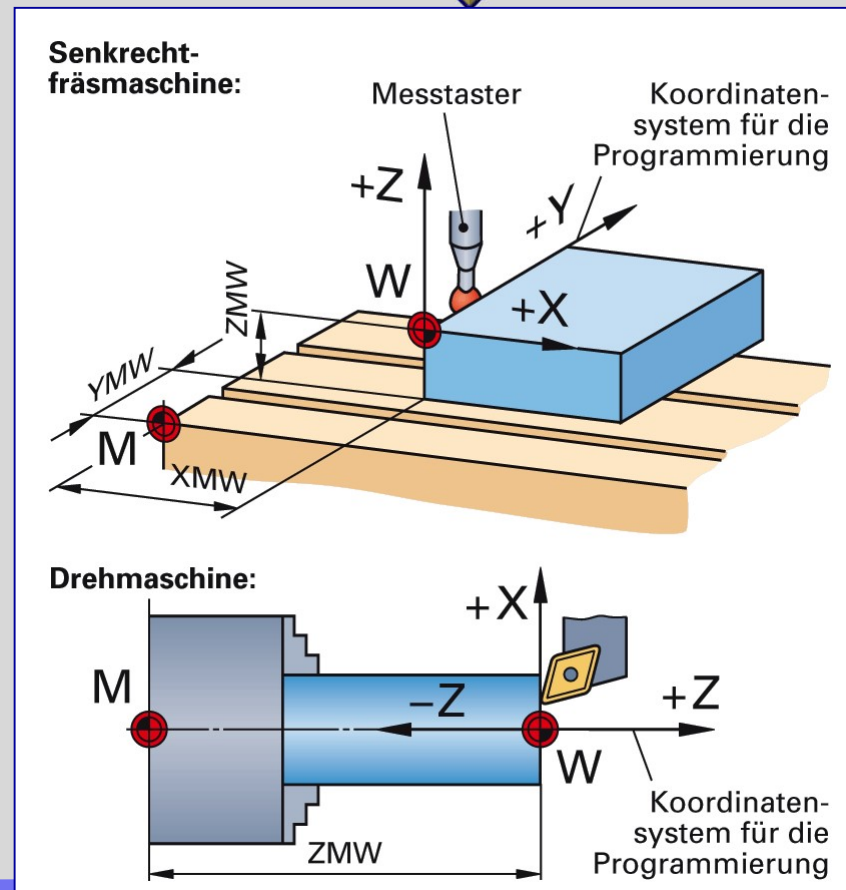
## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

# Null- und Bezugspunkte an der Fräsmaschine



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

# Günstige Lage des Werkstücknullpunktes



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

### Steuerungsarten

A large, yellow, downward-pointing arrow with a black outline, indicating a flow from the title to the main text.

NC – Maschinen sind je nach Anforderung mit einer **Punkt-, Strecken-, oder Bahnsteuerung** ausgerüstet.



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess



### **Punktsteuerung**



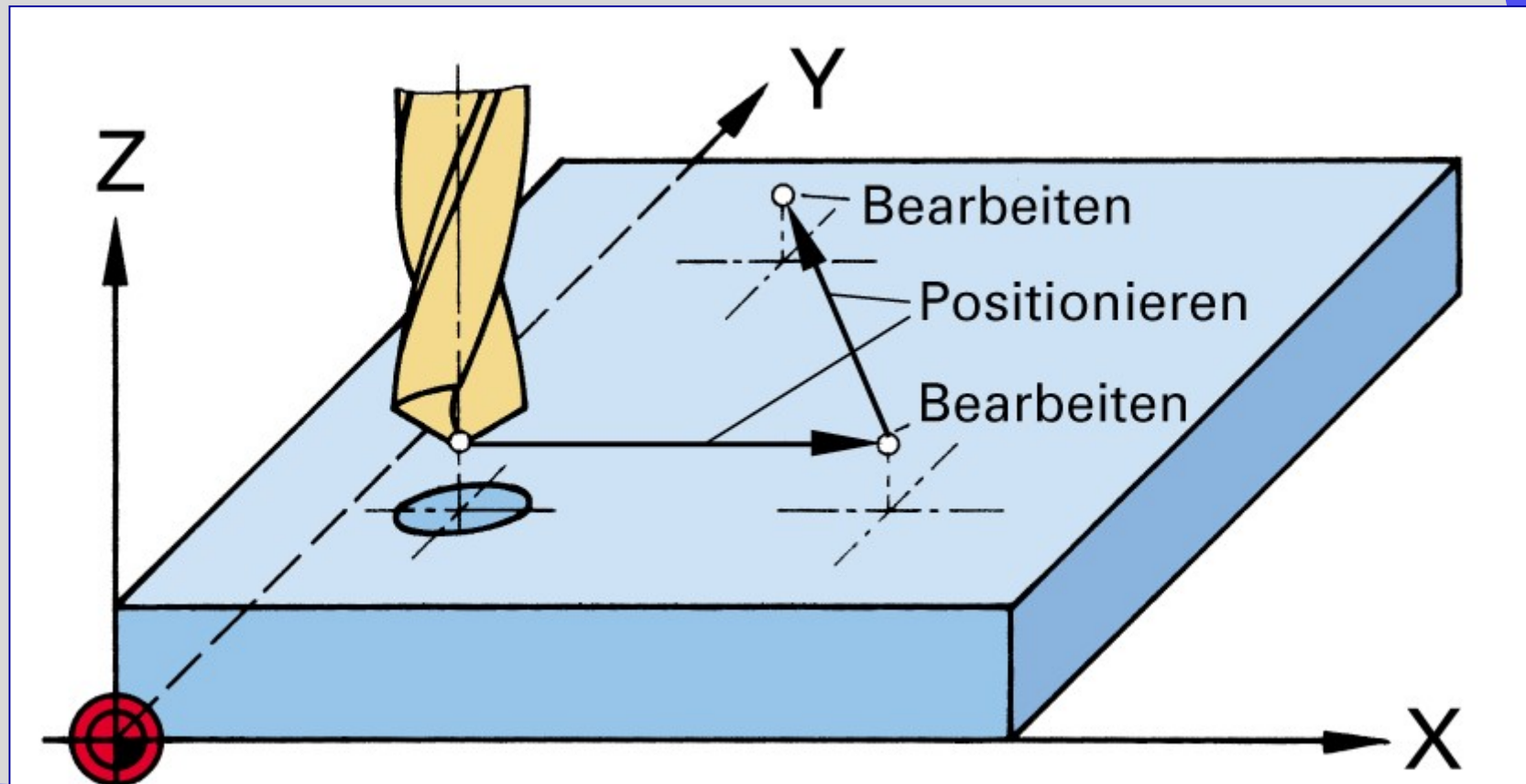
Diese einfache CNC- Steuerung wird eingesetzt, wenn das Werkzeug an einer bestimmten Stelle positioniert werden soll.

#### Anwendung:

NC – Bohrmaschinen, Punktschweißmaschinen

## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

### Punktsteuerung



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess



### Streckensteuerung

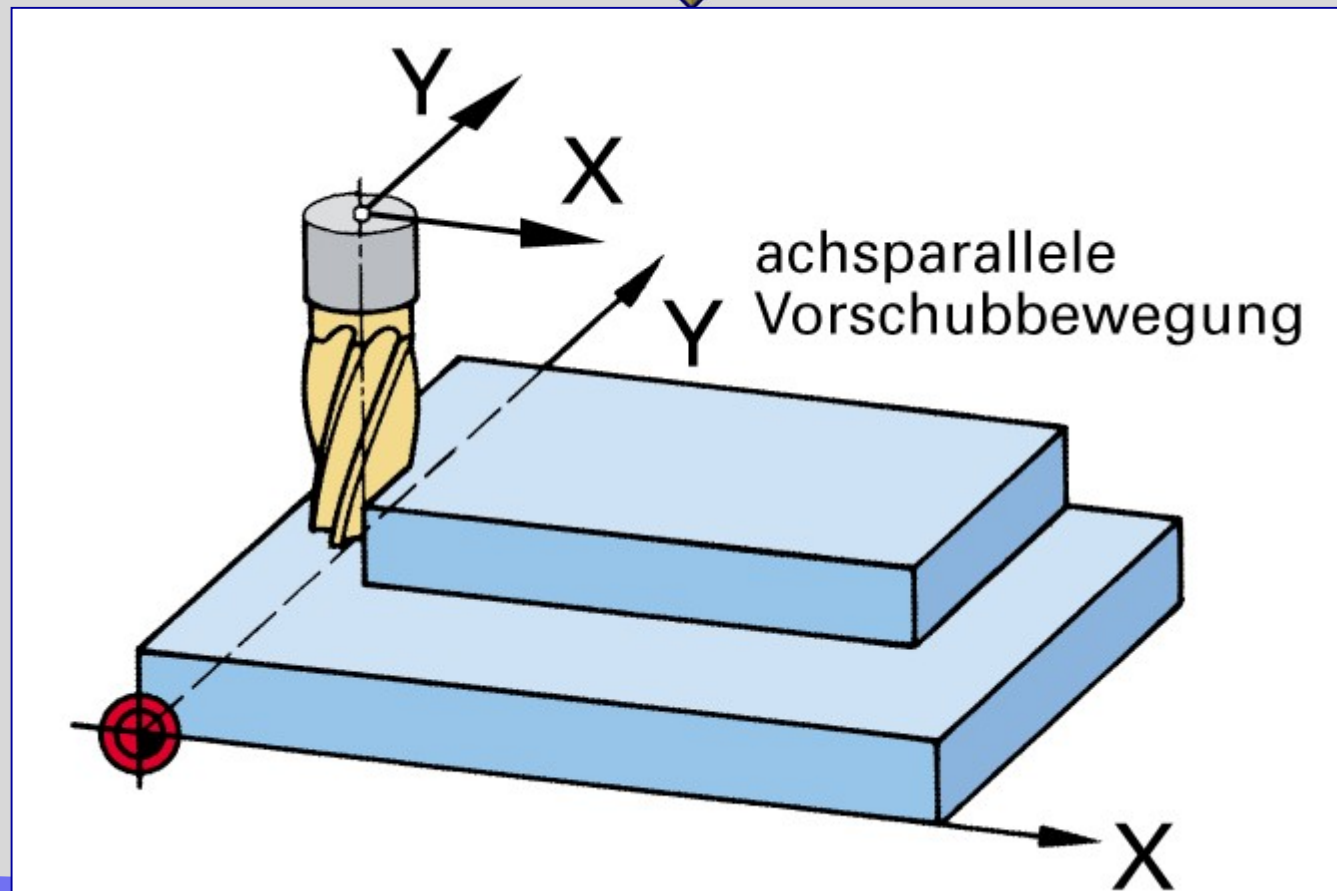


Mit Streckensteuerungen sind meist nur achsparallele Vorschubbewegungen möglich.

Anwendung:  
Zur Steuerung einfacher Werkzeugmaschinen

## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

### Streckensteuerung



## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess



### **Bahnsteuerungen**



Mit Bahnsteuerungen können Schlitten oder Werkzeugträger gleichzeitig in 2 oder mehr Achsen verfahren werden.

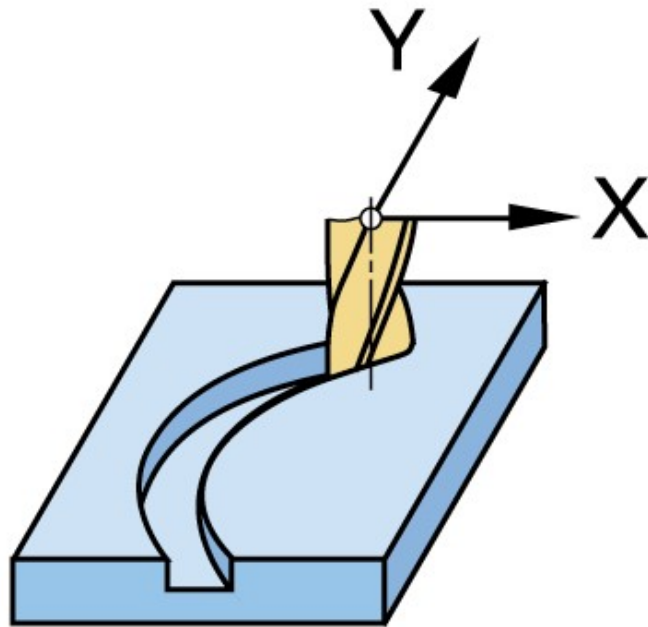
#### Anwendung:

3D – Bahnsteuerung bei CNC – Fräsmaschinen zum bearbeiten von 3 D -Konturen

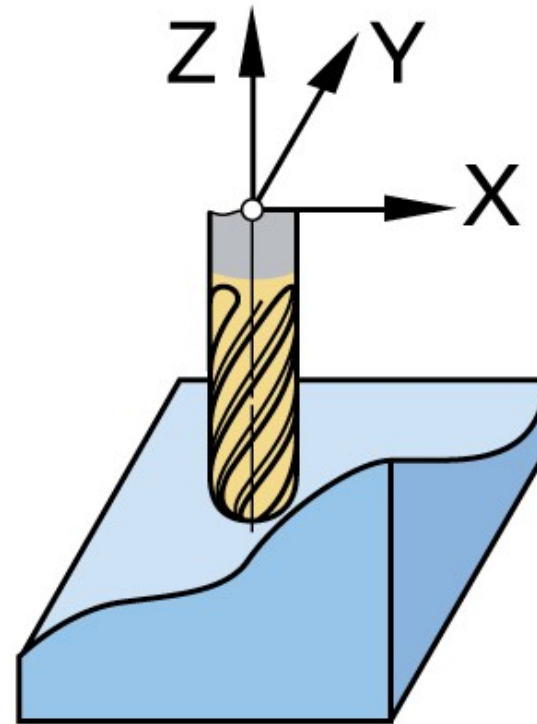


## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

### Bahnsteuerungen



2D-Bahnsteuerung



3D-Bahnsteuerung

## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess



### **Werkzeugvermessung**



#### **Externe Werkzeugvermessung**

Die Voreinstellung und Vermessung der Werkzeuge erfolgt meist extern, außerhalb der Werkzeugmaschine, z.B. in einem Werkzeugvoreinstellgerät oder einer Werkzeug - Messmaschine

#### **Interne Werkzeugvermessung**

Die Vermessung erfolgt durch Ankratzen des Werkzeugs am Werkstück.

Bei manchen Drehmaschinen erfolgt die Werkzeugvermessung in der Maschine.

Der Schneidenpunkt P jedes einzelnen Werkzeugs wird unter das Fadenkreuz einer optischen Messeinrichtung gefahren und die gemessenen Korrekturmaße des Werkzeugs werden in den Werkzeugkorrekturspeicher übernommen.

## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

### Welche Punkte sprechen für den wirtschaftlichen Einsatz von CNC – gesteuerten Maschinen



- Einsparung von Rüstzeiten durch die Verwendung weniger oder einfacherer Spannvorrichtungen
- kürzere Rüstzeiten durch voreingestellte Werkzeuge und erprobte Bearbeitungsgänge, die oftmals nur noch optimiert werden müssen
- Geringe Nebenzeiten durch schnellen Werkzeugwechsel beim Einsatz von automatischen Werkzeugwechselsystemen
- Verringerung der Hauptzeiten durch die Einstellung optimaler Vorschub- und Schnittgeschwindigkeitswerte in jedem Bearbeitungsschritt
- Verringerung des Kontrollaufwandes und weniger Ausschuss aufgrund der hohen Wiederholgenauigkeit von NC - Maschinen

## 5.1.2 Einfluss von NC – Steuerungen auf den Fertigungsprozess

**Welche Kostenarten werden beim Einsatz von CNC – Maschinen benötigt?**



- **Die Kosten für die Programmerstellung** sowie für die Konstruktion, Herstellung und Erprobung von Vorrichtungen, die als Vorbereitungskosten insgesamt nur einmal vorkommen
- **Die Rüstkosten** an und außerhalb der Maschine sowie die Kosten für die Auftragserteilung und Terminsteuerung, die bei jedem Fertigungsauftrag einmal entstehen und als Auftragswiederholkosten mit eingerechnet werden
- **Die Lohnkosten des Maschinenbedieners**, die Maschinen- und Werkzeugkosten sowie die Folgekosten (Kontroll-, Ausschuss- und Nacharbeitskosten), die mit der Anzahl der gefertigten Werkstücke steigen und für jedes einzelne Werkstück entstehen

## 5.1.3 Vorteile der Fertigung mit NC – Werkzeugmaschinen



### Vorteile der CNC-Fertigung



Gleich bleibende, hohe Fertigungsgenauigkeit

Kurze Fertigungszeit

Herstellung komplizierter Werkstücke möglich

Einfache Optimierung des Zerspanungsprozesses

Einfache Wiederholung gespeicherter Programme

Hohe Flexibilität

Gute Automatisierungsmöglichkeiten

Mehrmaschinenbedienung möglich

## 5.1.5 Gestaltung und Sicherheit von Maschinenarbeitsplätzen

### Gestaltung der Arbeitsplätze nach folgenden Gesichtspunkten



#### ➤ **Psychologische Gesichtspunkte**

Der Arbeitsplatz sollte so gestaltet werden, dass der Facharbeiter in einer angenehmen Umwelt und Arbeitsatmosphäre tätig ist. Es soll ein abwechslungsreiches Arbeiten an der Maschine ermöglicht werden.

#### ➤ **Organisatorische Gesichtspunkte**

Die Arbeit sollte an der Maschine so organisiert sein, dass die Arbeitszeiten dem biologischen Tagesrhythmus des Facharbeiters entsprechen. Während der Arbeitszeit sollten mehrere kurze Pausen anstelle einer langen Pause möglich sein. Der Maschinenbediener muss, bevor er an der Maschine selbständig arbeitet mit den Funktionen der Werkzeugmaschine vertraut sein

#### ➤ **Ergonomische Gesichtspunkte**

Bei der Gestaltung des Arbeitsplatzes müssen die menschlichen Körpermaße berücksichtigt werden. Die Körperhaltung der Fachkraft an der Maschine darf nicht zur Ermüdung führen. Das Einrichten der Maschine sollte mit einem geringen Muskelaufwand erfolgen können. An der Maschine sollte die Belastung des Bedieners durch Lärm, Staub oder Hitze möglichst gering sein.

#### ➤ **Sicherheitstechnische Gesichtspunkte**

Der Maschinenbediener muss vor der Werkzeugmaschine so geschützt werden, dass keine Arbeitsunfälle auftreten können. Hierbei hat der Arbeitsschutz des Bedieners Vorrang vor dem wirtschaftlichen Einsatz der Maschine.



## 5.1.5 Gestaltung und Sicherheit von Maschinenarbeitsplätzen



### Sicherheitsvorschriften



➤ Sicherheitseinrichtungen dürfen nicht außer Kraft gesetzt werden

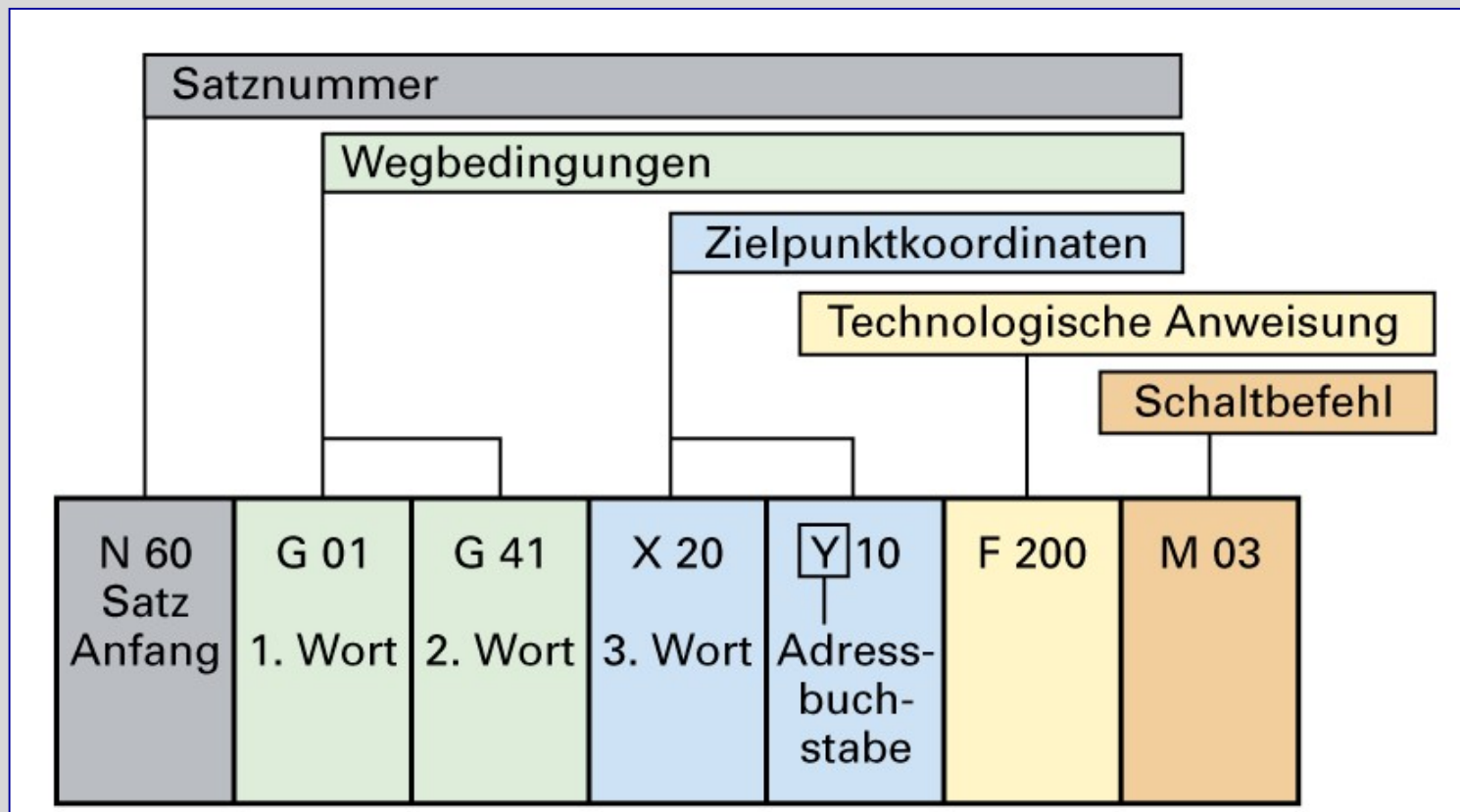
➤ Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten muss der Hauptschalter am Schaltschrank außer Betrieb gesetzt werden und gegen Wiedereinschalten gesichert werden

➤ **Arbeiten und Reparaturen an elektrischen Einrichtungen der Maschine dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden**

➤ Das Einrichten der Maschine darf nur von einer ausgebildeten Fachkraft durchgeführt werden

## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

### Aufbau NC - Programm



## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

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



- **Wegbedingungen (G)**, welche die Art der Bewegung bestimmen, z.B. Eilgang, Linear- oder Kreisinterpolation, Ebenenauswahl, Bemaßungsart, Korrekturen

- **Geometrische Anweisungen (X, Y, Z.....)** zur Steuerung der Schlittenbewegungen

## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

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



- **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

- **Zyklen- oder Unterprogrammaufrufe** für häufig wiederkehrende Programmabschnitte

**Tabelle 2: G-Funktionen (Auswahl)**

Code	Bedeutung
G00	Positionieren im Eilgang
G01	Geradeninterpolation
G02	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn
G03	Kreisinterpolation im Gegenuhrzeigersinn
G40	Aufheben der Werkzeugbahnkorrektur
G41	Werkzeugbahnkorrektur, Werkzeug links
G42	Werkzeugbahnkorrektur, Werkzeug rechts
G53	Löschen der Nullpunktverschiebung
G59	programmierbare Nullpunktverschiebung
G90	absolute Maßangaben
G96	konstante Schnittgeschwindigkeit
G98	vorläufig frei verfügbar

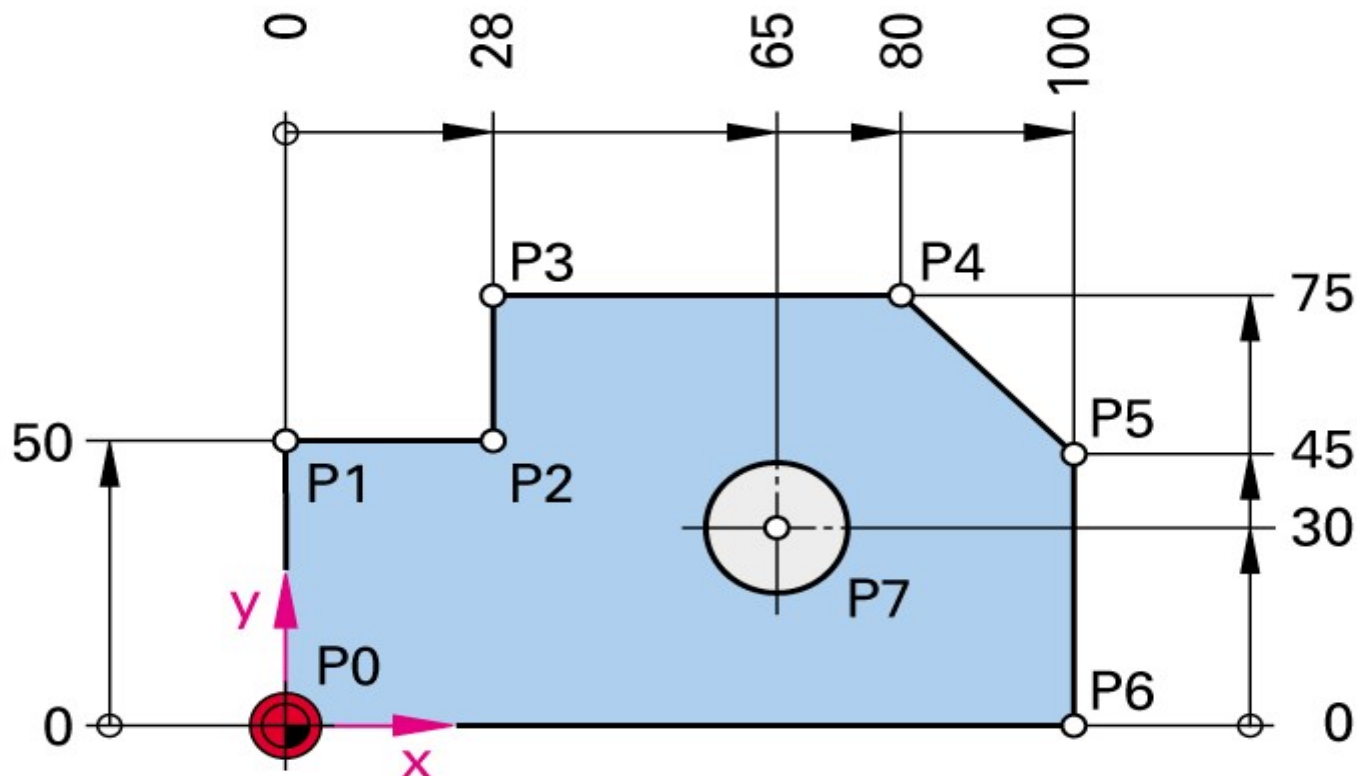
### Tabelle 3: M-Funktionen (Auswahl)

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



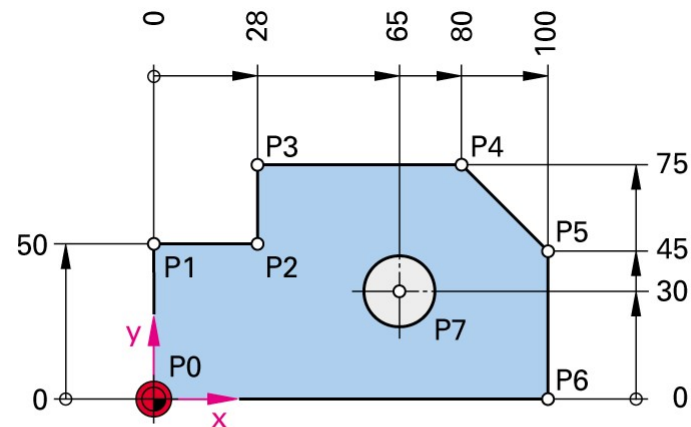
## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

**Erstellen Sie die Absolutbemaßung der Platte**



## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

### Lösung Absolutbemaßung Platte

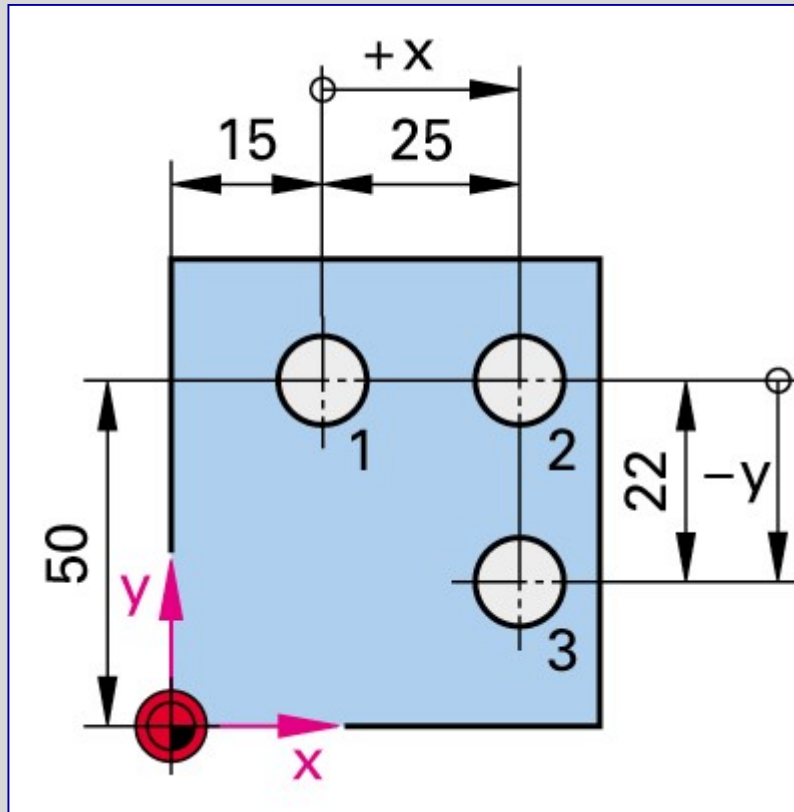


**Koordinatentabelle (G90)**

Punkt	X	Y	Punkt	X	Y
P0	0	0	P4	80	75
P1	0	50	P5	100	45
P2	28	50	P6	100	0
P3	28	75	P7	65	30

## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

### Inkrementalbemaßung von Bohrungen



#### Koordinatentabelle

Wegbedingung	Position	X	Y
G90	1	15	50
G91	2	25	0
	3	0	-22

## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien



### Merke



Bei der Programmierung mit **Absolutmaßen** (G90) beziehen sich alle Maße auf den **Werkstücknullpunkt**.

Bei der Programmierung mit **Inkrementalmaßen** (G91) wird der Zuwachs zum **vorangehenden Punkt** vorzeichenrichtig angegeben.

## 5.2.1 Strukturierung des Fertigungsprozesses nach festgelegten Kriterien

### Organisationsformen der Programmierung

A large yellow arrow with a black outline, pointing downwards from the title box to the first bullet point.

#### ▪ **Werkstattprogrammierung**

Wird das CNC – Bearbeitungsprogramm unmittelbar in der Werkstatt erstellt  
(WOP = Werkstattorientierte Programmierung)

#### ▪ **Zentrale Programmierung**

Hier erstellt die Arbeitsvorbereitung die NC – Programme.  
Diese Programmierung wird auch als maschinenentfernte Programmierung  
oder als Offline – Programmierung bezeichnet

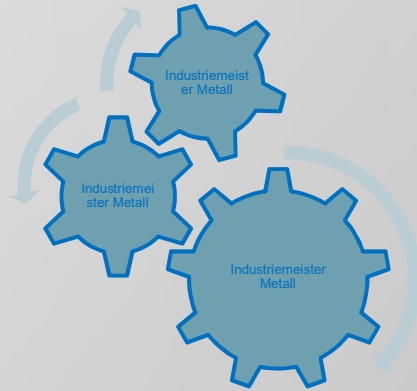
## 5.2.2 Fertigungsorientierte Kennzahlen

### Schnittwertdaten



Die Schnittwertdaten enthalten die einsetzbaren Schneidstoffe mit ihren jeweiligen Schnittwerten des Werkzeugherstellers wie Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Zustellmaß. Als Schneidstoff werden verwendet:

- **Schnellarbeitsstahl** Warmhärte bis 600 Grad C, hohe Zähigkeit
- **Hartmetalle** Warmhärte bis 900 Grad C, hohe Härte, geringe Zähigkeit
- **Beschichtete Hartmetalle** verhältnismäßig hohe Zähigkeit
- **Schneidkeramik** Warmhärte bis 1200 Grad C, hohe Härte, Verschleißfestigkeit



Industriemeister/Metall

# FERTIGUNGSTECHNIK

## 5 ANWENDEN DER NUMERISCHEN STEUERUNGSTECHNIK