

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

CNC-Technik

Grundlagen und Programmierung



Berufsschul-
ausgabe

Inhaltsverzeichnis

GLIEDERUNG UND THEMENÜBERSICHT

Die Gliederung des vorliegenden Lehrbuchs „CNC-Technik“ ist durch Großbuchstaben von A bis J gekennzeichnet. Jeder Großbuchstabe steht für ein Hauptkapitel. Die einzelnen Kapitel sind in sich durch angehängte Ziffern weiter in Abschnitte unterteilt, z.B. A1 und A2. Dadurch lassen sich die verschiedenen Themenbereiche sicher und schnell aufschlagen.

Eine ausführliche Inhaltsangabe der einzelnen Abschnitte erfolgt innerhalb des Lehrgangs immer am Beginn eines neuen Abschnitts.

Themenübersicht		Seite
	Vorwort	5
A	Einführung	
	A1 Numerisches Steuern von Werkzeugmaschinen	9-11
	A2 Baugruppen und Funktionen von CNC-Werkzeugmaschine	13-15
B	Planung einer NC-Bearbeitung	
	B1 Geometrische Grundlagen	17-24
	B2 NC-Werkzeuge und Schnittwerte	25-29
	B3 Programmaufbau nach DIN 66025	31-38
	B4 Vorbereitung und Planung einer NC-Bearbeitung	39-44
C	Programmierung 1	
	C1 Nullpunktverschiebung und Werkzeugkorrektur	45-51
	C2 Fräserradius-Bahnkorrektur	53-59
	C3 Drehen mit CNC-Werkzeugmaschinen	61-67
D	Steuerung von CNC-Werkzeugmaschinen	
	G1 Kreisprogrammierung beim Fräsen	87-94
	G2 Kreisprogrammierung beim Drehen	95-97
I	Programmieraufgaben 1	
	5 Aufgaben zum Fräsen (Werkstückzeichnungen F2 – 1 bis F4 – 2)	99-103
	4 Aufgaben zum Drehen (Werkstückzeichnungen D2 – 1 bis D4 – 2)	104-107
J	Anhang	
	J1 Steuerungs- und Maschinendaten	110-111
	J2 Werkzeugdaten und Schnittwerte beim Fräsen, Bohren und Drehen	112-114
	J3 Formulare (Arbeitsformulare und Kopiervorlagen)	115-118
	J4 Befehlslisten zur NC-Programmierung	119-123

Vorwort

Vorbemerkungen

Der vorliegende CNC-Lehrgang wurde speziell für die Berufsschule zusammengestellt. Er ist eine gekürzte Ausgabe der Christiani-Lehrgangsreihe

„FERTIGUNGSTECHNIK MIT CNC-WERKZEUGMASCHINEN“, die aus zwei Teilen besteht:

CNC 1 – Grundlehrgang CNC-Fräsen und CNC-Drehen
CNC 2 – Aufbaulehrgang CNC-Fräsen und CNC-Drehen

Die Berufsschulausgabe ist auf die Lerngebiete der **neugeordneten** Metallberufe abgestimmt.

Für Zerspanungsmechaniker der Fachrichtung „Drehtechnik, Automatendrehtechnik und Frästechnik“ sind weitere Lerngebiete ausgewiesen, die von der kurzgefassten Berufsschulausgabe nicht abgedeckt werden können.

Es empfiehlt sich deshalb für diese Fachrichtungen – aber auch für Meister- und Technikerschulen sowie für die Erwachsenenbildung – die Normalausgaben CNC 1 und CNC 2 zu verwenden, denn sie decken die erweiterten Lerngebiete ab.

Die Lehrerbände der Normalausgaben enthalten auch die Antworten und Lösungsvorschläge zur vorliegenden Berufsschulausgabe.

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG, Konstanz

B1 Geometrische Grundlagen

Regel 3:

Das Koordinatensystem ist rechtwinklig und rechtshändig festgelegt (Rechte-Hand-Regel, Bild 1).

Mit der Rechte-Hand-Regel lässt sich die Lage der einzelnen Achsen eindeutig bestimmen; somit auch die der „Y-Achse“.

● Achsenzuordnung nach der „Rechte-Hand-Regel“:

Hält man den Mittelfinger der rechten Hand in die Richtung der Zustellachse (Z-Achse), dann zeigt der abgespreizte Daumen in die Richtung der X-Achse und der Zeigefinger in die Richtung der Y-Achse (Bild 1).

Regel 4:

Das Koordinatensystem wird stets auf das Werkstück bezogen.

Beim Programmieren geht man deshalb immer davon aus, dass das Werkstück stillsteht und das Werkzeug sich bewegt.

Die Werkzeugbewegung erfolgt also relativ¹ zum Koordinatensystem des ruhend gedachten Werkstücks.

● Das 3achsige Koordinatensystem und seine Ebenen

Mit dem 3achsigen Koordinatensystem entstehen 3 Ebenen (Bild 2):

-X/Y-Ebene: Sie ist die Grundebene einer Senkrecht-Werkzeugfräsmaschine mit Zustellung in Z-Richtung oder die Grundebene einer Universal-Werkzeugfräsmaschine mit waagrechter Arbeitspindel.

-X/Z-Ebene: Sie ist die Grundebene einer senkrecht eingesetzten Universal-Werkzeugfräsmaschine mit Zustellung in Y-Richtung.

-Y/Z-Ebene: Sie ist die Grundebene einer Universal-Werkzeugfräsmaschine deren Senkrechtfräskopf um 90° geschwenkt wurde. Die Zustellung erfolgt in X-Richtung.

● Beispiele für Achsenbezeichnungen bei Werkzeugfräsmaschinen

Die Bilder 3 und 4 zeigen Fräsarbeiten mit einer Senkrecht-Werkzeugfräsmaschine und einer Universal-Werkzeugmaschine.

Dabei ist zu beachten, dass die Blickrichtung bei den beiden Werkzeugmaschinen verschieden ist.

Hinsichtlich der Achsenbezeichnung entsprechen aber beide Werkzeugmaschinen den Regeln nach DIN 66217.

Beachte:

1. Bei Universal-Werkzeugfräsmaschinen werden die Bewegungsachsen auf die waagrecht liegende Arbeitspindel bezogen (Bild 4).
2. Beim Arbeiten mit senkrecht stehender Spindel ist für Universal-Werkzeugfräsmaschinen weiterhin das ursprüngliche Koordinatensystem gültig.

¹relativ (lat.) = bezogen auf einen Gegensatz
 Relativbewegung = Bewegung eines Körpers, die sich auf einen anderen, ruhend gedachten Körper bezieht.

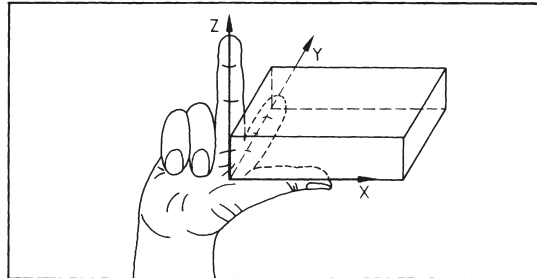


Bild 1: Achsenzuordnung nach der »Rechte-Hand-Regel«

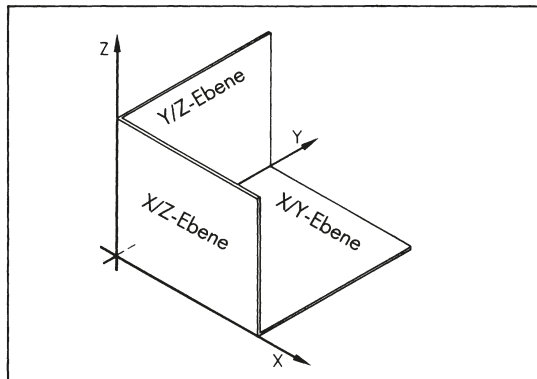


Bild 2: Koordinaten-Ebenen

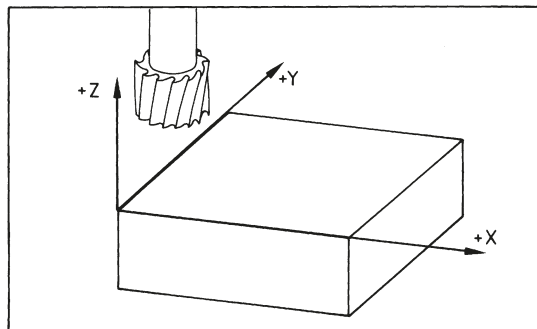


Bild 3: Fräsbearbeitung mit einer Senkrecht-Werkzeugfräsmaschine

Blickrichtung: Der Betrachter steht **vor** dem Maschinentisch und schaut auf das Werkstück.

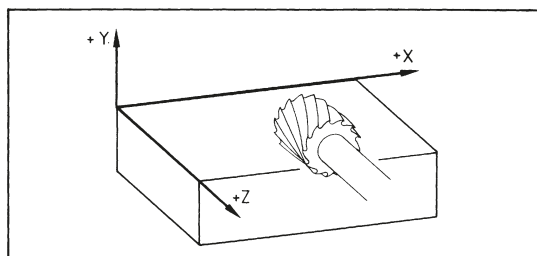


Bild 4: Fräsbearbeitung mit einer Universal-Werkzeugfräsmaschine

Blickrichtung: Der Betrachter steht **hinter** dem Maschinentisch und schaut von der waagrecht arbeitenden Spindel aus auf das Werkstück.

B1 Geometrische Grundlagen

● Achsenbezeichnungen bei Werkzeugdrehmaschinen

Beim Drehen gibt es grundsätzlich die Ebenen „**X**“ und „**Z**“.

Die **Z-Achse** liegt bei Werkzeugdrehmaschinen immer in der Arbeitsspindel und die **X-Achse** quer zur Werkstückachse bzw. parallel zum Planschlitten.

Bei einer Bewegung in **positiver Z-Richtung** **entfernt** sich das Werkzeug vom Werkstück.

Bei der Festlegung der positiven **X-Achse** geht man von der Lage des Werkzeugträgers aus (Bild 1 und 2).

Die positive Richtung der X-Achse verläuft von der Werkstückachse in Richtung zum Hauptwerkzeugträger.

Somit bedeutet eine positive Ausrichtung der X-Achse (+X) einen größeren Durchmesser.

X-Koordinaten werden beim Drehen immer **durchmesserbezogen** angegeben.

1.1.2 Drehbewegungen um die Koordinatenachsen

Werkzeugmaschinen mit steuerbarem Drehtisch haben neben den 3 Hauptachsen des rechtwinkligen Koordinatensystems noch eine steuerbare Drehachse.

Die Bewegung der Drehachsen erfolgt dabei um eine Hauptachse, z. B. um die Z-Achse.

Im Bild 3 ist die Achsenbezeichnung und der Drehsinn dargestellt.

Den Achsen X, Y und Z sind die Drehachsen A, B und C zugeordnet (Bild 4).

Die positive Drehrichtung ergibt sich aus der Drehbewegung einer Schraube mit Rechtsgewinde (Bild 5).

Die Drehrichtung der Schraube ist dabei immer so zu wählen, dass eine Längsbewegung in positiver Richtung der jeweiligen Achse erfolgt (Bild 5).

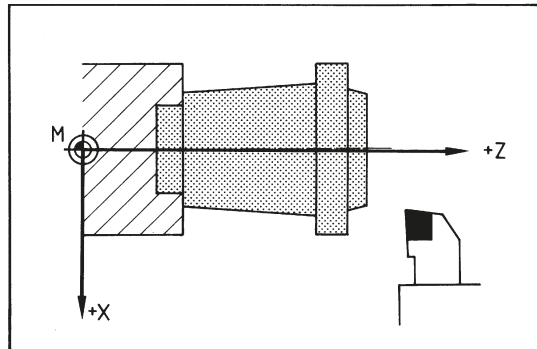


Bild 1: Werkzeugträger vor der Drehmitte

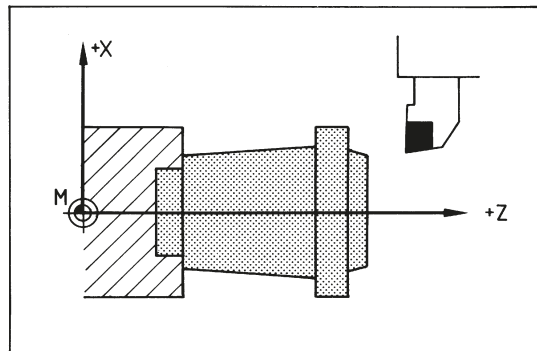


Bild 2: Werkzeugträger **hinter** der Drehmitte

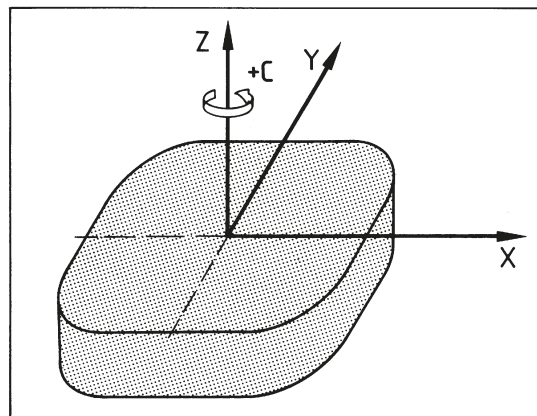


Bild 3: Achsenbezeichnung und Drehsinn

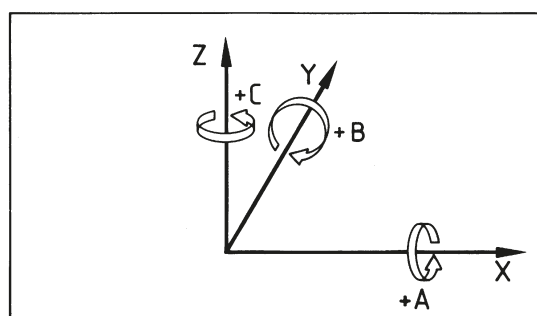


Bild 4: Zuordnung der Drehachsen zu den Koordinatenachsen

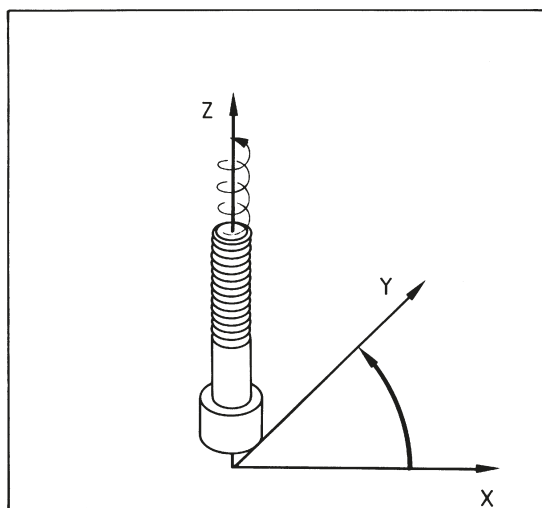


Bild 5: Positive Drehbewegung (Schraube mit Rechtsgewinde)

B1 Geometrische Grundlagen

- a1** a) Geben Sie in Tabelle 1 an, welche Koordinatenwerte die Bohrungsmittelpunkte P_1 bis P_3 (Bild 1 und 2, Seite 23) sowie der Endpunkt P_E (Bild 2) haben:
 – bei Bezugsmaßprogrammierung (Bild 1, Seite 23)
 – bei Kettenmaßprogrammierung (Bild 2, Seite 23)
- b) Warum ergibt die Summe der X- und Y-Koordinaten bei der Kettenmaßprogrammierung jeweils Null?

Punkte	Bezugsmaßprogrammierung		Kettenmaßprogrammierung	
	X	Y	X	Y
W bzw. P_A	0	0	0	0
P_1				
P_2				
P_3				
W bzw. P_E	0	0		
Tabelle 1		Summe	0	0

- a2** Welche unterschiedliche Bedeutung hat das Vorzeichen bei Bezugsmaß- und bei Kettenmaßprogrammierung?

a)

b)

1.3.2 Bezugsmaße und Kettenmaße in Zeichnungen

Nach DIN 406 (Maßeintragen, Begriffe, allgem. Grundlagen) können die Koordinatenwerte als Bezugsmaße (absolutes Maßsystem) oder als Kettenmaße (inkrementales Maßsystem) in die Zeichnung eingetragen werden.

● Beispiel zur Bezugsbemaßung (Bild 1 – Absolutbemaßung)

Bei der Bezugsbemaßung beziehen sich die Maße auf ein gemeinsames Bezugselement.

Bild 1 zeigt die Punkt-Pfeil-Bemaßung als Beispiel für eine Bezugsbemaßung.

Bei der platzsparenden Punkt-Pfeil-Bemaßung sind die Maßpfeile auf einer gemeinsamen Maßlinie steigend angeordnet.

● Beispiel zur Kettenbemaßung (Bild 2 – Inkrementalbemaßung)

Bei der Kettenbemaßung haben die Maße kein gemeinsames Bezugselement.

Jedes Maß gibt den Zuwachs zum vorhergehenden Maß an (Bild 2). Die Bemaßung erfolgt von Abstand zu Abstand; sie ergibt eine »Maßkette«.

- a3** Worauf ist bei Änderung eines Kettenmaßes in einer Zeichnung oder einem NC-Teileprogramm zu achten?

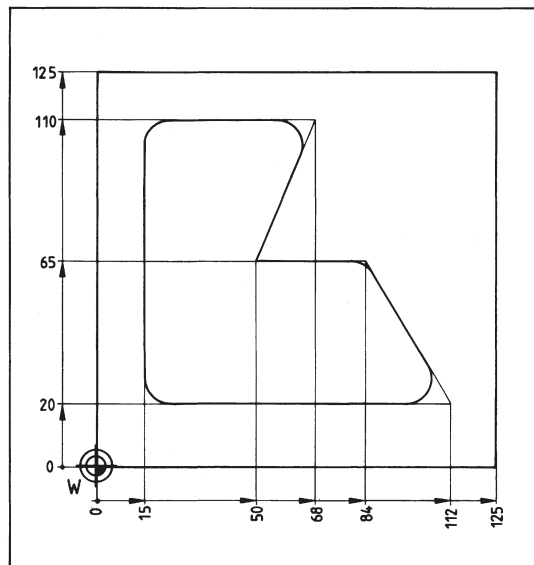


Bild 1: Bezugsbemaßung (Absolutbemaßung)

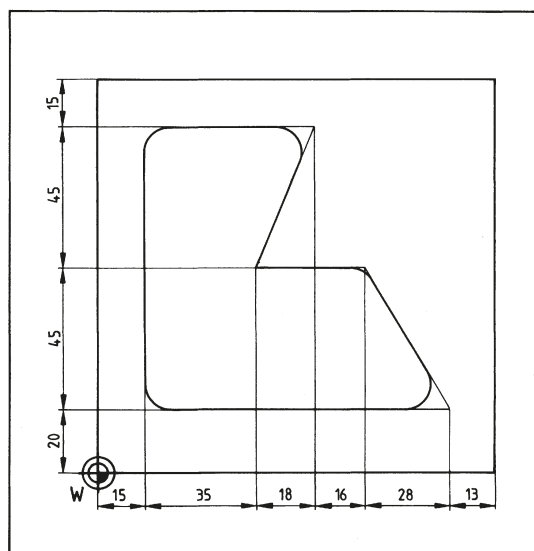


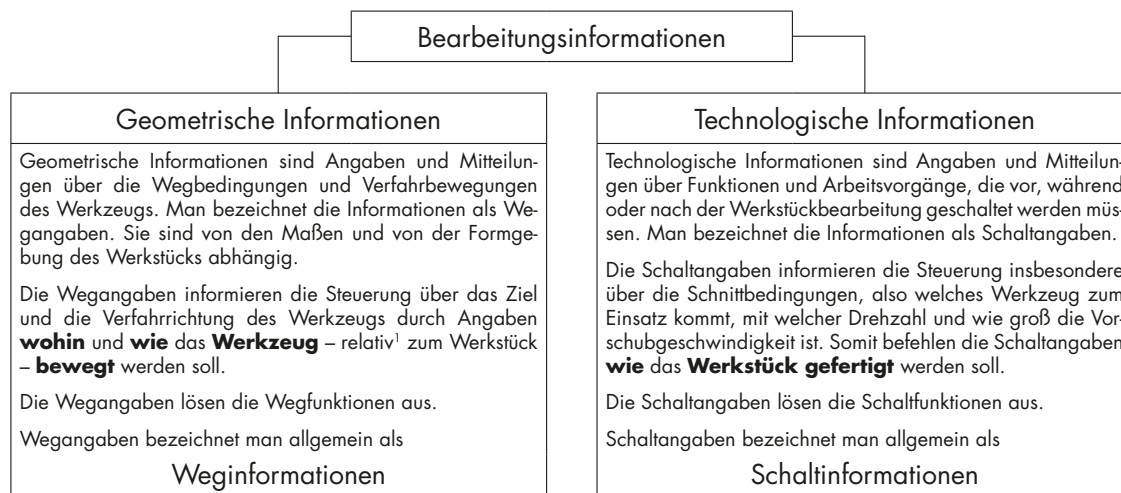
Bild 2: Kettenbemaßung (Inkrementalbemaßung)

A2 Baugruppen und Funktionen von Werkzeugmaschinen

2.2.2 Bearbeitungsinformationen (Informationsarten)

Die CNC-Steuerung einer Werkzeugmaschine ist grundsätzlich nicht in der Lage, den Bearbeitungsablauf für eine Fertigungsaufgabe selbsttätig festzulegen. Für die Festlegung des Bear-

beitungsablauf benötigt die Steuerung – entsprechend den zu steuernden Maschinenfunktionen – noch **geometrische** und **technologische Informationen** (Angaben).



¹relativ (lat.) = bezogen „auf das Werkstück“

2.2.3 Teileprogramm

Aufgrund der Weg- und Schaltinformationen kann die Steuerung den Arbeitsablauf der Werkzeugmaschine selbsttätig ausführen.

Der Steuerung müssen die Informationen in richtiger Reihenfolge und in einer ihr verständlichen Sprache mitgeteilt werden.

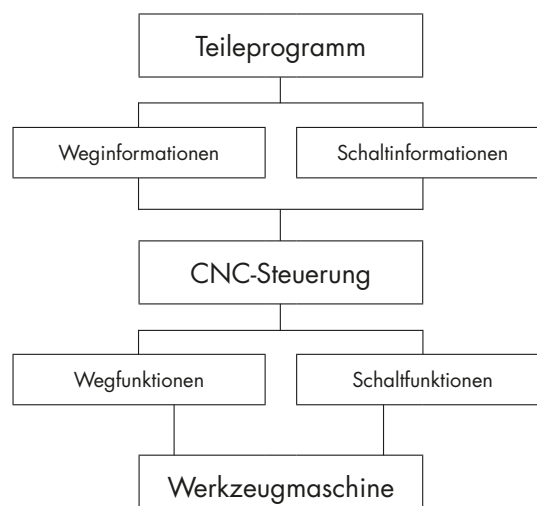
Merke:

Die **Summe aller Anweisungen** an eine CNC-Steuerung, die zur Bearbeitung eines Werkstücks erforderlich sind, nennt man **Teileprogramm**.

- a** Kreuzen Sie in untenstehender Tabelle für jeden Bearbeitungsschritt die dazu notwendige Informationsart an.

Bearbeitungsschritte	Weginformation	Schaltinformation
a) Spindeldrehzahl einstellen und Spindel z. B. im Uhrzeigersinn » Ein «		
b) Positionieren auf Punkt 1		
c) Kühlschmierstoff » Ein «		
d) Bohren auf Tiefe 20 mm		
e) Aus Bohrung ausfahren		
f) Kühlschmierstoff » Aus «		
g) Spindel » Halt «		

● Wirkungskette von Teileprogramm zu den Maschinenfunktionen



B1 Geometrische Grundlagen

1.2 Werkstück-Koordinatensystem

In dem Werkstück F1 – 1 (Bild 1) gehen die Maße von 3 Bezugsebenen aus:

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

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

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

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

Werkstücknullpunkt W



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

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

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

Beim Fräsen auf der Senkrecht-Werkzeugfräsmaschine MF1 wird der Werkstücknullpunkt in der Regel links unten gewählt (Bild 3). Beim Fräsen auf der Universal-Werkzeugfräsmaschine MF2 sollte man ihn rechts unten festlegen (Bild 4).

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

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

a Welche Koordinatenwerte haben die Punkte A bis D in der Zeichnung des Frästeils F1 – 1 (Bild 1)?

Punkte	A	B	C	D
X-Koordinaten				
Y-Koordinaten				
Z-Koordinaten				

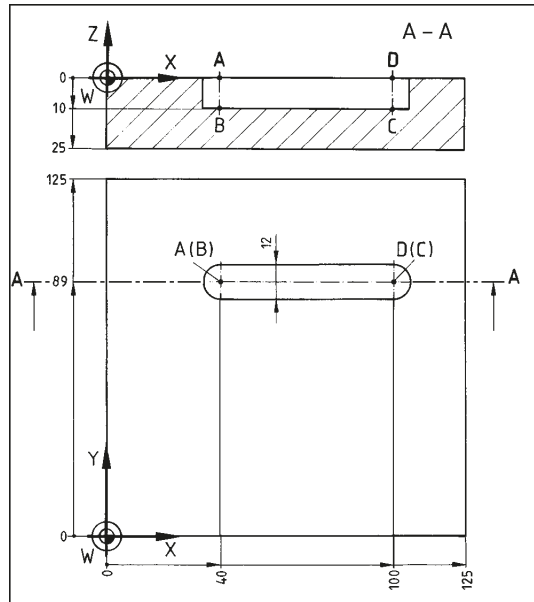


Bild 1: Werkstück-Koordinatensystem am Beispiel einer Platte mit Langloch (F1 – 1)

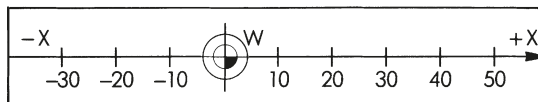


Bild 2: Entfernungsangaben und Vorzeichen an Koordinaten

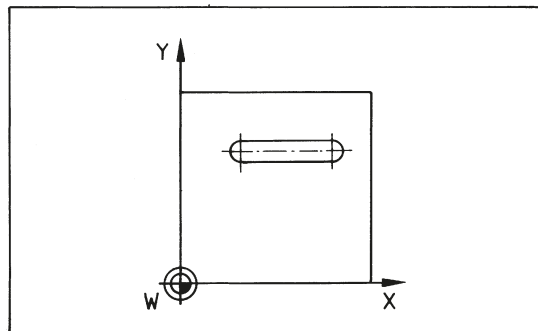


Bild 3: Wahl des Werkstücknullpunkts bei der Senkrecht-Werkzeugfräsmaschine MF1

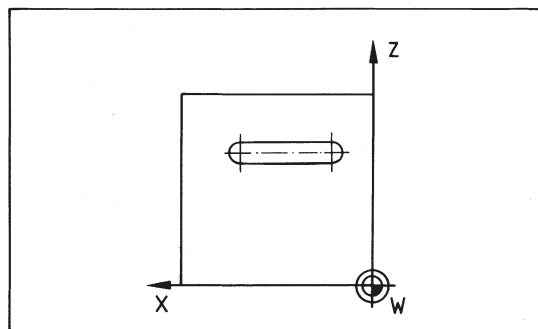


Bild 4: Wahl des Werkstücknullpunkts bei der Universal-Werkzeugfräsmaschine MF2

B1 Geometrische Grundlagen

1.3 Maßsysteme und Bemaßung von Zeichnungen

1.3.1 Bezugsmaße und Kettenmaße im Teileprogramm

Wegbefehle können im Teileprogramm als Bezugsmaße oder als Kettenmaße eingegeben werden.

● **Bezugsbemaßung im Teileprogramm** (Bild 1) (Absolutbemaßung)

Bezugsmaße sind absolute Wegmaße. Sie beziehen die anzu-fahrenden Positionen auf den Werkstücknullpunkt. Der Koordinatenwert kann für jede Achse im Plus- oder Minus-bereich liegen.

● **Kettenbemaßung im Teileprogramm** (Bild 2) (Zuwachs- oder Inkrementalbemaßung 1)

Kettenmaße sind inkrementale Wegmaße (Maßzuwächse).

Bei der Inkremental¹ – oder Kettenmaßeingabe gibt man an, um welchen Maßzuwachs und in welcher Richtung das Werk-zeug sich bewegen soll. Die Zielposition des Werkzeugs wird also von der augenblick-lichen Werkzeugposition aus bestimmt.

Das Vorzeichen gibt dabei die Richtung der Achsbewegung an.

● **Gemischte Bemaßung im Teileprogramm** (Bild 3) (Bezugs- und Kettenbemaßung)

Das innerhalb einer Steuerung angewandte Wegmessver-fahren hat keinen direkten Einfluß auf das zu wählende Maßsys-tem im Teileprogramm.

Innerhalb eines Teileprogramms kann deshalb beliebig oft zwi-schen Bezugs- und Kettenmaßen gewechselt werden. Man nennt dies eine gemischte Bemaßung oder gemischte Maß-angabe.

● **Zusammenstellung gebräuchlicher Maßbenennungen**

Bezugsmaß = Absolutmaß (absoluter Wert)

Kettenmaß = Inkrementalmaß (inkrementaler Wert)

(Inkrementalmaß = Zuwachsmaß = Relativmaß)

Hinweis:

Nach der Programmierung der Wegbedingungen G90 und G91 werden alle folgenden Maße als Bezugsmaße bzw. als Kettenmaße ausgelegt. Siehe hierzu untenstehende Tabelle. (Weitere Erläuterungen folgen im Abschnitt B3).

Wegbedingung	Bedeutung (Auslegung)
G90	Bezugsmaß- bzw. Absolutwert-programmierung
G91	Kettenmaß- bzw. Inkrementalwert-programmierung

Tabelle 1: Wegbedingungen für Bezugsmaß- und Kettenmaß-programmierung

a Bild 4 zeigt den Start- und den Zielpunkt für eine Werk-zeugbewegung. Geben Sie für den zu programmierenden Zielpunkt die Koordinatenwerte an:

a) bei Bezugsmaßprogrammierung: _____

b) bei Kettenmaßprogrammierung: _____

¹Inkrement (Lat.) = Betrag (Zuwachs), um den eine Größe zunimmt.

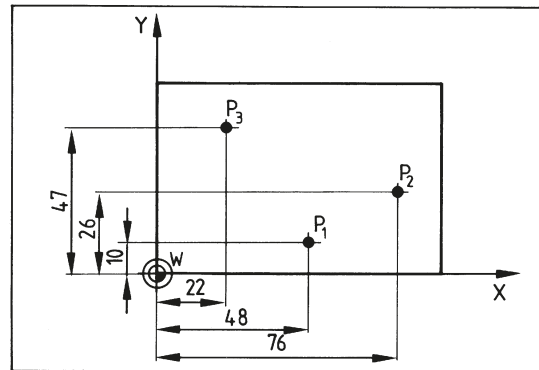


Bild 1: Absolute Wegmaße (Bezugsmaße)

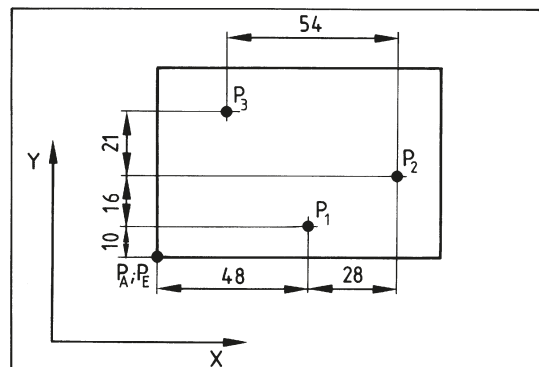


Bild 2: Inkrementale Wegmaße (Kettenmaße)

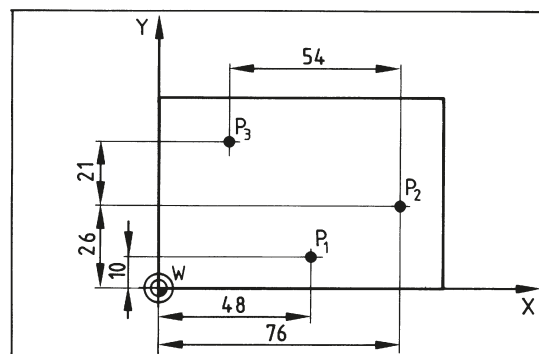


Bild 3: Gemischte Wegmaße

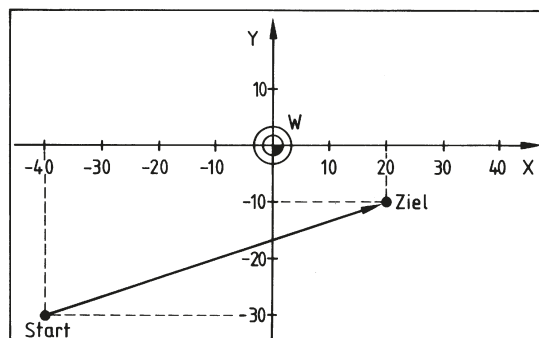


Bild 4: Beispiel für eine Werkzeugbewegung